



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO:

“Evaluación de las condiciones del flujo vehicular en el centro de la ciudad de Huatusco de Chicuéllar, Veracruz, utilizando herramientas de simulación.”

PRESENTAN:

Víctor Andrés Cervantes Rodríguez
Alejandro Licona Rufín

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Ingeniero Industrial

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

Opción I: Tesis

ASESOR:

M.I. Miguel Ángel Solís Jiménez

HUATUSCO VER.

MARZO 2018



ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I ANTECEDENTES	4
1.1 INTRODUCCION	5
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.3 JUSTIFICACIÓN	7
1.4 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	9
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	9
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	9
1.5 HIPÓTESIS	10
 CAPITULO II MARCO TEÓRICO	 11
2.1 SIMULACION	12
2.1.1 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SIMULADOR DE EVENTOS DISCRETOS	13
2.1.2 ETAPAS DE UN PROYECTO DE SIMULACION	15
2.1.2.1 <i>Definición del sistema</i>	15
2.1.2.2 <i>Formulación del modelo</i>	15
2.1.2.3 <i>Colección de datos</i>	15
2.1.2.4 <i>Implementaron del modelo en la computadora</i>	15
2.1.2.5 <i>Validación</i>	16
2.1.2.6 <i>Experimentación</i>	16
2.1.2.7 <i>Interpretación</i>	16
2.1.2.8 <i>Documentación</i>	16
2.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACION	17
2.1.3.1 <i>Ventajas:</i>	17
2.1.3.2 <i>Desventajas:</i>	17
2.2 CONGESTION DE TRANSITO.	18
2.2.1 CAUSAS DE LA CONGESTION VIAL	19
2.2.1.1 <i>Conductas de los automovilistas</i>	20
2.2.2 SISTEMAS DE CONTROL DE INTERSECCIONES	21
2.2.3 CONCEPTOS DEL FLUJO VEHICULAR	24
2.3 PRUEBA DE MEDIAS	27
2.3.1 ESTIMACION POR INTERVALOS EN CASO DE MUESTRAS INDEPENDIENTES.	27
2.3.1.1 <i>Estimación con muestras grandes.</i>	27
2.3.1.2 <i>Distribución normal</i>	29



CAPITULO III DESCRIPCIÓN DEL MODELO	30
3.1 COMPORTAMIENTO DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE HUATUSCO	31
3.2 LONGITUD PROMEDIO DE CALLES Y AVENIDAS.	33
3.3 CAPACIDAD MAXIMA DE VEHICULOS EN CALLES Y AVENIDAS.	35
3.4 LONGITUD DE VEHICULOS	37
3.5 VELOCIDAD DE LOS AUTOMÓVILES EN HORAS PICO	39
3.6 SINCRONIZACIÓN DE TIEMPO DE SEMÁFOROS	40
 CAPITULO IV DESARROLLO Y RESULTADOS	 42
4.1 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO ACTUAL	43
4.1.1 RESULTADOS DEL MODELO ACTUAL	43
4.1.2 INTERPRETACIÓN DE LOS INDICADORES DE VIALIDAD DEL MODELO ACTUAL	46
<i>4.1.1.3 Determinación de los puntos críticos</i>	<i>46</i>
4.2 RESULTADOS DEL MODELO PROPUESTO	49
4.3 COMPROBACION DE DATOS	51
4.3.1 COMPROBAR QUE EL MODELO 1X1 MINIMIZARÁ EL IMPACTO VIAL	51
<i>4.3.1.1 Aplicación de prueba de medias.</i>	<i>51</i>
<i>4.3.1.2 Resultados de prueba de medias del tiempo promedio en espera, contenido promedio y contenido máximo en espera de vehículos.</i>	<i>60</i>
 CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	 62
5.1 CONCLUSIONES	63
5.2 RECOMENDACIONES	65
 ANEXOS	 66
A. LONGITUDES DE VEHICULOS	66
B. TIPO DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD	68
C. MUESTREO DE DIRECCIÓN DE VEHÍCULOS A CALLE Y AVENIDA.	70
D. RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL MODELO ACTUAL	72
E. RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL MODELO PROPUESTO SISTEMA 1X1	77
F. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL MODELO ACTUAL Y PROPUESTO.	82
G. MAPA DE HUATUSCO DE LA ZONA ESTUDIADA CON GOOGLE MAPS	83
 BIBLIOGRAFÍA	 84



CAPITULO I.

ANTECEDENTES



1.1 INTRODUCCION

En los últimos años con el aumento de la población, Instituciones, negocios; se ha tornado más complejo, el incremento del número de vehículos en las calles y avenidas de la ciudad, motivo por el cual adquiere gran importancia la realización de análisis más detallados de los sistemas viales.

La presente investigación busca a través de la utilización de herramientas de Ingeniería Industrial analizar la situación para poder evaluar alternativas que permitan, en la medida de lo posible, ayudar a minimizar los problemas de tránsito que hoy en día está impactando de una manera fuerte a la sociedad de Huatusco.

Cabe mencionar que este proyecto se está realizando con la vinculación de las autoridades municipales, tomando continuación de las tesis presentadas por:

García Hernández, M.J. (2017) *“Caracterización de las variables que rigen el comportamiento de las vialidades con mayor tráfico vehicular en la ciudad de Huatusco, Veracruz”*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Nieto Manzano, D.M. (2017), *“Delimitación y muestreo de las vialidades correspondientes al primer plano de la ciudad de Huatusco, Veracruz”*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz. Siendo éstas la principal fuente de información para nuestra investigación.

Para cumplir con los objetivos establecidos, se analizarán los datos de las tesis mencionadas, este análisis nos permitirá tomar los datos de tiempo entre llegada y la frecuencia de automóviles hacia otro cruce.



Posteriormente se construirá un modelo de simulación, contemplando la situación actual del parque vehicular de la ciudad de Huatusco, tomando como base los siguientes parámetros: capacidad y longitud de las calles y avenidas, tamaño y velocidad de los vehículos, tiempo de sincronización de semáforos, cruce 1x1, tipo de distribución de probabilidad, frecuencia de llegadas y porcentaje vehicular con dirección a calle o avenida. Y los siguientes indicadores: tiempo de espera, contenido promedio en cola, contenido máximo en espera y porcentaje de utilización. Con este modelo se experimentarán las posibles alternativas de solución que mejoren la situación actual, utilizando un software de simulación.

Finalmente se realizarán pruebas estadísticas para validar la información presentada, y se presentará el modelo propuesto a los encargados del tránsito vehicular de la ciudad de Huatusco.



1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ciudad de Huatusco de Chichuellar, está ubicada en la zona centro del estado de Veracruz, se caracteriza por ser una ciudad pequeña y con pocos habitantes. En la actualidad la creación de Instituciones de Educación Superior, así como el desarrollo de empresas en la zona, ha traído como consecuencia un crecimiento acelerado de la población y a su vez un incremento del parque vehicular (automóviles, autobuses, camionetas de carga y motocicletas) incluyendo los particulares y de servicio público. Esta situación ha beneficiado en muchos sentidos a los habitantes de esta ciudad, pero ha traído como consecuencia problemas graves de vialidad, tales como accidentes, molestias de los automovilistas al pasar grandes cantidades de tiempo esperando su turno de paso y por ende llegar tarde a su lugar destino, malestar entre los peatones al no poder cruzar con facilidad las calles, mal aspecto de la ciudad al presentarse grandes embotellamientos, entre otros.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La principal razón por la cual se lleva esta investigación es que la ciudad necesita establecer planes a mediano y largo plazo para ejecutar las acciones necesarias a fin de ayudar a minimizar los problemas de tránsito y caos vial generado por la gran cantidad de automovilistas sobre todo en las horas pico que hoy en día está impactando de una manera fuerte a la ciudad de Huatusco.

Ingenieros del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco realizaron un análisis vial de la zona centro de la Ciudad de Huatusco.



García Hernández, M.J. (2017) *“Caracterización de las variables que rigen el comportamiento de las vialidades con mayor tráfico vehicular en la ciudad de Huatusco, Veracruz”*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Nieto Manzano, D.M. (2017), *“Delimitación y muestreo de las vialidades correspondientes al primer plano de la ciudad de Huatusco, Veracruz”*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Cabe mencionar que con los datos recabados de frecuencias de llegadas de automóviles y tiempos de traslado de los mismos servirán de base para, construir un modelo de simulación que represente el estado que actualmente guarda el tránsito vehicular, y a partir de este generar alternativas que permitan eficientar dicho sistema vehicular.

Las actividades a realizar forman parte del proyecto de investigación denominado “Análisis de vialidad en la zona centro de la ciudad de Huatusco Veracruz”, el cual se desarrolla en vinculación con el Instituto Tecnológico Superior de Huatusco y con las autoridades municipales de la ciudad.



1.4 OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

“Elaborar un modelo de simulación que describa la manera actual de cómo se comporta el tráfico vehicular en las zonas de mayor afluencia de la ciudad de Huatusco, Ver., con la finalidad de estudiarlo y a partir de este proponer alternativas que permitan mejorar el congestionamiento vehicular.”

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las tesis:

García Hernández, M.J. (2017) “*Caracterización de las variables que rigen el comportamiento de las vialidades con mayor tráfico vehicular en la ciudad de Huatusco, Veracruz*”. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Nieto Manzano, D.M. (2017), “*Delimitación y muestreo de las vialidades correspondientes al primer plano de la ciudad de Huatusco, Veracruz*”. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Sobre la frecuencia de la llegada de automóviles y el porcentaje vehicular con dirección hacia avenida o calle en los puntos seleccionados dentro de la ciudad.

- Desarrollar un modelo de simulación alimentado con tipos de distribución de probabilidad representando los diversos puntos críticos.
- Identificar los puntos críticos que genera el tráfico vehicular a través del modelo de simulación.



- Experimentar con el modelo actual las posibles alternativas de solución (escenarios), que mejoren el congestionamiento vial en los diferentes puntos críticos de la ciudad.
- Presentar a los encargados del tránsito de la ciudad las alternativas que permitan mejorar la situación del tráfico vehicular para su análisis, tales como cruces 1 x 1, sincronización de los tiempos de semáforos y/o colocación de nuevos semáforos.

1.5 HIPÓTESIS

“La creación de un modelo de simulación de la zona centro de la ciudad de Huatusco Veracruz, permitirá evaluar las condiciones actuales del flujo vehicular y con este diseñar alternativas que minimicen el impacto del tráfico para los habitantes de la ciudad.”

“El modelo propuesto disminuirá los gastos incurridos que son utilizados para controlar el tránsito en la ciudad de Huatusco”.



CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO



2.1 SIMULACION

Para iniciar con este tema se definirá el término simulación desde varios puntos de vista de los siguientes autores:

Thomas H. Naylor: simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo.

Jerry Banks: Simulación es el desarrollo de un modelo lógico matemático de un sistema, de tal forma que se tiene una imitación de la operación de un proceso de la vida real o de un sistema a través del tiempo. La simulación involucra la generación de una historia artificial de un sistema, la observación de esta historia mediante la manipulación experimental, nos ayuda a inferir las características operacionales de tal sistema.

H. Maisel Y G. Gnugnoli: Simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo.

Robert E. Shannon: Es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema.

Las definiciones anteriores no especifican si los sistemas modelados son continuos o discretos (Coss, 2003).



2.1.1 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SIMULADOR DE EVENTOS DISCRETOS

Se define como el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado. El objetivo del modelo de simulación consiste, precisamente, en comprender, analizar y mejorar las condiciones de operación relevantes del sistema.

En la definición anterior encontramos elementos como sistema, modelo y evento, de los cuales se desprenden otros conceptos importantes dentro de una simulación, por lo que continuación abundaremos a cada una de ellas:

- **Sistema:** Conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo; desde el punto de vista de la simulación, tales elementos deben tener una frontera clara. Existen varios ejemplos tales como: Sistema en la atención de clientes que esperan en ser atendidos en la taquilla del cine, sistema de atención en los comedores de un restaurant. Cada uno de ellos puede dividirse en elementos que son relevantes para la construcción de lo que constituirá su modelo de simulación entre ellos tenemos los siguientes:
- **Entidad:** Representación de los flujos de entrada a un sistema; ejemplo pueden ser personas, maquinas, piezas, carros.
- **Estado del sistema:** Es la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento determinado; es como una fotografía de lo que está pasando en un cierto instante.
- **Evento:** Es un cambio en el estado actual del sistema. Podemos catalogar estos eventos en dos tipos: eventos actuales que son aquellos que están sucediendo en el sistema en un momento dado, y eventos futuros, que son cambios que se presentarán en el sistema después del tiempo de simulación, de acuerdo con una programación específica.



- **Locaciones:** Son todos aquellos lugares en que la pieza puede detenerse para ser transformada o esperar a serlo. Dentro de estas locaciones tenemos almacenes, bandas transportadoras, máquinas, estaciones de inspección, etcétera.
- **Recursos:** Son aquellos dispositivos diferentes a las locaciones necesarios para llevar a cabo una operación.
- **Atributos:** Es una característica de una entidad
- **Variables:** Son condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas. Pueden ser continuas o discretas. Las variables son muy útiles para realizar conteos de piezas y ciclos de operación así como para determinar características de operación del sistema.
- **Reloj de simulación:** Es el contador de tiempo de la simulación y su función consiste en responder preguntas tales como cuánto tiempo se ha utilizado el modelo en la simulación y cuánto tiempo total se requiere que dure esta última. (García, García, Cárdenas).



2.1.2 ETAPAS DE UN PROYECTO DE SIMULACION

2.1.2.1 Definición del sistema

Para tener una definición exacta del sistema que se desea simular, es necesario hacer primeramente un análisis preliminar del mismo, con el fin de determinar la interacción del sistema con otros sistemas, las restricciones del sistema, las variables que interactúan dentro del sistema y sus interrelaciones, las medidas de efectividad que van a utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio.

2.1.2.2 Formulación del modelo

Una vez que están definidos con exactitud los resultados que se desean obtener del estudio el siguiente paso es definir y construir el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan en forma completa al modelo.

2.1.2.3 Colección de datos

Es posible que la facilidad de obtención de algunos datos o la dificultad de conseguir otros, pueda influenciar el desarrollo y formulación del modelo. Por consiguiente, es muy importante que se definan con claridad y exactitud los datos que el modelo va requerir para producir los resultados deseados.

2.1.2.4 Implementaron del modelo en la computadora

Con el modelo definido el siguiente paso es decidir si se utiliza algún lenguaje como fortran, basic, algol, etc. O se utiliza algún paquete como GPSS, simula, promodel, simscrip, etc. Para procesarlos en la computadora y obtener los datos deseados.



2.1.2.5 Validación

A través de esta etapa es posible detallar definiciones en la formulación del modelo o en los datos alimentados al modelo.

Las formas más comunes de validar un modelo son:

- La opinión de expertos sobre los resultados de la simulación.
- La exactitud con la que se predicen datos históricos.
- La exactitud en la predicción del futuro.
- La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real.
- La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación.

2.1.1.6 Experimentación

La experimentación con el modelo se realizara después de que este ha sido validado. La experimentación consiste en generar los datos deseados y en realizar análisis de sensibilidad de los índices requeridos.

2.1.2.7 Interpretación

En esta etapa del estudio se interpretan los resultados que arroja la simulación y en base a esto se toma una decisión.

2.1.2.8 Documentación

Existen dos tipos de documentación que son requeridos para hacer un mejor uso del modelo de simulación. La primera que se refiere a la documentación tipo técnico, es decir, a la documentación que el departamento de procesamiento de datos debe tener del modelo. La segunda se refiere al manual de usuario, con el cual se facilita la interacción y el uso del modelo desarrollado. (Coss, 2003).



2.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACION

2.1.3.1 Ventajas:

1. En casos en que la resolución analítica no pueda llevarse a cabo.
2. Cuando existen medios de resolver analíticamente el problema pero dicha resolución es complicada y costosa.
3. Si se desea experimentar antes de que exista el sistema.
4. Cuando es imposible experimentar sobre el sistema real por ser dicha experimentación destructiva.
5. En ocasiones en que la experimentación sobre el sistema es posible pero no ética.
6. Es de utilidad en sistemas que evolucionan muy lentamente en tiempo.

2.1.3.2 Desventajas:

1. La construcción de un buen modelo puede ser una tarea muy laboriosa.
2. Frecuentemente el modelo omite variables o relaciones importantes entre ellas.
3. Resulta difícil conocer la precisión de la simulación, especialmente en lo relativo a la precisión del modelo formulado. (Cao, 2002).



2.2 CONGESTION DE TRANSITO.

La palabra “congestión” es utilizada frecuentemente en el contexto del tránsito vehicular, tanto por técnicos como por los ciudadanos en general. El Diccionario de la Lengua Española (Real Academia Española, 2001) la define como “acción y efecto de congestionar o congestionarse”, en tanto que “congestionar” significa “obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo” que, en nuestro caso, es el tránsito vehicular. Habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente. Estas definiciones son de carácter subjetivo y no conllevan una precisión suficiente.

La causa fundamental de la congestión es la fricción o interferencia entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, y otras condicionantes. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. Entonces, una posible definición objetiva sería: “la congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás” (Thomson y Bull, 2003).



2.2.1 CAUSAS DE LA CONGESTION VIAL

El sistema de transporte, incluyendo la provisión de suelo urbano para infraestructura de transporte, se desenvuelve bajo características propias muy particulares, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- La demanda de transporte es “derivada”, es decir, pocas veces los viajes se producen por un deseo intrínseco de desplazarse; generalmente, obedecen a la necesidad de acceder a los sitios en que se llevan a cabo las distintas actividades: trabajo, compras, estudio, recreación, descanso, y otros, todas las cuales se realizan en lugares diferentes.
- La demanda de transporte es eminentemente variable y tiene puntas muy marcadas en las que se concentran muchos viajes, a causa del deseo de aprovechar en buena forma las horas del día para realizar las distintas actividades y tener oportunidad de contacto con otras personas.
- El transporte se efectúa en limitados espacios viales, los que son fijos en el corto plazo; como es fácil de comprender, no se puede acumular la capacidad vial no utilizada para ser usada posteriormente en períodos de mayor demanda.
- Las opciones de transporte que presentan las características más apetecidas es decir, seguridad, comodidad, confiabilidad, autonomía, como es el caso del automóvil son las que hacen un mayor uso del espacio vial por pasajero, como se explica más adelante.
- Especialmente en zonas urbanas, la provisión de infraestructura vial para satisfacer la demanda de los períodos de punta tiene un costo muy elevado.
- A raíz de todo lo anterior, se produce congestión en diversos lugares, con sus negativas secuelas de contaminación, importante gasto de los recursos privados y sociales, y pérdida de calidad de vida. ¿Por qué las ciudades grandes son propensas a la congestión?



Un factor agravante es, el costo de la congestión no es percibido plenamente por los usuarios que contribuyen a generarla. Cada vez que esto ocurre, el bien o servicio involucrado se consume más de lo conveniente para la sociedad.

Como los usuarios no experimentan los mayores costos de tiempo y operación que causan a los demás, sus decisiones sobre ruta, modo, origen, destino y hora de los viajes son tomadas, no sobre la base de los costos sociales, sino sólo de los costos propios, o mejor dicho, de una percepción frecuentemente parcial de esos costos. El resultado lógico es una sobreexplotación de la vialidad existente, al menos en determinadas zonas y horas.

2.2.1.1 Conductas de los automovilistas

Hay conductores que muestran poco respeto por aquellos con quienes comparten las vías. En algunas ciudades, como Lima, muchos automovilistas intentan ahorrarse algunos segundos de tiempo de viaje, y tratan de imponerse en las intersecciones, bloqueándolas y generando a los demás perjuicios económicos muy superiores a su propio beneficio. En otras ciudades, como Santiago, es tradición que los buses se detengan en el punto inmediatamente anterior a una intersección, lo que causa congestión (y accidentes). En estas ciudades, como en otras que cuentan con una oferta generosa de taxis que no ¿Hay otros factores que agravan la situación? Acostumbran operar a partir de paraderos fijos, éstos circulan a baja velocidad en búsqueda de pasajeros, lo que también genera congestión. A las conductas anteriores debe agregarse la frecuente presencia en los flujos de tránsito de vehículos antiguos, mal mantenidos o de tracción animal. Cabe tener presente que al reanudarse la marcha después de la detención en un semáforo, se genera una suerte de congestión debida al atraso que impone a vehículos con tasas de aceleración normales la lentitud de otros ubicados más adelante. Por otra parte, un vehículo varado perturba gravemente la fluidez del tránsito, pues elimina de hecho una pista de circulación.



2.2.2 Sistemas de control de intersecciones

Las intersecciones son puntos en que se cruzan dos o más vías. Normalmente, son las intersecciones las que definen la capacidad de las vías, ya que por constituir puntos comunes a dos o más de ellas, deben dar paso alternado a movimientos conflictivos, lo que significa una disponibilidad menor de tiempo que en los tramos rectos o arcos. De ahí que las intersecciones se congestionen primero y, en definitiva, pasen a ser cuellos de botella o restricciones operacionales para el conjunto. Por ello, las intervenciones sobre las intersecciones tienen un gran potencial de beneficios para la fluidez del tránsito.

Las intersecciones suelen constituir la restricción operacional de una vía. Por lo tanto, los sistemas de control que se establezcan para regular los derechos de vía sobre ellas deben responder a criterios de óptimo local y también general, para el conjunto del eje o la red involucrados. Básicamente, las intersecciones pueden operar con señales de prioridad: intersección priorizada, o con semáforos: intersección semaforizada. En el primer caso se distinguen aquellas regidas por la señal “CEDA el PASO” y aquellas que operan con la señal “PARE”.

a) Intersecciones priorizadas

Estas intersecciones regulan el derecho de paso mediante la señal “CEDA el PASO” o la señal “PARE”. La señal “CEDA el PASO” indica a los conductores que la enfrentan que la prioridad corresponde a los vehículos de la otra vía; no tienen necesidad de detenerse si en el flujo vehicular por la vía principal existe un espacio suficiente para cruzarla o incorporarse a éste con seguridad.

Esta señal debe instalarse en todos los casos en que la visibilidad no esté restringida, según el criterio que se presenta más adelante. La señal “PARE” tiene por propósito ordenar a los conductores que detengan completamente su vehículo y reanuden la marcha sólo cuando puedan hacerlo en condiciones que eviten accidentes.



Debe ser colocada sobre la línea en que los vehículos deben detenerse, de manera tal que el conductor disponga de buena visibilidad sobre la vía prioritaria para poder reanudar la marcha con seguridad. Los criterios para determinar el empleo de una señal son:

- Debe emplearse una señal de prioridad cuando el volumen vehicular que converge a una intersección, considerando todas las ramas, supere en algún período del día los 100 vehículos por hora.
- El tipo de señal de prioridad depende de las condiciones de visibilidad. Se emplea “CEDA el PASO” si el conductor del vehículo que transita por la calle subordinada puede ver cualquier vehículo que circule por la otra vía, disponiendo del tiempo y la distancia necesarios para permitirle el paso sin entrar al cruce. En caso contrario, debe emplearse señal “PARE” o “ALTO”.
- En general, la señal “PARE” debe usarse en pocas ocasiones, ya que su uso indiscriminado afecta negativamente su credibilidad y, en consecuencia, cuando realmente se requiere, en lugar de ayudar a la seguridad del cruce, puede deteriorarla.

b) Intersecciones semaforizadas

Los semáforos son una forma más sofisticada de controlar una intersección. Permiten separar los períodos de tiempo en que se puede avanzar por cada calle que llega a una intersección. La distribución de tiempos se denomina reparto, en tanto que ciclo es el tiempo transcurrido desde el inicio de una determinada fase hasta que ella vuelve a activarse.

En general, el semáforo tiende a ser considerado como una medida positiva, que produce beneficios y mejora la seguridad en cualquier situación. No obstante, esta creencia no siempre se ve corroborada. Para que la instalación de un semáforo produzca beneficios reales a la población tiene que darse un conjunto de condiciones que permitan que los beneficios efectivamente sean mayores que los costos. Por ejemplo, dada la variabilidad de la demanda, es posible que un



semáforo tenga plena justificación en ciertos períodos del día o ciertas estaciones del año y en el resto constituya un costo para la comunidad. El estudio de los costos y beneficios es un trabajo técnico complejo que puede facilitarse mediante el apoyo de modelos computacionales. No obstante, con miras a simplificar el análisis, diversos países han adoptado requisitos o La instalación de una señal “PARE” (ALTO) o “CEDA el PASO” se hace por criterio de visibilidad y no por la mayor importancia de una respecto de la otra estándares mínimos para justificar la instalación de semáforos, cuyo cumplimiento garantiza en general lo correcto de la decisión. Estos requisitos consideran, entre otros aspectos, volumen vehicular, volumen peatonal, accidentes (MINTRATEL, 1985).

La instalación de un semáforo no garantiza la reducción de accidentes. Puede incluso aumentarlos si la inconveniencia de instalarlo en alguna intersección se hace manifiesta para los conductores. En este caso es probable que dejen de respetarlo, aumentando significativamente el riesgo de accidentes. (Bull, 2003).

c) Uno por uno

El señalamiento uno por uno, es parte de la educación vial consiste en ceder el paso a un vehículo, es decir cada conductor tiene que manejar con cortesía en cada esquina o cruce se debe detener para ceder el paso al otro vehículo con la finalidad de que sea un cruce seguro, eficiente, y a sí mismo evitar accidentes.



2.2.3 Conceptos del flujo vehicular

Se describen algunos conceptos importantes en el flujo vehicular datos tomados de tesis Cabrera, H. (2012) “Implementación de un algoritmo para la asignación de tráfico vehicular” (tesis para obtener el título) Universidad Autónoma De México, dicho autor cita a (Cal Mayor y Cárdenas, 2007):

1. Tasa de flujo o flujo (q).

Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada, durante un intervalo de tiempo determinado, inferior a una hora.

$$q = \frac{N}{T} \text{ Usualmente (veh/min) o (veh/s).}$$

Donde:

N= Numero de vehículos.

T= Intervalo de tiempo.

2. Velocidad (v)

Es la relación entre el espacio y el tiempo empleado a recorrer.

$$v = \frac{d}{t} \text{ Usualmente (kilometro/hora).}$$

Donde:

t= tiempo de recorrido

d= Distancia recorrida.



3. Densidad (k)

Es el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vialidad en un momento determinado.

$$k = \frac{N}{d} \text{ Usualmente (veh/km).}$$

Donde:

N= Número de vehículos

d= longitud

4. Intervalo simple (h_i)

Es la diferencia de tiempo entre el paso de los vehículos consecutivos medidos entre puntos homólogos y generalmente expresados en segundos.

5. Intervalo promedio \bar{h}

Es el promedio de todos los intervalos simples (h_i), existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad.

$$\bar{h} = \sum_{i=1}^{N-1} h_{i,N-1}^1$$

Donde:

\bar{h} = intervalo promedio (s/veh)

N= Número de vehículos.

N-1=Numero de intervalos (veh)

h_i = Intervalo simple entre el vehículo i y el vehículo i + 1.



6. Espaciamiento \bar{s} .

Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos medido entre puntos homólogos y generalmente expresados en metros.

7. Espaciamiento promedio

Es el promedio de todos los espaciamentos simples, existentes entre los diversos vehículos que circulan en una vialidad.

$$\bar{s} = \sum_{i=1}^{N-1} s_{iN-1}^1$$

Donde:

\bar{s} = intervalo promedio (m/veh)

N= Número de vehículos.

N-1=Numero de espaciamentos (veh)

h_i = Espaciamiento simple entre el vehículo i y el vehiculo i + 1.

2.3 PRUEBA DE MEDIAS

2.3.1 ESTIMACION POR INTERVALOS EN CASO DE MUESTRAS INDEPENDIENTES.

Aquí el interés está en estimar la diferencia entre dos medias poblacionales ($\mu_1 - \mu_2$). El método apropiado depende de los tamaños de muestra n_1 y n_2 si tanto n_1 como n_2 , grandes por lo menos 30, la técnica difiere en algo de ellas que se utiliza cuando alguno o ambos tamaños muestrales son de menos de 30.

2.3.1.1 Estimación con muestras grandes.

La estimación puntual de la diferencia ($\mu_1 - \mu_2$) está dada por la diferencia entre las dos medias muestrales ($\bar{x}_1 - \bar{x}_2$). Ya que muchas muestras diferentes pueden tomarse de cada población, resulta toda una distribución de las diferencias entre las medias muestrales si tanto n_1 y n_2 son grandes, la distribución entre la diferencia de medias muestrales ($\bar{x}_1 - \bar{x}_2$) es una distribución normal centrada en ($\mu_1 - \mu_2$).

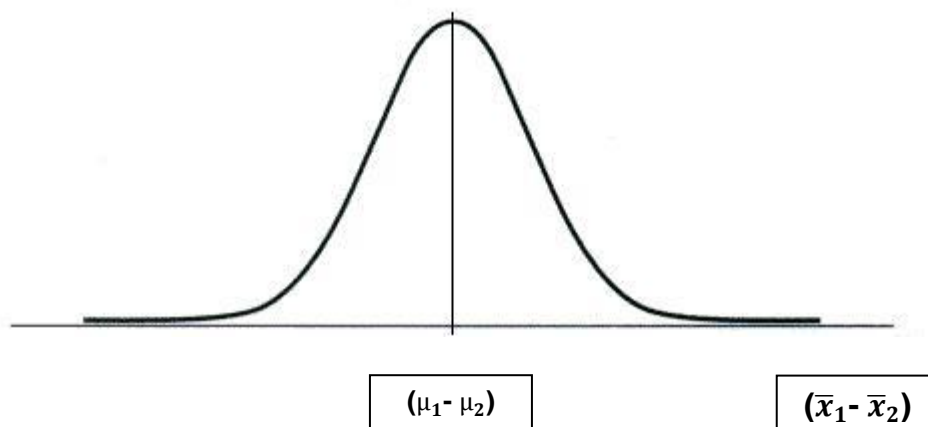


Figura 2.1 Distribución muestral de la diferencia de las medias muestrales.

Dada esta distribución normal de las diferencias entre las medias muestrales, la desviación normal Z puede utilizarse para construir el intervalo.



Se utiliza $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ como la estimación puntual de la diferencia entre las dos medias poblacionales, se aplica un multiplicador de confianza para obtener los límites superior e inferior del intervalo.

Intervalo de confianza para la diferencia entre dos medias poblacionales, muestras grandes:

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm Z\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$$

En donde $\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$ es el error estándar de las diferencias entre las medias muestrales de la misma manera que con cualquier error estándar $\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$ miden la tendencia que tienen las diferencias entre las medias muestrales a variar.

Se tiene que:

Error estándar de las diferencias entre medias muestrales:

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

En donde σ_1^2 y σ_2^2 son dos varianzas poblacionales el evento probable que σ_1^2 y σ_2^2 sean desconocidas deben de utilizarse las varianzas muestrales s_1^2 y s_2^2 el estimado estándar se vuelve entonces

Estimación del error estándar de la diferencia entre medias muestrales:

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$$



El intervalo para la diferencia entre las medias muestrales es entonces:

Intervalo de confianza cuando las varianzas poblacionales son desconocidas

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm Z s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$$

Vale la pena destacar que no está interesado en el valor de cualquier de las medias poblacionales, sino solamente en la diferencia que existe entre las dos medias poblacionales. Webster, (2000).

Interpretación: Si el intervalo contiene a cero no existe diferencia entre medias.

2.3.1.2 Distribución normal

La distribución normal, también llamada distribución de Gauss o distribución gaussiana, es la distribución de probabilidad que con más frecuencia aparece en estadística y teoría de probabilidades. Esto se debe a dos razones fundamentalmente:

Su función de densidad es simétrica y con forma de campana, lo que favorece su aplicación como modelo a gran número de variables estadísticas. Es, además, límite de otras distribuciones y aparece relacionada con multitud de resultados ligados a la teoría de las probabilidades gracias a sus propiedades matemáticas.

La función de densidad está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \text{ para } -\infty < x < +\infty$$

Donde μ es la media y σ es la desviación estándar (σ^2 es la varianza).

Muchas variables aleatorias continuas presentan una función de densidad cuya gráfica tiene forma de campana



CAPITULO III.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO



3.1 COMPORTAMIENTO DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE HUATUSCO

Actualmente, la ciudad de Huatusco ha experimentado el crecimiento del parque vehicular por la presencia de una gran cantidad de automóviles y taxistas en la ciudad. Tan sólo del año 2005 al 2009 el parque vehicular (automóviles, camiones de pasajeros, camionetas de carga y motocicletas) se incrementó en un 41%, pasando de 5867 a 8313 vehículos, incluyendo los particulares y los de servicio público.

Para el control del tránsito vehicular en la ciudad de Huatusco, utilizan los siguientes sistemas:

- Uso de semáforos, estos dispositivos electromecánicos, sirven para ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en la vialidad por medio de luces, por lo regular de color rojo, amarillo y verde, son programados para el control vial, se localizan en la zona centro (Avenida 2, Calle 2. Avenida 2, Calle 1. Avenida 2, Calle 3. Avenida 1, Calle 2. Avenida 1, Calle 1. Avenida 1, Calle 3).
- Cruces 1x1 son señalamientos que indican cuando un conductor llega a un cruce marcado como 1x1, debe detenerse. Si llegó al cruce primero que el conductor de la calle perpendicular, tiene preferencia en el paso; si no fue así, debe ceder el paso y después avanzar. Algunos son ubicados en la parte céntrica de la ciudad y otros cerca de la zona centro. Este sistema es eficiente, ya que no implica gastos, ha contribuido a disminuir accidentes automovilísticos y a mejorar el desempeño vial. Más sin embargo nos falta trabajar en la cultura vial, motivo por el cual muchos conductores no respetan la señalización y provocan molestias al peatón e incidencias de accidentes automovilísticos.



- Agentes de tránsito se encargan de regular la circulación en aquellos cruces donde no hay semáforos y también donde no se ha implementado el uno por uno, principalmente en el centro de la ciudad. En las horas pico cuando los alumnos entran a la escuela y al finalizar las clases.

Los puntos críticos que se perciben son por la mañana a medio día y por la tarde cuando los alumnos entran a las escuelas y al culminar sus clases. Además cuando las personas entran al trabajo, los comerciantes llegan al mercado, entre otros. En el primer cuadro de la ciudad se encuentran las intersecciones de la avenida 1 con calle 1 y el de avenida 2 con calle 2 principalmente, Otros puntos críticos se localizan en las entradas de Huatusco, ya que en estos lugares no hay vigilancia por parte de los agentes de tránsito, como es el caso del cruce de avenida 6 con calle 12. Más adelante se construirá el modelo de simulación con los datos más precisos a la realidad para ver su comportamiento e identificar más puntos críticos.

3.2 LONGITUD PROMEDIO DE CALLES Y AVENIDAS.

Un dato importante en nuestro modelo de simulación, debe contar con las dimensiones reales de las calles y avenidas de la ciudad de Huatusco, motivo por el cual va a permitir ver la circulación de los vehículos que se desplazan de un lugar a otro, solo son interrumpidas por el cruce de otra calle o avenida.

A través de un programa en línea (google maps) se pudieron obtener los siguientes resultados:



Imagen 3.1 Distancia de avenida en Huatusco, Ver; con google maps.

A continuación se presentan la distancia de cada avenida que engloba el modelo estudiado, calculada con google maps.

LONGITUD PROMEDIO DE AVENIDAS (Metros)					
	Av. 5	Av. 3	Av. 1	Av. 2	Av. 4
calle 10			173	160	152
calle 8	242	258	79	96	117
calle 6	150	150	150	150	176
calle 4	135	132	125	123	120
calle 2	110	117	117	117	113
calle 1	115	120	118	112	116
calle 3	114	115	118	121	118
calle 5	115	118	120	115	120
calle 7	55	58	57	55	50

Tabla 3.1 Longitud promedio de avenidas expresada en metros.



La siguiente tabla presenta la distancia de cada calle que engloba el modelo estudiado, calculada con google maps.

LONGITUD PROMEDIO DE CALLES (Metros)					
	Av. 5	Av. 3	Av. 1	Av. 2	Av. 4
calle 10	0	0	91	90	70
calle 8	120	77	88	83	70
calle 6	118	71	80	81	70
calle 4	118	77	77	85	70
calle 2	118	76	75	82	70
calle 1	115	74	70	83	70
calle 3	113	72	67	92	70
calle 5	114	65	95	92	70

Tabla 3.2 Longitud promedio de avenidas expresada en metros.

Estos datos calculados, deben ser precisos; se utilizarán en la construcción del modelo de simulación, donde se verán reflejadas las colas de los vehículos.



3.3 CAPACIDAD MAXIMA DE VEHICULOS EN CALLES Y AVENIDAS.

Se determina el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vialidad en un momento determinado. Para ello se utiliza la siguiente formula:

$$C = \frac{d}{s+d1} \quad (\text{m /veh}).$$

Donde:

d= longitud de la calle o avenida

s= espaciamiento por vehículo

d1= Longitud del vehículo

Aplicando la formula se obtienen los siguientes resultados:

En la avenida 1 calle 1.

Capacidad=?

d= 118 metros.

s= 1.5 metros

d1= 5 metros

$$C = \frac{d}{s+d1} \quad (\text{m /veh}). \quad C = \frac{118}{1.5+5} = 18.15$$

Capacidad máxima de 18 Vehículos en la avenida 1 calle 1.



Se aplica la fórmula en todas las calles y avenidas para determinar la capacidad máxima que hay de vehículos.

Capacidad máxima de vehículos que ocupa una avenida

CAPACIDAD MAXIMA DE VEHICULOS EN AVENIDA					
	Av. 5	Av. 3	Av. 1	Av. 2	Av. 4
calle 10			27	25	23
calle 8	37	40	12	15	18
calle 6	23	23	23	23	27
calle 4	21	20	19	19	18
calle 2	17	18	18	18	17
calle 1	18	18	18	17	18
calle 3	18	18	18	19	18
calle 5	18	18	18	18	18
calle 7	8	9	9	8	8

Tabla 3.3 Capacidad máxima de vehículos en avenida

Capacidad máxima de vehículos que ocupa una calle

CAPACIDAD MAXIMA DE VEHICULOS EN CALLES					
	Av. 5	Av. 3	Av. 1	Av. 2	Av. 4
calle 10	-	-	14	14	11
calle 8	18	12	14	13	11
calle 6	18	11	12	12	11
calle 4	18	12	12	13	11
calle 2	18	12	12	13	11
calle 1	18	11	11	13	11
calle 3	17	11	10	14	11
calle 5	18	10	15	14	11

Tabla 3.4 Capacidad máxima de vehículos en calles.

3.4 LONGITUD DE VEHICULOS

Los vehículos son medios de transporte que nos permite trasladar personas, cosa de un lugar a otro; existen diversos tipos, los cuales tienen dimensiones diferentes.

Con ayuda de un flexómetro se midieron algunos vehículos, a continuación presentaremos las medidas promedio que se obtuvieron:

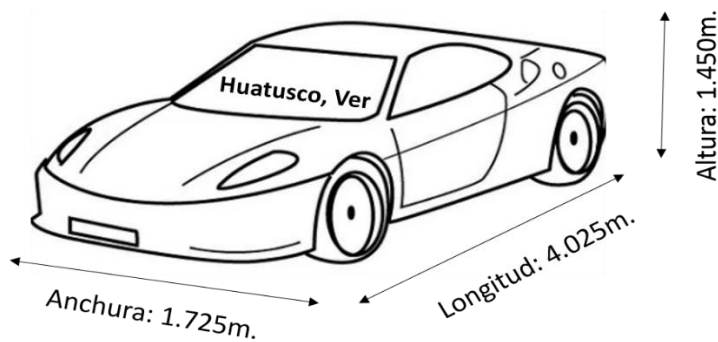


Imagen 3.2 Dimensiones de un coche pequeño.

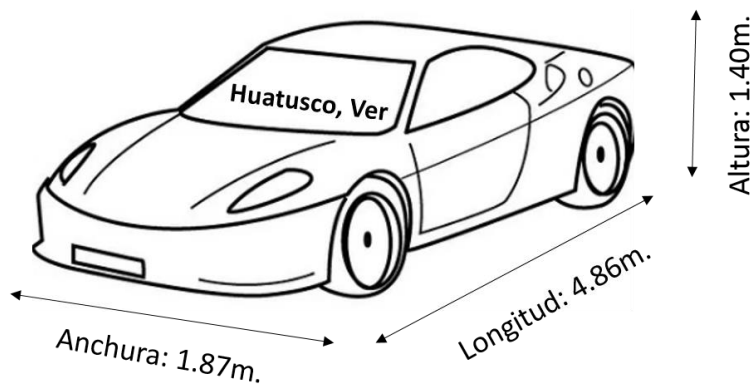


Imagen 3.3 Dimensiones de un coche mediano.

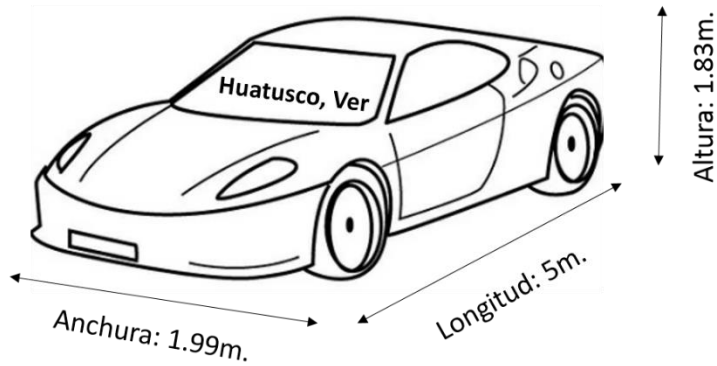


Imagen 3.4 Dimensiones de un coche grande.

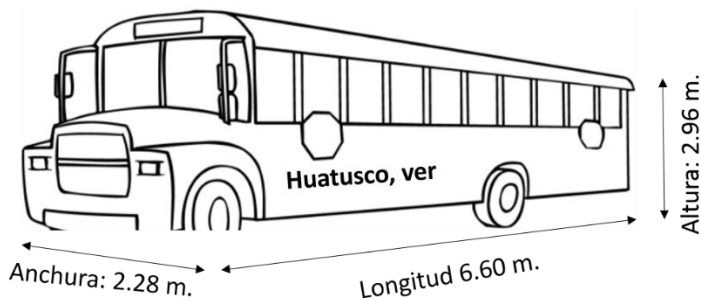


Imagen 3.5 Dimensiones de un microbús.

Como se puede apreciar en promedio los vehículos tienen una longitud de 4 a 5 metros y los microbuses de 7 metros. Estos datos recabados son muy importantes dentro de nuestro modelo de simulación ya que en nuestra recreación se tiene que presenciar la circulación de vehículos y el cuello de botella que se genera en horas pico de la ciudad. Véase anexo (A).



3.5 VELOCIDAD DE LOS AUTOMÓVILES EN HORAS PICO

La velocidad la vamos a definir como la relación entre el espacio y el tiempo empleado a recorrer, es decir la distancia que recorre un automóvil en un determinado tiempo. Para esta actividad se monitoreo el tiempo que recorrían los automóviles en la avenida 1 y 2, en la zona centro de la ciudad.

Formula:

$$v = \frac{d}{t} \text{ (Metros / seg).}$$

Datos:

t= tiempo de recorrido (28.3 segundos).

d= Distancia recorrida en una avenida (118metros).

Solución:

$$\textit{velocidad} = \frac{118}{28.3 \text{ segundos}} = 4.17 \text{ metros/segundo} = 15 \text{ km/h.}$$

Interpretación:

En promedio los automóviles viajan a una velocidad de 15 km/h en las horas pico, por la misma saturación de automóviles viajan muy lento. La velocidad no es constante varia de los 10km/h a los 30km/h .Este dato servirá para programar la velocidad en nuestro modelo de simulación.

3.6 SINCRONIZACIÓN DE TIEMPO DE SEMÁFOROS

En la parte céntrica de la ciudad se cuenta con semáforos cuyos dispositivos se encargan de controlar el tránsito, estos se localizan en los siguientes cruces:

- Avenida 2, Calle 2.
- Avenida 2, Calle 1.
- Avenida 2, Calle 3.
- Avenida 1, Calle 2.
- Avenida 1, Calle 1.
- Avenida 1, Calle 3.

Se midió el tiempo de espera de los semáforos con dirección hacia una avenida, el tiempo que permanece un carro en espera (semáforo en rojo) es de 22 segundos y el tiempo que fluyen los carros (semáforo en verde) es de 30 segundos.

A sí mismo los vehículos con dirección hacia una calle, el tiempo que permanecen en espera (semáforo en rojo) es de 30 segundos y el tiempo de fluidez (semáforo en verde) es de 22 segundos.

Como se puede observar tienen mayor prioridad los carros que circulan en avenidas a diferencia que los que circulan en calles.



Imagen 3.6 Semáforo en la avenida 1 calle 3 con google maps.



Imagen 3.7 Semáforo en la avenida 1 calle 1 con google maps.



Imagen 3.8 Semáforo en la avenida 2 calle 2 con google maps.

Estos semáforos sirven para ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en la vialidad por medio de luces de color rojo, amarillo y verde, se utilizó un cronometro para desarrollar dicha actividad con base a los resultados obtenidos se alimentará el modelo de simulación.



CAPITULO IV.

DESARROLLO Y RESULTADOS



4.1 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO ACTUAL

Se analiza la información de las tesis iniciadas por:

García Hernández, M.J. (2017) “*Caracterización de las variables que rigen el comportamiento de las vialidades con mayor tráfico vehicular en la ciudad de Huatusco, Veracruz*”. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Nieto Manzano, D.M. (2017), “*Delimitación y muestreo de las vialidades correspondientes al primer plano de la ciudad de Huatusco, Veracruz*”. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz; con el fin de extraer los datos más importantes como: tiempos de llegadas, frecuencias de llegadas, porcentaje vehicular con dirección a calle o avenida; dichos datos se encuentran en anexo (B y C).

Una vez recopila la información mencionada en el capítulo 3, nos servirá de base para construir el modelo actual, así mismo ver el comportamiento del sistema vehicular y determinar los puntos críticos donde se genera mayor congestionamiento vial. Este primer modelo nos servirá para estudiarlo y proponer algunas posibles alternativas de solución.

Finalmente con los datos mencionados se alimenta el modelo del sistema actual a través de un software de simulación. .

4.1.1 RESULTADOS DEL MODELO ACTUAL

Una vez alimentado el modelo con los datos reales se realizan 30 réplicas de dos horas.

Se utilizaron 30 corridas ya que se trata de un tamaño de muestras grandes, cuyo objetivo es suavizar los datos, cabe mencionar que se están contemplando dos horas pico.

En la siguiente imagen (4.1) se puede apreciar el cuello de botella que se presenta en la zona centro de la ciudad de Huatusco, los círculos anaranjados representan los seis puntos críticos que nos arrojó el software de simulación localizados en la zona centro de la ciudad, cabe mencionar que en esos cruces utilizan los semáforos para controlar el tránsito.

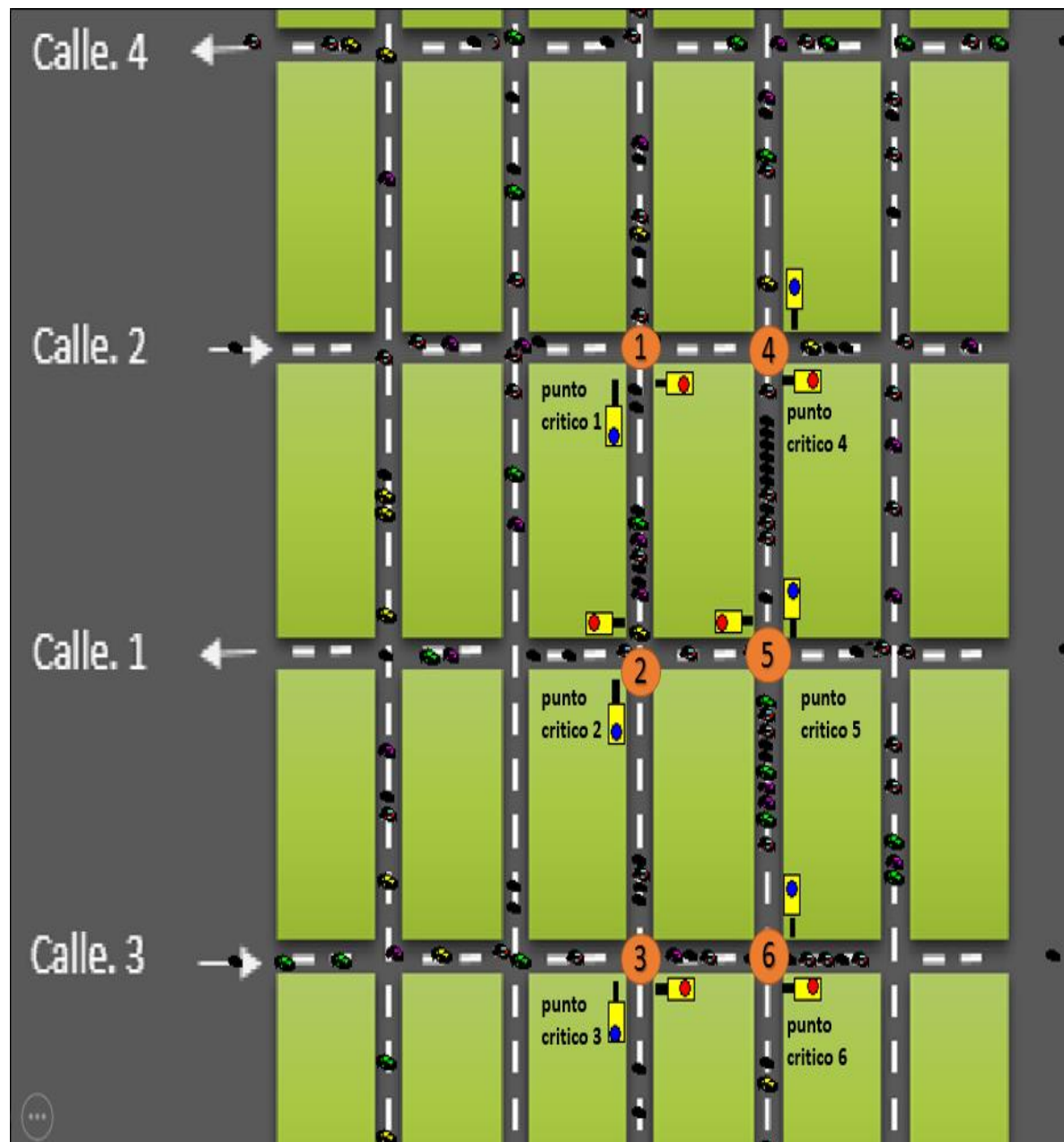


Imagen 4.1 Puntos críticos del modelo actual.



Se corre el modelo actual 30 réplicas por dos horas y nos arrojó los siguientes resultados estadísticos; la medias y desviación estándar de cada cruce.

La siguiente tabla contiene los indicadores que se utilizarán para el estudio de nuestro modelo tales como: tiempo de espera, contenido promedio de vehículos, contenido máximo de vehículos y el porcentaje máximo de utilización.

LOCACIÓN	SCHEDULED HOURS	CAPACITY	TOTAL ENTRIES	AVERAGE MINUTES PER ENTRY	AVERAGE CONTENTS	MAXIMUM CONTENTS	P_UTIL
Av.2, Calle1	2	19	804.36	0.7	4.74	12.8	24.99
	0	0	31.92	0	0.23	1.32	1.22
Calle1, Av.2	2	13	404.7	0.49	1.67	8	12.91
	0	0	23.03	0	0.1	0.94	0.82
Av.2, Calle2	2	17	863.76	0.68	4.9	12.43	28.84
	0	0	30.3	0.01	0.21	1.4	1.27
Calle2, Av.2	2	13	363.1	0.45	1.37	6.73	10.54
	0	0	19.36	0	0.07	0.78	0.6
Av.1, Calle1	2	18	718.4	0.67	4.03	11.63	22.41
	0	0	34.89	0	0.22	1.21	1.26
Calle1, Av.1	2	11	339.73	0.55	1.56	7.56	14.25
	0	0	17.73	0.01	0.09	1.22	0.83
Av.1, Calle3	2	18	658.23	0.68	3.76	10.93	20.9
	0	0	29.95	0	0.19	1.17	1.07

Tabla 4.1 Resultados obtenidos del modelo de simulación actual de la ciudad de Huatusco, Ver.

Nota: En la tabla 4.1 se presentaron 7 cruces de vialidad, el resto se encuentra en anexos (D). Esta tabla contiene el análisis estadístico del comportamiento del flujo vehicular que se está estudiando en la ciudad de Huatusco, Ver.

Ejemplo: El primer renglón de cada locación indica la media; en avenida 2 con calle 1 el tiempo promedio de espera es de 0.7 minutos, el contenido promedio de autos en cola es de 4.74~ 5 autos, el contenido máximo en espera es de 12.8 ~ 13 autos y el porcentaje máximo de utilización es de 24.99% en esa locación. En el segundo renglón indica la desviación estándar.

4.1.2 Interpretación de los indicadores de vialidad del modelo actual

- **Locación:** Es la ubicación y dirección donde cruzan los carros en el modelo estudiado, es decir las calles y avenidas contempladas.
- **Scheduled Hours:** Son las horas corridas en el modelo, se presentan las dos horas picos que presentan mayor congestionamiento vial.
- **Capacity:** Es el número máximo de vehículos que ocupa una calle o avenida.
- **Total entries:** Es el total de vehículos que pasan por una calle o avenida en un tiempo determinado.
- **Average minutes per entry:** Es el tiempo promedio de espera de los automóviles en poder cruzar hacia la siguiente calle o avenida.
- **Average contents:** Es el contenido promedio de vehículos en espera.
- **Maximum contenst:** Es el contenido máximo de vehículos que se encuentran en cola para poder cruzar hacia la siguiente calle o avenida.
- **P útil %:** Es el porcentaje de utilización de la máxima capacidad de las calles y avenidas.

4.1.1.3 Determinación de los puntos críticos

Después de analizar los resultados del modelo actual se determinó que los puntos más críticos en las horas picos se encuentran en la zona centro de la ciudad.

- Punto crítico número uno, en avenida 1, con calle 2.

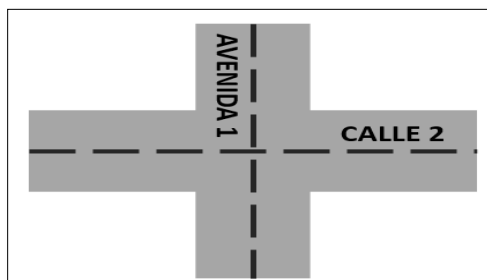


Imagen 4.2 Punto crítico número 1.

- Punto crítico número dos, en avenida 1, con calle 1.

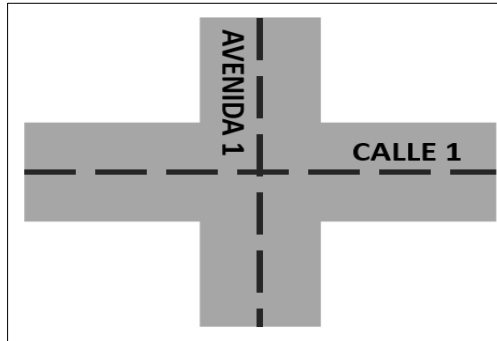


Imagen 4.3 Punto crítico número 2.

- Punto crítico número tres, en avenida 1, con calle 3.

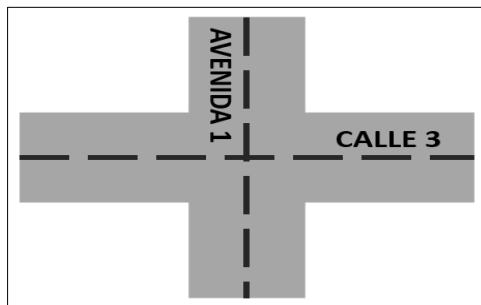


Imagen 4.4 Punto crítico número 3.

- Punto crítico número cuatro, en avenida 2, con calle 2

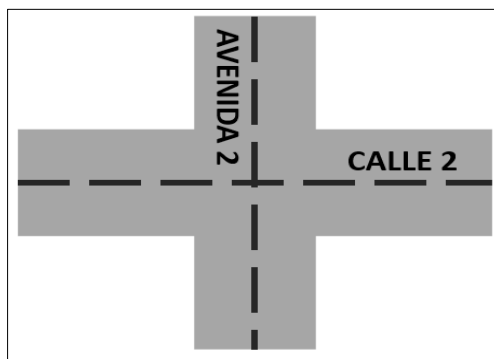


Imagen 4.5 Punto crítico número 4.

- Punto crítico número cinco, en avenida 2, con calle 1

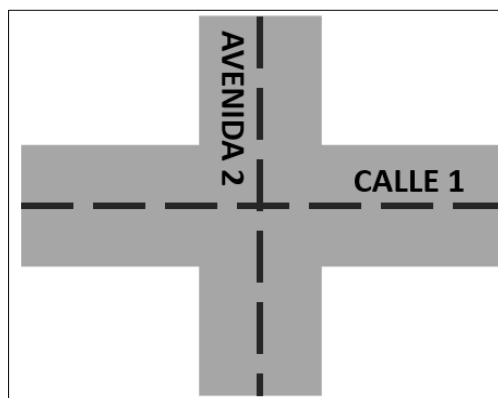


Imagen 4.6 Punto crítico número 5.

- Punto crítico número seis, en avenida 2, con calle 3

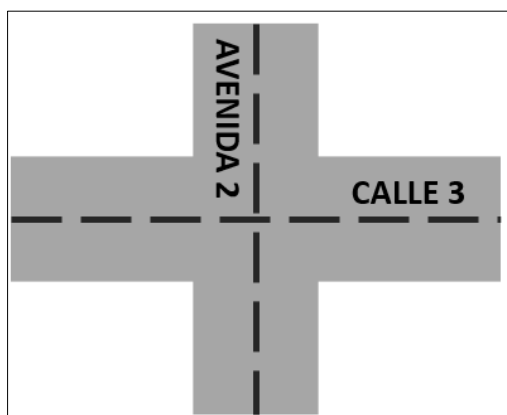


Imagen 4.7 Punto crítico número 6.

Las horas picos donde se genera el congestionamiento vial es por la mañana (7:00am a 9:00am) es el horario donde se desplazan al trabajo, los estudiantes a sus escuelas (hablamos desde preescolar, primarias, secundaria, preparatorias y universidades). Y a partir de mediodía hasta las 3:00pm aproximadamente, cuando finalizan sus clases.

4.2 RESULTADOS DEL MODELO PROPUESTO

Se realizaron varios modelos de simulación con el fin de buscar algunas posibles alternativas de solución a nuestro problema, se programaron y sincronizaron tiempos de semáforos, se utilizó el uno por uno, después de analizar dichos modelos se optó por utilizar el uno por uno ya que estadísticamente ese modelo presentaba mejor desempeño sin incurrir en gastos.

En la figura 4.8 se muestra el modelo 1x1, se puede apreciar visualmente que en los puntos críticos, hay menos vehículos en espera.

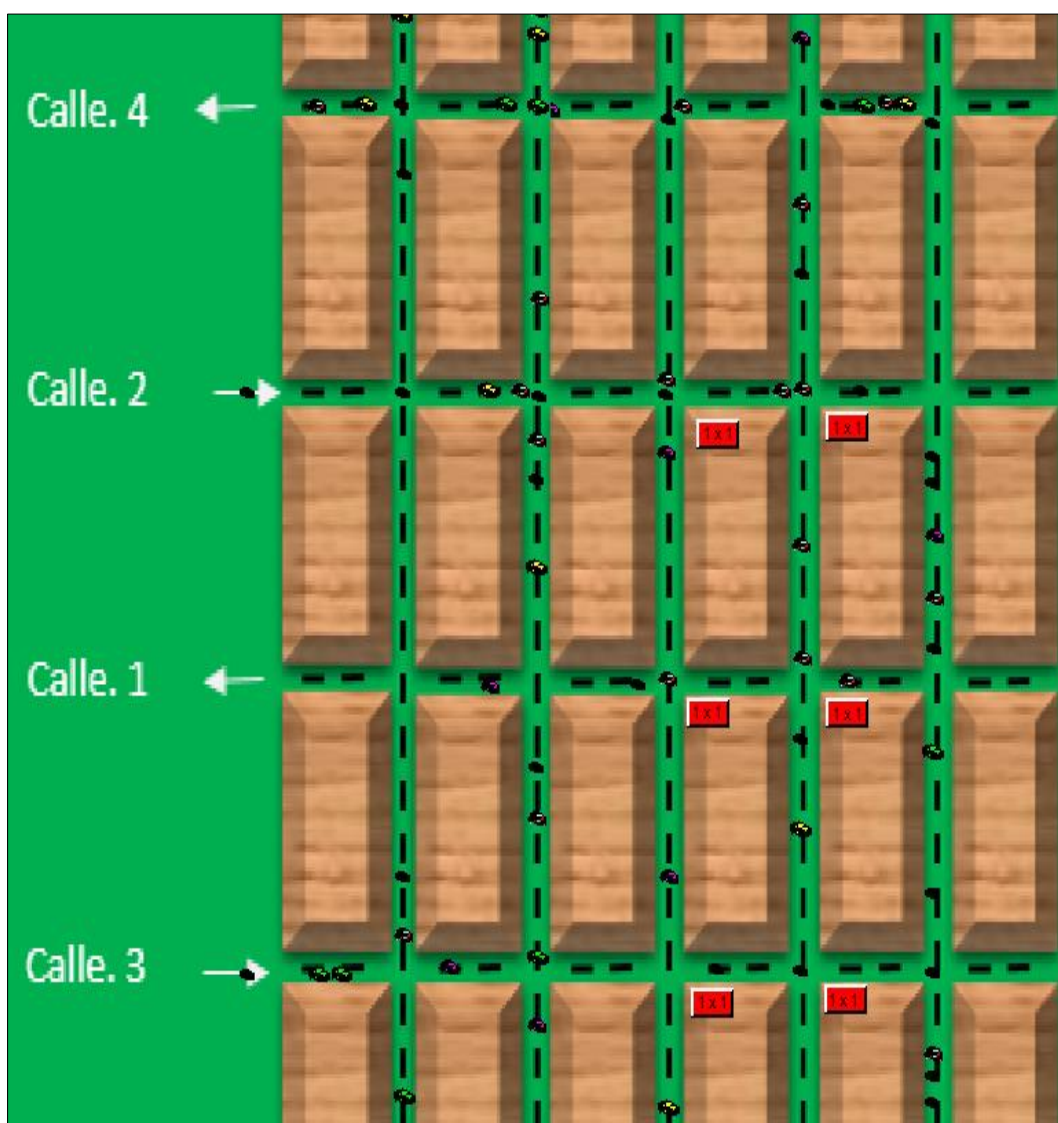


Imagen 4.8 Modelo propuesto 1x1 en la zona centro de la ciudad de Huatusco.



Este modelo propuesto se corrió 30 réplicas de 2 horas, igual que el modelo actual y nos arrojó los siguientes resultados de sus medias y desviación estándar.

			MODELO 1 X 1				
UBICACIÓN	SCHEDULED HOURS	CAPACITY	TOTAL ENTRIES	AVERAGE MINUTES PER ENTRY	AVERAGE CONTENTS	MAXIMUM CONTENTS	P_UTIL
Av.2, Calle1	2	19	821.83	0.49	3.4	10	17.94
	0	0	29.65	0	0.12	0.87	0.68
Calle1, Av.2	2	13	414.53	0.34	1.2	6	9.3
	0	0	21.84	0	0.06	0.69	0.5
Av.2, Calle2	2	17	919.53	0.46	3.54	9.8	20.84
	0	0	25.57	0	0.1	0.76	0.59
Calle2, Av.2	2	13	382.33	0.31	1.01	5.36	8.46
	0	0	23.76	0	0.06	0.61	0.54
Av.1, Calle1	2	18	708.63	0.47	2.83	8.83	15.72
	0	0	30.12	0	0.12	0.59	0.69
Calle1, Av.1	2	11	311.36	0.29	0.75	4.56	6.87
	0	0	17.89	0	0.04	0.56	0.41
Av.1, Calle3	2	18	640.16	0.48	2.56	8.43	14.23
	0	0	25.54	0	0.1	0.72	0.59

Tabla 4.2 Resultados del modelo propuesto 1 x 1.

Nota: En la tabla 4.2 se presentaron 7 cruces de vialidad, el resto se encuentra en anexos (E). Esta tabla contiene el análisis estadístico del comportamiento del flujo vehicular que se está estudiando en la ciudad de Huatusco, Ver.

Ejemplo: El primer renglón de cada locación indica la media; en avenida 2 con calle 1 el tiempo promedio de espera es de 0.49 minutos, el contenido promedio de autos en cola es de 3.4~ 3 autos, el contenido máximo en espera es de 10 autos y el porcentaje máximo de utilización es de 17.94% en esa locación. En el segundo renglón indica la desviación estándar.

Tan solo comparar este cruce Av. 2 con Calle 1, se obtiene un mejor desempeño con el modelo propuesto 1x1. Se presenta la tabla de comparación de las medias en anexos (F) de los puntos críticos.



4.3 COMPROBACION DE DATOS

4.3.1 COMPROBAR QUE EL MODELO 1X1 MINIMIZARÁ EL IMPACTO VIAL

Una vez obtenidos los resultados estadísticos de ambos modelos se puede apreciar que el modelo 1x1 es mejor que el actual sin incurrir en gastos, más sin embargo se harán pruebas de medias para comprobar que las medias sean diferentes y con un nivel de confianza poder decir que el modelo propuesto será confiable.

4.3.1.1 Aplicación de prueba de medias.

Promedio del contenido máximo de vehículos en fila.

- **En Avenida 1 con Calle 2.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{1.3^2}{30} + \frac{0.55^2}{30}} = 0.25277625$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (10.56 - 7.8) \pm (2.5758293)(0.25277625) =$$

$$2.09617192 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 3.42382808$$

Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 2.09 y 3.42. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .



- **En Avenida 1 con Calle 1.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{1.04^2}{30} + \frac{0.54^2}{30}} = 0.20819062$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (10.23 - 7.9) \pm (2.5758293) (0.20819062) =$$

$$1.77890896 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 2.88109104$$

Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 1.77 y 2.88. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .

- **En Avenida 1 con Calle 3.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{1^2}{30} + \frac{0.63^2}{30}} = 0.20722773$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (9.6 - 7.6) \pm (2.5758293) (0.20722773) =$$

$$1.44666614 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 2.55333386$$



Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 1.44 y 2.55. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .

- **En Avenida 2 con Calle 2.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{1.4^2}{30} + \frac{0.7^2}{30}} = 0.27853785$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (11.46 - 8.7) \pm (2.5758293) (0.27853785) =$$

$$2.02389546 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 3.49610454$$

Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 2.02 y 3.49. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .



- **En Avenida 2 con Calle 1.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{1.56^2}{30} + \frac{0.64^2}{30}} = 0.30225817$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (12.03 - 9) \pm (2.5758293) (0.30225817) =$$

$$2.23702379 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 3.82297621$$

Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 2.23 y 3.82. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .

- **En Avenida 2 con Calle 3.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{0.94^2}{30} + \frac{0.56^2}{30}} = 0.19311482$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (10.16 - 7.43) \pm (2.5758293) (0.19311482) =$$

$$2.21543552 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 3.24456448$$



Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 2.21 y 3.24. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce

(μ_2) .

- **En Calle 2 con venida 1.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{0.81^2}{30} + \frac{0.57^2}{30}} = 0.17318343$$

El intervalo del 99% es

$$I.C. \text{ Para } (\mu_1 - \mu_2) = (7.46 - 5.13) \pm (2.5758293) (0.17318343) =$$

$$1.86420915 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 2.79579085$$

Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 1.86 y 2.79. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .



- **En Calle 1 con Avenida 1.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{0.85^2}{30} + \frac{0.4^2}{30}} = 0.16758083$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (6.03 - 4.2) \pm (2.5758293) (0.16758083) =$$

$$1.38821211 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 2.27178789$$

Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 1.38 y 2.27. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .

- **En Calle 3 con Avenida 1.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{0.88^2}{30} + \frac{0.56^2}{30}} = 0.18344845$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (7.33 - 4.76) \pm (2.5758293) (0.18344845) =$$

$$2.07946398 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 3.06053602$$



Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 2.09 y 3.06. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .

- **En Calle 2 con Avenida 1.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{0.81^2}{30} + \frac{0.57^2}{30}} = 0.17318343$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (7.46 - 5.13) \pm (2.5758293) (0.17318343) =$$

$$1.86420915 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 2.79579085$$

Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 1.86 y 2.79. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .



- **En Calle 1 con Avenida 2.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{1.41^2}{30} + \frac{0.36^2}{30}} = 0.26364749$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (7.7 - 5.06) \pm (2.5758293) (0.26364749) =$$

$$1.95563361 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 3.32436639$$

Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 1.95 y 3.32. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .

- **En Calle 3 con Avenida 2.**

Solución

El error estandar de la diferencia entre la media muestral es

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{0.89^2}{30} + \frac{0.4^2}{30}} = 0.17436552$$

El intervalo del 99% es

$$\text{I. C. Para } (\mu_1 - \mu_2) = (8.6 - 5.2) \pm (2.5758293) (0.17436552) =$$



$$2.94112147 \leq (\mu_1 - \mu_2) \leq 3.85887853$$

Interpretación

Con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ esta entre 2.94 y 3.85. Debido a que el intervalo No contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que presenta un mejor desempeño en el máximo contenido de autos en ese cruce (μ_2) .



4.3.1.2 Resultados de prueba de medias del tiempo promedio en espera, contenido promedio y contenido máximo en espera de vehículos.

Aplicando la misma fórmula se realizaron las pruebas de medias para el tiempo promedio en espera de los vehículos y el número promedio de vehículos en espera con un nivel de confianza del 99%.

A continuación se presenta la tabla de resultados de las pruebas de medias de los puntos críticos.

UBICACIÓN	MODELO REAL CON SEMAFOROS			MODELO PROPUESTO 1X1			DIFERENCIA DE MEDIAS					
	INDICADORES			INDICADORES			AVERAGE MINUTES PER ENTRY		AVERAGE CONTENTS		MAXIMUM CONTENTS	
	AVERAGE MINUTES PER ENTRY	AVERAGE CONTENTS	MAXIMUM CONTENTS	AVERAGE MINUTES PER ENTRY	AVERAGE CONTENTS	MAXIMUM CONTENTS	LIM. INF.	LIM. SUP.	LIM. INF.	LIM. SUP.	LIM. INF.	LIM. SUP.
Av.2, Calle3	0.57	2.99	10.5	0.47	2.52	8.56	0.1	0.1	0.383	0.557	1.263	2.617
	0	0.14	1.1	0	0.12	0.93						
Av.2, Calle1	0.7	4.74	12.8	0.49	3.4	10	0.21	0.21	1.218	1.462	2.057	3.543
	0	0.23	1.32	0	0.12	0.87						
Calle1, Av.2	0.49	1.67	8	0.34	1.2	6	0.15	0.15	0.415	0.525	1.452	2.548
	0	0.1	0.94	0	0.06	0.69						
Av.2, Calle2	0.68	4.9	12.43	0.46	3.54	9.8	0.215	0.225	1.251	1.469	1.881	3.379
	0.01	0.21	1.4	0	0.1	0.76						
Av.1, Calle2	0.57	3.34	11.16	0.47	2.8	8.93	0.1	0.1	0.440	0.640	1.654	2.806
	0	0.15	1.05	0	0.15	0.63						
Calle2, Av.2	0.45	1.37	6.73	0.31	1.01	5.36	0.14	0.14	0.317	0.403	0.904	1.836
	0	0.07	0.78	0	0.06	0.61						
Av.1, Calle1	0.67	4.03	11.63	0.47	2.83	8.83	0.2	0.2	1.082	1.318	2.167	3.433
	0	0.22	1.21	0	0.12	0.59						
Calle1, Av.1	0.55	1.56	7.56	0.29	0.75	4.56	0.255	0.265	0.764	0.856	2.369	3.631
	0.01	0.09	1.22	0	0.04	0.56						
Av.1, Calle3	0.68	3.76	10.93	0.48	2.56	8.43	0.2	0.2	1.099	1.301	1.854	3.146
	0	0.19	1.17	0	0.1	0.72						
Calle3, Av.2	0.44	1.7	8.1	0.28	1.06	5.43	0.16	0.16	0.594	0.686	2.165	3.175
	0	0.09	0.95	0	0.04	0.5						
Calle3, Av.1	0.46	1.46	7.36	0.29	0.92	5.06	0.17	0.17	0.498	0.582	1.773	2.827
	0	0.08	1.03	0	0.04	0.44						



Calle2, Av.1	0.47	1.55	7.93	0.31	1.03	5.5	0.16	0.16	0.465	0.575	1.900	2.960
	0	0.1	0.9	0	0.06	0.68						

Tabla 4.3 Resultados de prueba de medias.

Una vez realizada las pruebas de medias para el tiempo promedio en espera de los vehículos, numero promedio de vehículos en espera y número máximo de vehículos en espera con un 99% de seguridad en que $(\mu_1 - \mu_2)$ si son diferentes. Debido a que el intervalo no contiene el cero, se puede estar a un 99% seguro que existe diferencia entre las medias, es decir se puede utilizar el modelo 1x1 ya que su media en los tres parámetros es mejor que el actual. Véase anexo (F).



CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del procedimiento aplicado durante el desarrollo de la tesis se logró cumplir con los objetivos planteados y se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se analizó detalladamente los trabajos realizados por :

García Hernández, M.J. (2017) *Caracterización de las variables que rigen el comportamiento de las vialidades con mayor tráfico vehicular en la ciudad de Huatusco, Veracruz*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Nieto Manzano, D.M. (2017), *Delimitación y muestreo de las vialidades correspondientes al primer plano de la ciudad de Huatusco, Veracruz*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Y se extrajo los datos más importantes para continuar trabajando con la siguiente parte del proyecto como tiempo entre llegadas, frecuencia entre llegadas y porcentaje vehicular con dirección a calle o avenida.

2. A través de un software de simulación se programó un modelo del sistema vial de la zona centro de Huatusco, para estudiar su comportamiento actual de la circulación de tránsito.
3. Con base a los datos estadísticos arrojados por el modelo actual se determinó que los puntos críticos que generan el congestionamiento vial se encuentran en la zona centro de la ciudad, tales puntos son:
 - Con dirección de avenida 1 hacia calle 2.
 - Con dirección de calle 2 hacia avenida 1.
 - Con dirección de avenida 1 hacia calle 1.
 - Con dirección de calle 1 hacia avenida 1.



- Con dirección de avenida 1 hacia calle 3.
- Con dirección de calle 3 hacia avenida 1.
- Con dirección de avenida 2 hacia calle 2.
- Con dirección de calle 2 hacia avenida 2
- Con dirección de avenida 2 hacia calle 1.
- Con dirección de calle 1 hacia avenida 2.
- Con dirección de avenida 2 hacia calle 3.
- Con dirección de calle 3 hacia avenida 2.

El sistema de control de tránsito en estos cruces es por medio de semáforos, actualmente estos doce puntos se localizan en la zona centro, donde se encuentra el mercado municipal, los principales negocios, la ruta donde pasa el transporte público, dirección hacia el hospital y palacio municipal, entre otros.

4. Se programaron varios modelos con el fin de mejorar el congestionamiento vial, se cambiaron los tiempos de los semáforos, se implementaron nuevos semáforos y cruces 1x1. Estadísticamente el que presentó mejor desempeño fue la implementación de cruces 1x1, donde un conductor llega a un cruce marcado como “uno por uno”, donde debe detenerse; si llegó al cruce primero que el conductor de la calle perpendicular, tiene preferencia en el paso; si no fue así, debe ceder el paso y después avanzar.
5. Se realizaron pruebas de medias del modelo actual y el 1x1 de sus indicadores como: tiempo en espera, contenido promedio de autos y contenido máximo de vehículos en fila; y se concluyó con un 99% de nivel de confianza que ambas medias son diferentes, por lo que nos conviene elegir el modelo 1x1 al tener un mejor desempeño vial.
6. Finalmente se propone la implementación de cruces 1x1, para mejorar la situación del flujo vehicular en la zona centro de la ciudad de Huatusco.



7. El modelo 1x1 presenta un mejor desempeño a diferencia del uso de semáforos, este modelo es mejor que el actual sin la necesidad de incurrir en gastos no justificados (energía eléctrica, compra de semáforos, instalación, mantenimiento, programación, entre otros), que puede resolverse solamente con señalamientos 1x1.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas piloto de la implementación del sistema 1x1 para controlar el flujo vehicular.
- Compartir la información a través de algún medio como folletos sobre la importancia del cruce 1x1, con la finalidad de concientizar a los conductores y estandarizar este método, ya que solo se trata de educación vial, así mismo; se evitarían accidentes, insultos, molestias por parte de los usuarios.
- Impartir pláticas en los sitios de taxis, autobuses; para fomentar la cultura vial a toda la sociedad.
- Ceder el paso a otro automóvil sólo representa unos segundos más a tu trayecto y puede ayudar a hacer más fluido el tráfico. Detenerte en los pasos peatonales y respetar a los ciclistas, personas que encuentres en tu camino habla bien de ti, de tu educación y cortesía; haces sentir bien emocionalmente a las personas que cediste el paso y a uno mismo como conductor.



ANEXOS

A. LONGITUDES DE VEHICULOS

MEDIDAS DE LOS VEHICULOS			
VEHICULO	LARGO	ANCHO	ALTURA
1	7.50	2.20	3.20
2	4.75	1.78	1.85
3	4.98	1.49	1.51
4	4.04	1.89	1.38
5	4.98	1.65	1.68
6	5.00	1.99	1.95
7	4.35	2.00	1.75
8	4.68	1.65	1.62
9	4.90	1.85	1.48
10	4.25	1.47	1.85
11	4.37	1.49	1.47
12	5.00	2.00	1.35
13	4.45	1.86	1.42
14	7.30	2.10	2.85
15	4.65	1.78	1.28
16	4.38	2.00	1.34
17	4.09	1.47	1.35
18	4.20	1.68	1.64
19	5.00	1.61	1.75
20	4.62	2.00	1.24
21	5.00	1.45	1.35
22	6.50	1.78	1.45
23	4.37	1.95	1.24
24	5.00	1.63	1.26
25	4.84	2.00	1.56
26	4.03	1.65	1.34
27	7.85	2.15	3.15
28	5.75	1.38	1.48
29	4.87	1.34	1.50
30	4.65	1.62	1.38
31	4.28	2.00	1.42
32	4.05	1.48	1.62
33	4.10	1.64	1.37
34	5.00	1.35	1.48
35	4.15	1.48	1.49



36	4.65	2.00	1.58
37	4.72	1.37	1.28
38	4.02	1.48	1.34
39	5.00	1.65	1.29
40	4.69	1.70	1.38
41	4.75	1.74	1.48
42	5.00	1.62	1.40
43	4.34	1.47	1.35
44	4.85	2.00	1.39
45	4.95	1.35	1.48
46	5.00	1.28	1.35
47	4.05	1.47	1.28
48	7.50	2.01	3.35
49	4.85	1.65	1.52
50	4.75	1.55	1.48
PROMEDIO	4.90	1.70	1.60

Datos que muestran las longitudes de las medidas de los vehículos.



B. Tipo de distribución de probabilidad

Análisis de vialidad de la ciudad de Huatusco, ver			
Ubicación de muestra	Parámetros		
	Media μ	Desviación estándar S	Tipo de distribución de probabilidad
Avenida 2, calle 1	0.44	0.42	Exponencial
Avenida 3, calle 2	0.28	0.3	Exponencial
Avenida 3, calle 3	0.56	0.5	Exponencial
Avenida 2, calle 4	0.28	0.3	Exponencial
Avenida 2, calle 5	0.25	0.27	Exponencial
Avenida 3, calle 6	0.63	0.43	Lognormal
Avenida 2, calle 8	0.29	0.28	Exponencial
Avenida 1, calle 10	0.2	0.41	Exponencial
Avenida 4, calle 1	0.49	0.89	Exponencial
Avenida 1, calle 2	0.23	0.27	Exponencial
Avenida 1, calle 3	0.27	0.26	Exponencial
Avenida 4, calle 4	0.42	0.47	Exponencial
Avenida 4, calle 5	0.31	0.35	Exponencial
Avenida 1, calle 6	0.46	0.38	Exponencial
Avenida 2, calle 7	0.13	0.12	Exponencial
Avenida 4, calle 8	0.36	0.42	Exponencial
Avenida 1, calle 1	0.36	0.34	Exponencial
Avenida 5, calle 2	0.41	0.45	Exponencial
Avenida 5, calle 3	0.25	0.52	Exponencial
Avenida 1, calle 4	0.42	0.42	Exponencial
Avenida 1, calle 5	0.22	0.25	Exponencial
Avenida 5, calle 6	0.19	0.27	Exponencial
Avenida 1, calle 8	0.34	0.23	Lognormal
Avenida 3, calle 7	0.18	0.17	Exponencial
Avenida 6, calle 1	2.51	1.93	Exponencial
Avenida 2, calle 2	0.37	0.42	Exponencial
Avenida 2, calle 3	0.35	0.59	Exponencial
Avenida 6, calle 4	1.07	1.3	Exponencial
Avenida 2, calle 6	0.34	0.26	Exponencial
Avenida 6, calle 8	0.37	0.37	Exponencial
Avenida 4, calle 12	0.34	0.33	Exponencial
Avenida 3, calle 1	0.32	0.26	Exponencial
Avenida 7, calle 2	0.58	0.63	Exponencial
Avenida 7, calle 3	0.57	0.49	Lognormal
Avenida 3, calle 4	0.26	0.22	Exponencial
Avenida 3, calle 5	0.64	0.48	Exponencial



Avenida 7, calle 6	0.2	0.22	Exponencial
Avenida 3, calle 8	0.28	0.32	Exponencial
Avenida 5, calle 12	0.2	0.41	Exponencial

Datos recopilados por: García Hernández, M.J. (2017) *Caracterización de las variables que rigen el comportamiento de las vialidades con mayor tráfico vehicular en la ciudad de Huatusco, Veracruz*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Nieto Manzano, D.M. (2017), *Delimitación y muestreo de las vialidades correspondientes al primer plano de la ciudad de Huatusco, Veracruz*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.



C. Muestreo de dirección de vehículos a calle y avenida.

Análisis de vialidad de la ciudad de Huatusco, Ver.					
Muestreo de dirección de vehículo					
	Llegando de avenida		Llegando de calle		
Ubicación	% dirección a Av.	% dirección a calle	% dirección a Av.	% dirección a calle	Σ sumatoria %
Av. 1, calle 8	51.64	12.27	16.11	19.98	100
Av. 1, calle 6	53.77	13.54	12.79	19.9	100
Av. 1, calle 4	38.33	10.71	17.34	33.62	100
Av. 1, calle 2	48.03	11.38	16.64	23.95	100
Av. 1, calle 1	50.3	18.1	12.49	19.11	100
Av. 1, calle 3	39.87	20.72	14.47	24.94	100
Av. 1, calle 5	40.53	16.97	13.16	29.34	100
Av. 2, calle 2	60.2	8.9	14	16.9	100
Av. 2 calle 4	59.8	15.2	9.1	15.9	100
Av. 2 calle 6	49.1	11.1	14.5	25.3	100
Av. 2 Calle 8	56.1	9.2	8.4	26.3	100
Av. 2 calle 1	62.4	14	12.3	11.3	100
Av. 2 calle 3	52.2	6.5	22.6	18.7	100
Av. 2 calle 5	47	20.4	15.9	16.7	100
Av. 2, calle 10	57.4	24.8	4	13.8	100
Av. 3 calle 2	51.5	18	10.7	19.8	100
Av. 3 calle 4	50	14.8	10.2	25	100
Av. 3 calle 6	31.7	19.7	7.2	41.4	100
Av. 3 Calle 8	38.9	15.5	6.4	39.2	100
Av. 3 calle 1	52	12.5	18.1	17.4	100
Av. 3 calle 3	45.6	9.8	16.3	28.3	100
Av. 3 calle 5	46.7	4.4	20.9	28	100
Av. 4calle 2	56.8	8.5	20.7	14	100
Av. 4calle 4	66.6	20.1	6.1	7.2	100
Av. 4 calle 6	40.4	7.9	21.3	30.4	100
Av. 4Calle 8	38.7	14.7	17.5	29.1	100
Av. 4 calle 1	50.3	36	7.5	6.2	100
Av. 4 calle 3	52.1	6.6	27.8	13.5	100
Av. 4 calle 5	48.3	51		0.7	100
Av. 4, calle 10	54.7	3.6	22	19.7	100
Av. 5 calle 2	59.8	19.6	7.3	13.3	100
Av. 5 calle 4	54.3	11.5	12.3	21.9	100
Av. 5 calle 6	28.8	9.1	28.1	34	100
Av. 5 Calle 8	34.2	3.9	23.8	38.1	100



Av. 5 calle 1	59.8	19.6	7.3	13.3	100
Av. 5 calle 3	38.9	22.8	12	26.3	100
Av. 5 calle 5	56.1	7.1	16.2	20.6	100

Datos recopilados por: García Hernández, M.J. (2017) *“Caracterización de las variables que rigen el comportamiento de las vialidades con mayor tráfico vehicular en la ciudad de Huatusco, Veracruz”*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Nieto Manzano, D.M. (2017), *“Delimitación y muestreo de las vialidades correspondientes al primer plano de la ciudad de Huatusco, Veracruz”*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.



D. Resultados estadísticos del modelo actual

UBICACIÓN	SCHEDULED HOURS	CAPACITY	MODELO ACTUAL				
			TOTAL ENTRIES	INDICADORES			
				AVERAGE MINUTES PER ENTRY	AVERAGE CONTENTS	MAXIMUM CONTENTS	% UTIL
Av.4, Calle10	2	23	347.2	0.61	1.78	7.33	7.75
	0	0	17.54	0	0.08	1.06	0.39
Calle10, Av.6	2	11	156.9	0.27	0.36	3.46	3.32
	0	0	12.78	0	0.02	0.62	0.27
Av.4, Calle8	2	18	522.13	0.47	2.06	7.76	11.46
	0	0	25.22	0	0.09	0.72	0.55
Calle8, Av.4	2	11	330.53	0.29	0.8	5.3	7.32
	0	0	17.78	0	0.04	0.95	0.4
Av.4, Calle6	2	27	475.83	0.71	2.81	9.06	10.44
	0	0	21.79	0	0.13	0.73	0.49
Calle6, Av.6	2	11	351.7	0.27	0.81	4.86	7.45
	0	0	17.06	0	0.04	0.5	0.37
Av.4, Calle4	2	18	562.03	0.48	2.27	8.33	12.62
	0	0	27.14	0	0.11	0.75	0.62
Calle4, Av.4	2	11	284.83	0.29	0.69	4.66	6.3
	0	0	18.12	0	0.04	0.8	0.41
Av.4, Calle2	2	17	612.96	0.45	2.34	8.46	13.8
	0	0	27.5	0	0.1	0.77	0.64
Calle2, Av.6	2	11	209.63	0.27	0.48	3.93	4.44
	0	0	13.89	0	0.03	0.52	0.3
Av.4, Calle1	2	18	710.36	0.46	2.78	9.03	15.45
	0	0	30.8	0	0.12	0.61	0.67
Calle1, Av.4	2	11	241.7	0.29	0.59	4.46	5.37
	0	0	15.6	0	0.03	0.73	0.36
Av.4, Calle3	2	18	543.43	0.47	2.15	8.26	11.99
	0	0	26.65	0	0.1	0.69	0.59
Calle3, Av.6	2	11	165.16	0.27	0.38	3.83	3.5
	0	0	12.66	0	0.02	0.59	0.27
Av.4, Calle5	2	18	650.4	0.48	2.65	8.86	14.73
	0	0	29.55	0	0.12	0.93	0.67
Calle5, Av.4	2	11	385.66	0.29	0.95	5.7	8.67
	0	0	19.86	0	0.05	0.7	0.47
Av.4, Calle7	2	8	500.13	0.19	0.83	4	10.41
	0	0	23.5	0	0.03	0	0.49



Av.2, Calle5	2	8	477.06	0.23	0.94	5.8	11.79
	0	0	24.5	0	0.05	0.76	0.64
Calle5, Av.2	2	14	531.63	0.37	1.67	6.8	11.99
	0	0	21.24	0	0.06	0.55	0.48
Av.2, Calle3	2	18	630.03	0.57	2.99	10.5	16.64
	0	0	28.58	0	0.14	1.1	0.79
Calle3, Av.4	2	14	275.26	0.37	0.86	5.5	6.18
	0	0	19.39	0	0.06	0.57	0.44
Av.2, Calle1	2	19	804.36	0.7	4.74	12.8	24.99
	0	0	31.92	0	0.23	1.32	1.22
Calle1, Av.2	2	13	404.7	0.49	1.67	8	12.91
	0	0	23.03	0	0.1	0.94	0.82
Av.2, Calle2	2	17	863.76	0.68	4.9	12.43	28.84
	0	0	30.3	0.01	0.21	1.4	1.27
Calle2, Av.4	2	13	311.5	0.33	0.87	5.36	6.77
	0	0	17.1	0	0.04	0.49	0.38
Av.2, Calle4	2	18	908.2	0.47	3.61	10.06	20.1
	0	0	27.91	0	0.11	0.25	0.64
Calle4, Av.2	2	13	230.43	0.35	0.68	4.53	5.25
	0	0	19.1	0	0.05	0.68	0.45
Av.2, Calle6	2	19	783.36	0.5	3.32	10.1	17.48
	0	0	24.28	0	0.1	0.71	0.58
Calle6, Av.4	2	12	442.76	0.33	1.22	5.8	10.24
	0	0	20.65	0	0.05	0.66	0.49
Av.2, Calle8	2	23	790.1	0.61	4.01	10.73	17.47
	0	0	29.22	0	0.14	0.52	0.65
Calle8, Av.2	2	13	373.63	0.34	1.08	5.6	8.32
	0	0	18.5	0	0.05	0.56	0.42
Av.2, Calle10	2	15	748.5	0.38	2.4	7.7	16.06
	0	0	28.79	0	0.09	0.53	0.62
Calle10, Av.4	2	14	335.06	0.36	1.02	5.5	7.3
	0	0	21.93	0	0.06	0.73	0.48
Av.2, Calle12	2	25	524.5	0.59	2.61	8.93	10.46
	0	0	22.48	0	0.11	0.82	0.45
Av.1, Calle10	2	27	604.16	0.69	3.51	10.43	13.02
	0	0	19.21	0	0.11	0.93	0.43
Calle10, Av.2	2	14	114.8	0.37	0.35	3.36	2.55
	0	0	6.92	0	0.02	0.55	0.15
Av.1, Calle8	2	12	484.83	0.32	1.3	6.36	10.91
	0	0	19.86	0	0.05	0.71	0.46
Calle8, Av.1	2	14	408.5	0.36	1.22	5.7	8.76



	0	0	17.41	0	0.05	0.53	0.38
Av.1, Calle6	2	23	605.6	0.62	3.13	9.8	13.63
	0	0	22.17	0	0.12	0.88	0.54
Calle6, Av.2	2	13	456.03	0.33	1.28	5.96	9.9
	0	0	18.3	0	0.05	0.61	0.43
Av.1, Calle	2	19	901.93	0.51	3.84	10.06	20.25
	0	0	37.23	0	0.16	0.69	0.85
Calle4, Av.1	2	13	349.46	0.32	0.95	5.56	7.33
	0	0	16.67	0	0.04	0.72	0.37
Av.1, Calle2	2	18	695.23	0.57	3.34	11.16	18.59
	0	0	27.45	0	0.15	1.05	0.84
Calle2, Av.2	2	13	363.1	0.45	1.37	6.73	10.54
	0	0	19.36	0	0.07	0.78	0.6
Av.1, Calle1	2	18	718.4	0.67	4.03	11.63	22.41
	0	0	34.89	0	0.22	1.21	1.26
Calle1, Av.1	2	11	339.73	0.55	1.56	7.56	14.25
	0	0	17.73	0.01	0.09	1.22	0.83
Av.1, Calle3	2	18	658.23	0.68	3.76	10.93	20.9
	0	0	29.95	0	0.19	1.17	1.07
Calle3, Av.2	2	10	454.9	0.44	1.7	8.1	17.04
	0	0	22.86	0	0.09	0.95	0.96
Av.1, Calle5	2	18	571.7	0.49	2.33	8.56	12.97
	0	0	27.47	0	0.11	0.81	0.64
Calle5, Av.1	2	15	374.96	0.39	1.22	6	8.15
	0	0	14.93	0	0.04	0.58	0.33
Av.1, Calle7	2	9	502.73	0.22	0.95	4.96	10.61
	0	0	25.14	0	0.04	0.18	0.53
Av.3, Calle5	2	9	187.73	0.23	0.37	3.6	4.16
	0	0	14.61	0	0.02	0.56	0.33
Calle5, Av.3	2	10	439	0.26	0.96	5.43	9.63
	0	0	19.04	0	0.04	0.5	0.43
Av.3, Calle3	2	18	423.03	0.48	1.69	7.36	9.44
	0	0	19.23	0	0.07	0.96	0.44
Calle3, Av.1	2	11	375.23	0.46	1.46	7.36	13.35
	0	0	20.46	0	0.08	1.03	0.81
Av.3, Calle1	2	18	600.23	0.46	2.34	8.36	13.04
	0	0	26.45	0	0.1	0.8	0.59
Calle1, Av.3	2	11	392.36	0.3	1	5.46	9.17
	0	0	20.77	0	0.05	0.57	0.5
Av.3, Calle2	2	18	695.1	0.48	2.83	9.06	15.73
	0	0	28.14	0	0.12	0.63	0.67



Calle2, Av.1	2	12	392.43	0.47	1.55	7.93	12.92
	0	0	23.23	0	0.1	0.9	0.86
Av.3, Calle4	2	18	648.73	0.48	2.61	8.56	14.52
	0	0	26.37	0	0.1	0.67	0.6
Calle4, Av.3	2	12	549.06	0.32	1.48	6.6	12.35
	0	0	27.59	0	0.08	0.56	0.67
Av.3, Calle6	2	20	718.83	0.54	3.25	10.1	16.27
	0	0	28.69	0	0.14	0.8	0.71
Calle6, Av.1	2	11	758.66	0.3	1.92	7.3	17.52
	0	0	37.16	0	0.1	1.02	0.98
Av.3, Calle8	2	23	478.26	0.6	2.4	8.43	10.46
	0	0	22.55	0	0.11	0.93	0.5
Calle8, Av.3	2	12	284.9	0.31	0.74	4.8	6.23
	0	0	15.54	0	0.03	0.66	0.33
Av.3, Calle12	2	40	340.66	1.02	2.91	9.33	7.29
	0	0	16.83	0	0.14	0.92	0.36
Av.5, Calle8	2	37	596.03	0.98	4.87	13.06	13.17
	0	0	26.08	0	0.21	1.31	0.59
Calle8, Av.5	2	18	417.96	0.49	1.71	7	9.52
	0	0	21.56	0	0.09	0.83	0.5
Av.5, Calle6	2	23	585.03	0.61	3	9.56	13.06
	0	0	23.22	0	0.12	0.81	0.54
Calle6, Av.3	2	18	524.56	0.48	2.13	7.9	11.88
	0	0	24.54	0	0.1	0.99	0.58
Av.5, Calle4	2	21	690.1	0.55	3.17	9.53	15.13
	0	0	28.73	0	0.13	0.73	0.66
Calle4, Av.5	2	18	473.2	0.48	1.91	7.6	10.66
	0	0	23.22	0	0.09	0.62	0.55
Av.5, Calle2	2	17	770.06	0.44	2.87	9.03	16.9
	0	0	31.64	0	0.12	0.76	0.71
Calle2, Av.3	2	18	352.63	0.48	1.42	6.33	7.91
	0	0	20.98	0	0.08	0.71	0.49
Av.5, Calle1	2	18	713.1	0.46	2.77	8.86	15.42
	0	0	29.41	0	0.11	0.62	0.66
Calle1, Av.5	2	18	292.73	0.47	1.14	5.9	6.38
	0	0	19.58	0	0.07	0.84	0.44
Av.5, Calle3	2	18	669.6	0.46	2.61	8.6	14.52
	0	0	26.11	0	0.1	0.72	0.58
Calle3, Av.3	2	17	557.53	0.46	2.14	7.76	12.6
	0	0	23.9	0	0.09	0.56	0.56
Av.5, Calle5	2	18	582.36	0.46	2.24	7.96	12.49



	0	0	25.98	0	0.1	1.03	0.56
Calle5, Av.5	2	18	201.76	0.46	0.77	4.7	4.33
	0	0	14.04	0	0.05	0.53	0.3
Av.5, Calle7	2	8	561.6	0.21	1.02	5	12.85
	0	0	25.82	0	0.04	0	0.59
Calle8, Av.7	2	11	421.56	0.27	0.98	5.2	8.93
	0	0	20.08	0	0.04	0.48	0.43
Calle6, Av.5	2	11	635.06	0.3	1.61	7.43	14.66
	0	0	23.19	0	0.06	1	0.63
Calle4, Av.7	2	11	386.33	0.27	0.9	5.03	8.18
	0	0	22.21	0	0.05	0.55	0.47
Calle2, Av.5	2	11	300.46	0.29	0.74	4.83	6.74
	0	0	18.3	0	0.04	0.59	0.42
Calle1, Av.7	2	11	331.26	0.27	0.77	4.86	7.02
	0	0	18.43	0	0.04	0.73	0.39
Calle3, Av.5	2	11	475.43	0.29	1.18	6.5	10.8
	0	0	26.28	0	0.07	1	0.64
Calle5, Av.7	2	11	218.7	0.27	0.5	3.96	4.63
	0	0	13.96	0	0.03	0.55	0.29

Datos arrojados por un programa de simulación se realizaron 30 réplicas de dos horas.



E. Resultados estadísticos del modelo propuesto sistema 1x1

UBICACIÓN	SCHEDULED HOURS	CAPACITY	MODELO PROPUESTO 1 X 1				
			TOTAL ENTRIES	INDICADORES			
				AVERAGE MINUTES PER ENTRY	AVERAGE CONTENTS	MAXIMUM CONTENTS	P_UTIL
Av.4, Calle10	2	23	348.46	0.61	1.78	7.33	7.77
	0	0	20.99	0	0.1	0.92	0.47
Calle10, Av.6	2	11	158.7	0.27	0.37	3.56	3.36
	0	0	10.817	0	0.02	0.56	0.23
Av.4, Calle8	2	18	522.4	0.47	2.06	8.13	11.47
	0	0	27.04	0	0.1	0.89	0.59
Calle8, Av.4	2	11	333.46	0.29	0.81	5.43	7.38
	0	0	19.24	0	0.05	0.67	0.45
Av.4, Calle6	2	27	474.56	0.71	2.81	9.53	10.42
	0	0	18.72	0	0.11	1.04	0.41
Calle6, Av.6	2	11	351.63	0.27	0.81	4.86	7.45
	0	0	21.29	0	0.04	0.5	0.45
Av.4, Calle4	2	18	572.46	0.48	2.31	8.26	12.87
	0	0	22.61	0	0.09	0.58	0.51
Calle4, Av.4	2	11	286.16	0.29	0.69	4.83	6.33
	0	0	17.34	0	0.04	0.74	0.4
Av.4, Calle2	2	17	622.23	0.45	2.38	8.4	14.02
	0	0	24.32	0	0.09	0.81	0.57
Calle2, Av.6	2	11	215.76	0.27	0.5	4.23	4.57
	0	0	14.13	0	0.03	0.56	0.3
Av.4, Calle1	2	18	741.7	0.47	2.9	9.03	16.14
	0	0	28.44	0	0.11	0.55	0.64
Calle1, Av.4	2	11	245.73	0.29	0.6	4.43	5.46
	0	0	14.43	0	0.03	0.62	0.32
Av.4, Calle3	2	18	568.66	0.47	2.26	8.06	12.56
	0	0	25.98	0	0.1	0.82	0.58
Calle3, Av.6	2	11	172.46	0.27	0.4	3.63	3.65
	0	0	15.22	0	0.03	0.61	0.32
Av.4, Calle5	2	18	666.86	0.48	2.72	9.06	15.12
	0	0	29.96	0	0.12	0.73	0.71
Calle5, Av.4	2	11	382.76	0.29	0.94	5.66	8.59
	0	0	17.6	0	0.04	0.8	0.42
Av.4, Calle7	2	8	505.7	0.19	0.84	4	10.52
	0	0	23.81	0	0.03	0	0.5



Av.2, Calle5	2	8	477.3	0.23	0.94	5.66	11.77
	0	0	20.5	0	0.04	0.71	0.58
Calle5, Av.2	2	14	538.8	0.37	1.7	6.96	12.15
	0	0	25.52	0	0.08	0.66	0.62
Av.2, Calle3	2	18	644.3	0.47	2.52	8.56	14.05
	0	0	30.75	0	0.12	0.93	0.71
Calle3, Av.4	2	14	274.46	0.37	0.86	5.23	6.15
	0	0	19.76	0	0.06	0.85	0.45
Av.2, Calle1	2	19	821.83	0.49	3.4	10	17.94
	0	0	29.65	0	0.12	0.87	0.68
Calle1, Av.2	2	13	414.53	0.34	1.2	6	9.3
	0	0	21.84	0	0.06	0.69	0.5
Av.2, Calle2	2	17	919.53	0.46	3.54	9.8	20.84
	0	0	25.57	0	0.1	0.76	0.59
Calle2, Av.4	2	13	339.1	0.33	0.95	5.2	7.36
	0	0	18.46	0	0.05	0.48	0.42
Av.2, Calle4	2	18	957.46	0.47	3.79	10	21.08
	0	0	30.48	0	0.12	0.64	0.69
Calle4, Av.2	2	13	233.03	0.35	0.69	4.63	5.31
	0	0	15.34	0	0.04	0.55	0.36
Av.2, Calle6	2	19	814.5	0.5	3.44	9.96	18.12
	0	0	22.08	0	0.09	0.71	0.51
Calle6, Av.4	2	12	454.6	0.33	1.26	6.16	10.52
	0	0	16.83	0	0.04	0.64	0.4
Av.2, Calle8	2	23	804.46	0.61	4.09	11.2	17.8
	0	0	27.28	0	0.14	1.03	0.62
Calle8, Av.2	2	13	377.33	0.34	1.09	5.73	8.41
	0	0	22.82	0	0.06	0.69	0.53
Av.2, Calle10	2	15	756	0.38	2.43	7.73	16.22
	0	0	29.31	0	0.09	0.58	0.63
Calle10, Av.4	2	14	336.73	0.36	1.02	5.5	7.32
	0	0	21.13	0	0.06	0.73	0.47
Av.2, Calle12	2	25	531.13	0.63	2.82	9.06	11.3
	0	0	19.93	0	0.1	0.69	0.43
Av.1, Calle10	2	27	597.2	0.69	3.47	10.73	12.87
	0	0	26.87	0	0.15	1.04	0.59
Calle10, Av.2	2	14	116.06	0.37	0.36	3.53	2.58
	0	0	9.4	0	0.02	0.57	0.21
Av.1, Calle8	2	12	477.76	0.32	1.29	6.3	10.76
	0	0	23.53	0	0.06	0.59	0.55
Calle8, Av.1	2	14	419	0.36	1.25	6.06	8.99



	0	0	18.42	0	0.05	0.73	0.41
Av.1, Calle6	2	23	605.93	0.62	3.13	9.9	13.62
	0	0	28.1	0	0.15	0.92	0.67
Calle6, Av.2	2	13	450.66	0.33	1.27	5.93	10.59
	0	0	24.82	0	0.06	0.63	0.58
Av.1, Calle	2	19	903	0.51	3.86	10.36	20.32
	0	0	36.1	0	0.16	0.76	0.88
Calle4, Av.1	2	13	370.03	0.32	1	5.4	8.38
	0	0	23.92	0	0.06	0.62	0.56
Av.1, Calle2	2	18	705.63	0.47	2.8	8.93	15.61
	0	0	38.94	0	0.15	0.63	0.88
Calle2, Av.2	2	13	382.33	0.31	1.01	5.36	8.46
	0	0	23.76	0	0.06	0.61	0.54
Av.1, Calle1	2	18	708.63	0.47	2.83	8.83	15.72
	0	0	30.12	0	0.12	0.59	0.69
Calle1, Av.1	2	11	311.36	0.29	0.75	4.56	6.87
	0	0	17.89	0	0.04	0.56	0.41
Av.1, Calle3	2	18	640.16	0.48	2.56	8.43	14.23
	0	0	25.54	0	0.1	0.72	0.59
Calle3, Av.2	2	10	456.36	0.28	1.06	5.43	10.7
	0	0	19.18	0	0.04	0.5	0.47
Av.1, Calle5	2	18	548.16	0.48	2.22	8.1	12.37
	0	0	17.86	0	0.07	0.84	0.41
Calle5, Av.1	2	15	367.6	0.38	1.19	5.76	7.94
	0	0	20.99	0	0.06	0.62	0.46
Av.1, Calle7	2	9	497.03	0.22	0.94	4.9	10.48
	0	0	16.14	0	0.03	0.3	0.34
Av.3, Calle5	2	9	187.13	0.23	0.37	3.8	4.15
	0	0	14.02	0	0.02	0.61	0.31
Calle5, Av.3	2	10	414.4	0.26	0.9	5.06	9.09
	0	0	19.44	0	0.04	0.36	0.43
Av.3, Calle3	2	18	407.8	0.48	1.63	7.06	9.11
	0	0	18.27	0	0.07	0.73	0.41
Calle3, Av.1	2	11	369.06	0.29	0.92	5.06	8.37
	0	0	19.56	0	0.04	0.44	0.45
Av.3, Calle1	2	18	601.16	0.46	2.34	8.43	13.02
	0	0	24.81	0	0.09	0.89	0.54
Calle1, Av.3	2	11	375.13	0.3	0.95	5.03	8.72
	0	0	19.9	0	0.05	0.49	0.47
Av.3, Calle2	2	18	677.23	0.48	2.75	8.76	15.31
	0	0	28.75	0	0.11	0.72	0.66



Calle2, Av.1	2	12	389.8	0.31	1.03	5.5	8.58
	0	0	22.45	0	0.06	0.68	0.5
Av.3, Calle4	2	18	634.96	0.48	2.55	8.56	14.17
	0	0	20.05	0	0.08	0.72	0.46
Calle4, Av.3	2	12	561.2	0.32	1.51	6.23	12.61
	0	0	33.07	0	0.09	0.56	0.77
Av.3, Calle6	2	20	713	0.54	3.22	9.66	16.15
	0	0	28.47	0	0.13	0.66	0.66
Calle6, Av.1	2	11	755.03	0.3	1.91	6.96	17.44
	0	0	30.79	0	0.09	0.61	0.82
Av.3, Calle8	2	23	477.43	0.6	2.4	8.36	10.45
	0	0	16.91	0	0.08	0.92	0.37
Calle8, Av.3	2	12	287.36	0.31	0.75	4.7	6.29
	0	0	15.05	0	0.03	0.46	0.33
Av.3, Calle12	2	40	343.76	1.02	2.93	9.53	7.35
	0	0	18.1	0	0.15	1.38	0.39
Av.5, Calle8	2	37	602.8	0.98	4.93	13.16	13.34
	0	0	27.94	0	0.23	1.08	0.63
Calle8, Av.5	2	18	416.83	0.49	1.7	7.1	9.5
	0	0	22.1	0	0.09	1.12	0.51
Av.5, Calle6	2	23	593.53	0.61	3.04	9.4	13.24
	0	0	21.11	0	0.11	0.81	0.48
Calle6, Av.3	2	18	526.3	0.48	2.14	7.93	11.92
	0	0	24.03	0	0.09	0.98	0.55
Av.5, Calle4	2	21	688.33	0.55	3.16	9.43	15.08
	0	0	27.59	0	0.13	0.77	0.62
Calle4, Av.5	2	18	477.6	0.48	1.93	7.56	10.76
	0	0	21.48	0	0.09	0.85	0.5
Av.5, Calle2	2	17	773.93	0.44	2.88	8.86	16.99
	0	0	27.29	0	0.1	0.62	0.62
Calle2, Av.3	2	18	352.5	0.48	1.41	6.23	7.88
	0	0	20.13	0	0.08	0.67	0.47
Av.5, Calle1	2	18	717.33	0.46	2.79	8.83	15.51
	0	0	26.71	0	0.1	0.69	0.59
Calle1, Av.5	2	18	294.1	0.47	1.15	6	9.62
	0	0	17.89	0	0.07	0.69	0.59
Av.5, Calle3	2	18	672.03	0.46	2.62	8.76	14.58
	0	0	27.69	0	0.11	0.72	0.63
Calle3, Av.3	2	17	567.6	0.45	2.17	7.8	12.8
	0	0	22.4	0	0.08	0.71	0.51
Av.5, Calle5	2	18	584.93	0.46	2.25	8.06	12.54



	0	0	28.15	0	0.1	0.69	0.6
Calle5, Av.5	2	18	191.83	0.46	0.73	4.93	4.11
	0	0	12.24	0	0.04	0.58	0.27
Av.5, Calle7	2	8	562	0.21	1.02	5	12.87
	0	0	26.65	0	0.04	0	0.61
Calle8, Av.7	2	11	419.1	0.27	0.97	5.16	8.88
	0	0	24	0	0.05	0.59	0.51
Calle6, Av.5	2	11	627.4	0.3	1.58	7.33	14.45
	0	0	25.48	0	0.06	0.71	0.6
Calle4, Av.7	2	11	386.26	0.27	0.9	4.93	8.18
	0	0	19.07	0	0.04	0.63	0.41
Calle2, Av.5	2	11	300.36	0.29	0.74	5.2	6.75
	0	0	18.77	0	0.04	1.03	0.45
Calle1, Av.7	2	11	334.03	0.27	0.77	5	7.08
	0	0	18.38	0	0.04	0.37	0.39
Calle3, Av.5	2	11	485.93	0.29	1.21	6.36	10.12
	0	0	23.13	0	0.05	0.85	0.5
Calle5, Av.7	2	11	210.5	0.27	0.49	4.03	4.46
	0	0	15.5	0	0.03	0.61	0.33

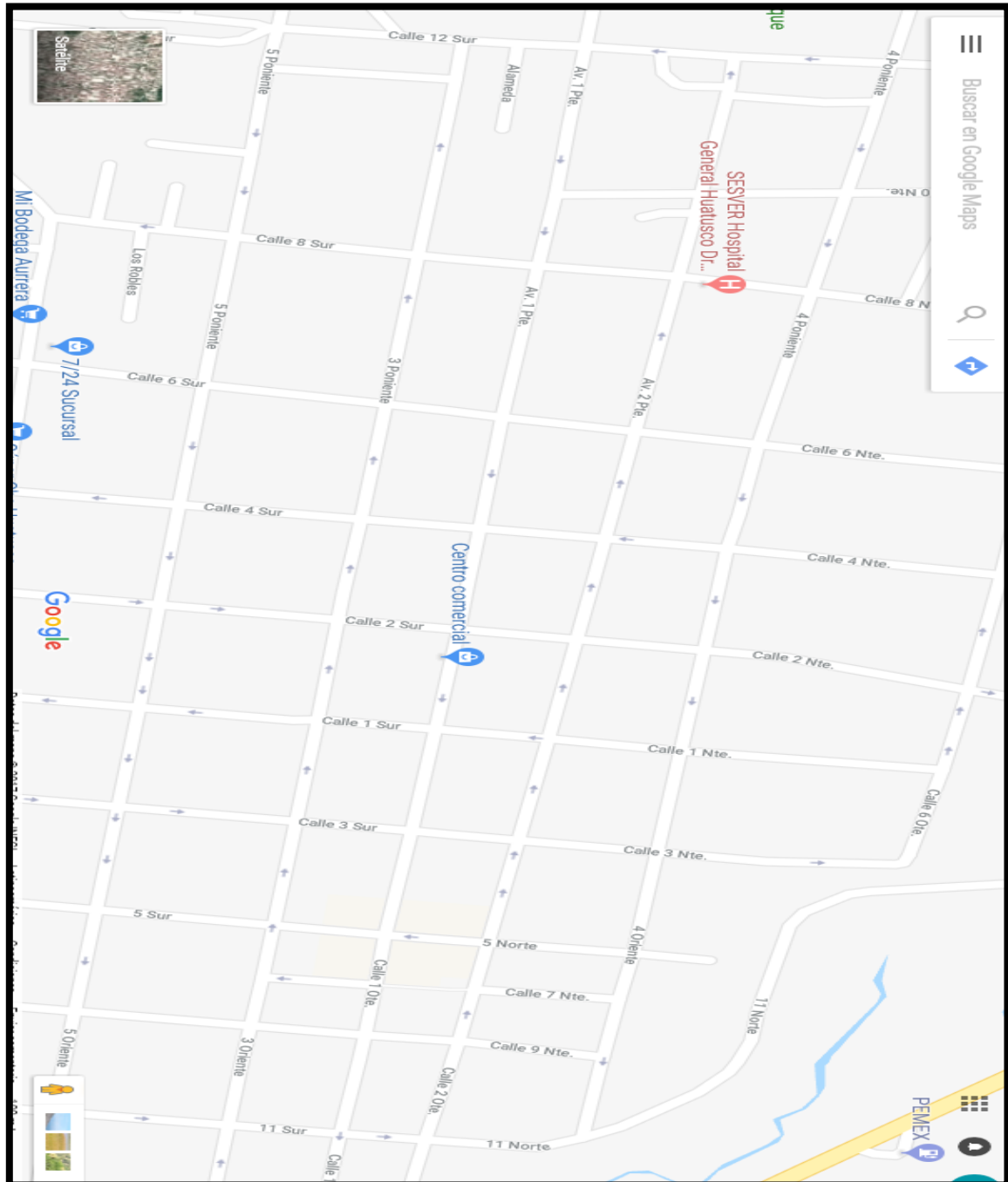
Datos arrojados por un programa de simulación. Se realizaron 30 réplicas de dos horas.



F. Comparación de medias del modelo actual y propuesto en puntos críticos

ubicación	MODELO ACTUAL				MODELO PROPUESTO 1X1			
	INDICADORES				INDICADORES			
	Tiempo de espera	Contenido promedio	Máximo contenido	Porcentaje de utilización	Tiempo de espera	Contenido promedio	Máximo contenido	porcentaje de utilización
Av.2, Calle3	0.57	2.99	11	16.64	0.47	2.52	9	14.05
Av.2, Calle1	0.7	4.74	13	24.99	0.49	3.4	10	17.94
Calle1, Av.2	0.49	1.67	8	12.91	0.34	1.2	6	9.3
Av.2, Calle2	0.68	4.9	12	28.84	0.46	3.54	10	20.84
Av.1, Calle2	0.57	3.34	11	18.59	0.47	2.8	9	15.61
Calle2, Av.2	0.45	1.37	7	10.54	0.31	1.01	5	8.46
Av.1, Calle1	0.67	4.03	12	22.41	0.47	2.83	9	15.72
Calle1, Av.1	0.55	1.56	8	14.25	0.29	0.75	5	6.87
Av.1, Calle3	0.68	3.76	11	20.9	0.48	2.56	8	14.23
Calle3, Av.2	0.44	1.7	8	17.04	0.28	1.06	5	10.7
Calle3, Av.1	0.46	1.46	7	13.35	0.29	0.92	5	8.37
Calle2, Av.1	0.47	1.55	8	12.92	0.31	1.03	6	8.58

Este análisis indica que el modelo propuesto tiene mejor desempeño que el actual y sin invertir financieramente en la implementación de dicho sistema. Ya que solo se trata de respetar la señalización.





BIBLIOGRAFÍA

Webster, A. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. México. McGraw-Hill.

Coss Bu, R. (2003). *Simulación un Enfoque Práctico*. México. Limusa- Noriega Editores.

Garcia D., E., García R., H. y Cárdenas B., L. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. México. Pearson Prentice Hall.

Ricardo, C., (2002). *Introducción a la simulación y teoría de colas*. A Coruña Netbiblo, S.L.

Alberto, B., (2003). *Congestión de tránsito: el problema y cómo enfrentarlo*. Santiago de Chile. Nu, Cepal.

Cabrera, H. (2012) *Implementación de un algoritmo para la asignación de tráfico vehicular* (tesis para obtener el título) Universidad Autónoma De México.

García Hernández, M.J. (2017) *Caracterización de las variables que rigen el comportamiento de las vialidades con mayor tráfico vehicular en la ciudad de Huatusco, Veracruz*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Nieto Manzano, D.M. (2017), *Delimitación y muestreo de las vialidades correspondientes al primer plano de la ciudad de Huatusco, Veracruz*. (Para obtener el título de Ingeniero Industrial), Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.



Arroyo, M., (2012) "*Evaluación logística y caracterización de las variables aleatorias que representen el comportamiento del tránsito vehicular en la ciudad de Huatusco, Veracruz*" (Tesis para obtener el título) Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Huatusco, Veracruz.

Sheldon M. Ross (1999). *Simulación* (2ª ed.). México Pearson Prentice Hall.

Google Maps. (01 de Octubre de 2017).

<https://www.google.com.mx/maps/place/Sdtev,+94107+Huatusco,+Veracruz/@19>