

## MODELOS DE ORDENACIÓN DEL TRÁFICO DE LA CIUDAD DE LOJA

## TRAFFIC MANAGEMENT MODELS OF THE CITY OF LOJA

Ángel Antonio Ruiz Pico<sup>(1)</sup>, Karla Johanna Sánchez Jumbo<sup>(1)</sup>, Luis Jhonattan Arteaga Torres<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil, Universidad Técnica Particular de Loja

[aarui7@utpl.edu.ec](mailto:aarui7@utpl.edu.ec), [kisanchez@utpl.edu.ec](mailto:kisanchez@utpl.edu.ec), [ljarteaga@utpl.edu.ec](mailto:ljarteaga@utpl.edu.ec)

Recibido: Diciembre, 2018 Aceptado: Marzo, 2019

### RESUMEN

En los últimos años se ha producido un crecimiento acelerado de la población de algunas ciudades del Ecuador, entre ellas la ciudad de Loja. Este aumento en el número de habitantes lleva asociado el incremento en el parque automotor que ha creado una amplia gama de problemas de tráfico, debido entre otros a la inadecuada re-programación y calibración de los semáforos existentes. Esto produce una aglomeración vehicular sobre todo en las horas pico que se evidencia no sólo en el centro sino en toda ciudad.

Con la finalidad de presentar una solución a los problemas de tráfico de la ciudad de Loja, se ha desarrollado un proyecto que tiene como objetivos organizar y distribuir el flujo vehicular de acuerdo a la necesidad y al espacio disponible en las vías públicas. Para ello se han desarrollado 2 modelos de ordenación del tráfico que atienden a 2 situaciones de la ciudad.

El proyecto se inicia mediante la realización de un catastro de la señalética vertical y horizontal con información georreferenciada. Asimismo, se realizó un estudio de la situación actual del tráfico de la ciudad a partir de aforos vehiculares en puntos estratégicos y encuestas origen-destino con recopilación de información de tramos intermedios.

Con esta información se establecieron modelos de tráfico para 2 escenarios: (1) modelización del estado actual del tráfico en la ciudad y calibración de los semáforos para esta situación y (2) inclusión del proyecto de Regeneración Urbana que implica la peatonalización de varias calles modelizando esa situación y calibración de los semáforos para este escenario. Finalmente se realizaron 3 análisis microscópicos en puntos conflictivos que conllevan la resolución del conflicto.

El resultado de los modelos calibrados y de los análisis microscópicos implica una solución óptima que resuelve los problemas de tráfico de la ciudad de Loja.

**Palabras claves:** Tráfico, aforos, encuestas, georreferenciada, calibración, modelos, microscópicos, análisis, solución.

## ABSTRACT

In the last years a rapid growth of the population of some cities in Ecuador, has happened, and Loja city is not the exception. This increase in the number of inhabitants has been associated with the increase in the number of vehicles, which has created a wide range of traffic problems, due to improper re-programming and calibration of existing traffic lights. This problem produces a vehicular agglomeration especially during peak hours, which is evident not only in downtown but in the whole city.

In order to present a solution to traffic problems in the city of Loja, we have developed a project that aims to organize and distribute the traffic flow according to the need and the available space on public roads. For this reason 2 models of traffic management, have been developed, which serve two situations in the city.

The project began by conducting an inventory of the vertical and horizontal signage with geo-referenced information. Also, a study of the current situation of city traffic from vehicular traffic counts at strategic points and origin-destination surveys with information gathering intermediate sections, was performed.

With this information, two traffic patterns scenarios were established: (1) modeling the current state of traffic in the city and calibration of traffic lights for this situation and (2) inclusion of urban regeneration project involving pedestrianization of several streets by modeling that situation and calibration of traffic lights for this scenario. Finally three microscopic spots analysis involving conflict resolution, were made.

The result of calibrated models and microscopic analysis implies an optimal solution that solves traffic problems in the city of Loja.

**Keywords:** Traffic, traffic counts, surveys, geo-referenced, calibration models, microscopic, analysis, solution.

## 1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la situación actual del tráfico de la ciudad de Loja, con demoras y atascos vehiculares en las principales vías del centro de la ciudad, se plantea la necesidad de ordenar el tráfico mediante el establecimiento de modelos de su funcionamiento.

La semaforización es la alternativa más eficaz para organizar el tráfico, para lo cual se realizó una calibración mediante el ajuste en la periodicidad de los semáforos existentes en la ciudad. Además, se establecieron 5000 encuestas (O-D) con adquisición de información de las calles intermedias por las que pretendían pasar los conductores. También se realizaron 76 aforos en puntos estratégicos de la ciudad para establecer los volúmenes de tráfico (Manual de señalización de tráfico, 2012).

Para la calibración de la periodicidad de los semáforos se utilizó dos métodos, un método manual de Webster, que se fundamenta en el estudio de 100 intersecciones en la ciudad de Londres cuyo análisis permitió concluir sobre las influencias que ejerce sobre el tránsito o el flujo de saturación algunos aspectos como: anchura del acceso, composición del tránsito vehicular, tránsito de giro a izquierda, tránsito de giro a derecha, presencia de vehículos estacionados sobre la vía y características generales del entorno a la intersección en diseño (Cal & Cárdenas Grisales, 1994).

La calibración también fue realizada de forma semiautomática mediante la aplicación de un software comercial.

Existe una diversidad de métodos para realizar encuestas (O-D). En el proyecto se utiliza el método de encuestas directas (NEVI-12, 2013).

Para determinar los volúmenes de tráfico se realizaron varios aforos en puntos estratégicos de la ciudad. Se realizaron conteos manuales de vehículos según correspondían a tráfico ligero, semipesado o pesado.

Se disponen de varios tipos de software que simulan diferentes escenarios del tráfico de una ciudad o una intersección, como Synchro, Aimsun y Transyt, basados en distintos modelos de simulación, que mejoran el proceso de toma de decisiones para la ordenación del tráfico. Se utilizó Synchro 8, programa interactivo que modela la red vial usando enlaces y nodos mediante la metodología del Highway Capacity 2010 Manual (HCM 2010).

En la Sección I se presentan los lineamientos básicos para el desarrollo del proyecto. En la sección II la metodología empleada. En la sección III el análisis de resultados. Finalmente, en la sección IV las conclusiones más relevantes del proyecto.

## **2. METODOLOGÍA**

El presente proyecto se dividió en 3 fases.

La primera fase del proyecto corresponde a la recopilación de información que incluye fotografías aéreas, mapas y planos. Esta información sirvió de base para la creación del modelo (Briseño, 2016).

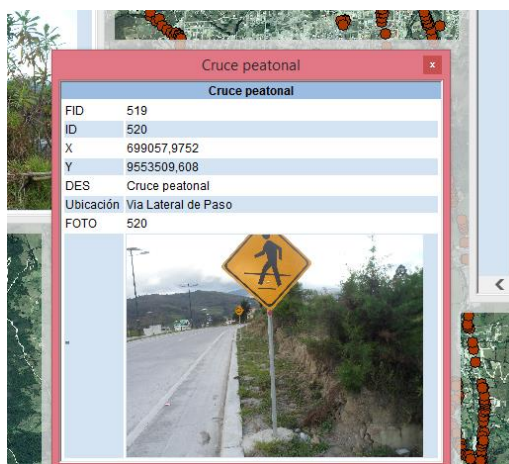
Se realizó un catastro mediante el levantamiento de la señalética vertical y horizontal de la ciudad, Entre la información adquirida se recogieron las coordenadas X-Y de cada señal de tráfico. Para ello se ha utilizado un equipo GPS modelo GNSS Leica Viva Uno constituido por un receptor GNSS 10 y una

antena externa (GPS.GOV, 2016). Además se recogió información relativa al tipo de señal, estado funcional, fotografía y descripción general.

Las señales fueron agrupadas en Informativa, Luminosa, Preventiva y Reglamentaria, teniendo en cuenta lo dispuesto por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), así como el estado en el que se encuentra cada una, y su respectiva descripción de acuerdo a lo establecido por la ANT.

Con toda la información se diseñó una base de datos georreferenciada.

La figura 1 muestra la señalética con su respectiva fotografía e información adicional entre la que se contempla su estado desarrollando una base de datos en un SIG.



**Figura 1** Base de datos de la señalética georreferenciada en un SIG.

La segunda fase corresponde a la calibración de los semáforos de la ciudad, para lo cual se desarrollaron encuestas (O-D) y aforos vehiculares.

Se diseñó un tipo de encuesta (O-D) en base a las especificaciones de la normativa NEVI, y se llevó a cabo en 45 puntos estratégicos del centro de la ciudad así como en las entradas y salidas de la misma. En las encuesta se recoge información relativa al origen, recorrido y destino del viaje.

Para calcular el tamaño de la muestra que se encuestó se tomó en cuenta las siguientes características:

- La población de la Ciudad de Loja es de 170280 hab.
- La probabilidad que la hipótesis sea verdadera es del 50%, debido a que no se cuenta con datos de encuestas que se hayan realizado previamente.
- El nivel de confianza de la investigación es del 98.3%, con el fin de obtener un error entre el 1% y 2%.

Para determinar la muestra representativa se utilizó la ecuación (1), desarrollada por Gabaldón (1980), que permite calcular el tamaño de una muestra en relación a la población, donde la confiabilidad debe estar entre el 95% y 99% (Gabaldón, 1980).

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

ECUACION (1)

Donde:

n= tamaño de la muestra

p= probabilidad que la hipótesis sea verdadera

q= (1-p) probabilidad de no ocurrencia de la hipótesis.

e= error estimado por estudiar una muestra en lugar de toda la población.

Z= coeficiente de confiabilidad (nivel de significancia) que corresponde a una distribución normal según el % de confianza requerida.

En la figura 2 se muestran las estaciones de levantamiento de las encuestas (O-D), donde el color rojo representa el centro de la Ciudad y el color amarillo las entradas y salidas de la Ciudad.

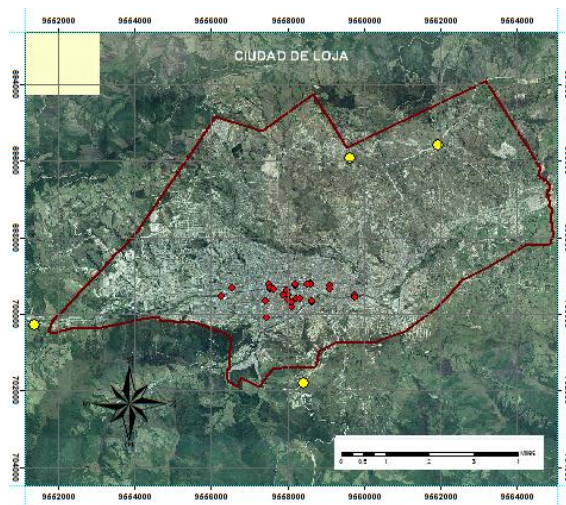


Figura 2 Estaciones de levantamiento de las encuestas (O-D).

La figura 3 muestra el porcentaje de encuestas que fueron desarrolladas en el centro, entradas y salidas de la ciudad.

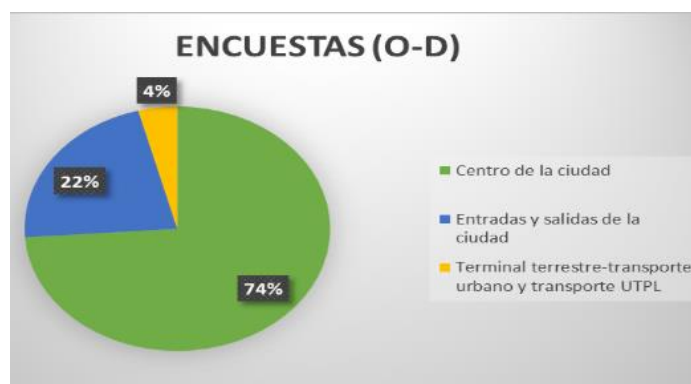
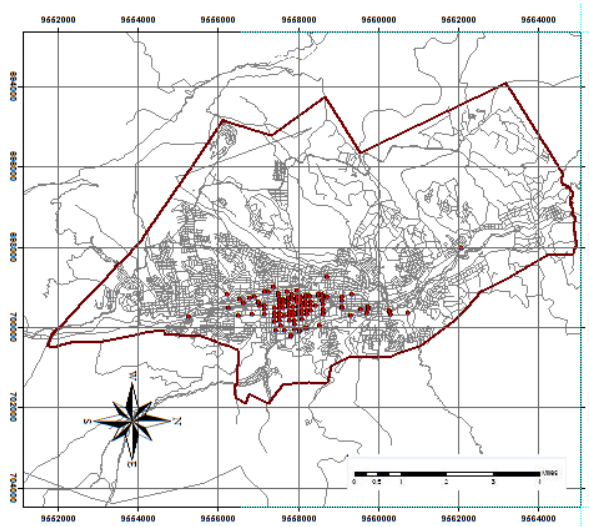


Figura 3 Porcentajes de ejecución de encuestas.

Los aforos vehiculares se realizaron en las intersecciones semaforizadas de la ciudad, de forma manual. Se realizaron durante los meses de octubre de 2015 hasta enero de 2016 a lo largo de todo el día en lapsos de 15 minutos, realizando la respectiva clasificación de acuerdo al tipo de vehículo: liviano, semipesado y pesado.

En la figura 4 se muestra los puntos de control que se utilizaron como estaciones para la ejecución de aforos vehiculares, dentro del límite urbano de la Ciudad de Loja.



**Figura 4** Estaciones de levantamiento de aforos vehiculares

El principal objetivo de los semáforos es el de dar paso alternadamente al tránsito que cruza por una intersección, permitiendo el uso ordenado del espacio disponible (Valencia Alaix, 2000).

Para el cálculo de los tiempos semafóricos se debe tener en cuenta que se trabaja con fases, las cuales deben incluir el mayor número posible de movimientos, ya que de esto depende que la intersección admita un volumen considerable de vehículos.

Los tiempos que se distribuyen en cada fase obedecen al volumen de tránsito por cada movimiento correspondiente.

Para establecer la periodicidad de los semáforos mediante el método manual, se utilizó el método de Webster que se fundamenta en el estudio de 100 intersecciones en la ciudad de Londres cuyo análisis permitió concluir sobre las influencias que ejerce sobre el tránsito o el flujo de saturación algunos aspectos como: Anchura del acceso, composición del tránsito vehicular, tránsito de giro a izquierda, tránsito de giro a derecha, presencia de vehículos estacionados sobre la vía y características generales del entorno a la intersección en diseño.

Webster con base a observaciones de campo y realizando un amplio número de simulaciones de diferentes escenarios del tráfico, dio a conocer la siguiente ecuación, la misma que indica el tiempo mínimo que se necesita en una

intersección semaforizada para que se produzca una demora mínima de los vehículos.

Se tomaron las ecuaciones que consideran el tiempo de ciclo óptimo. El tiempo de ciclo óptimo de los semáforos viene dado por la ecuación (2):

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} \gamma_i} = \frac{1.5L + 5}{1 - \gamma} \quad (2)$$

donde:  $C_o$  es el tiempo óptimo de ciclo en segundos,  $L$  es el tiempo total perdido por ciclo en segundos,  $\gamma_i$  es el máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase  $i$ , y  $\phi$  es el número de fases (Cal & Cárdenas Grisales, 1994).

Se calculó el tiempo óptimo en: tiempo para verde, ámbar, todo rojo y rojo de las 116 intersecciones semaforizadas de la ciudad.

Para la calibración de los semáforos por el método semiautomático se ingresó las características de cada intersección, tales como: (1) número de fases, (2) Tipo de giro, (3) movimientos permitidos, (3) tiempo de verde, (4) tiempo de ámbar, (5) tiempo de todo rojo, (6) tiempo de rojo, con lo que trabaja actualmente la Ciudad de Loja en la plataforma del software utilizado, la plataforma del software cuenta con la geometría de la Ciudad, es decir todas las vías con las que cuenta y los datos de aforos vehiculares de cada una de las intersecciones.

Se realizó una optimización semiautomática de los tiempos de ciclo semafórico de las 116 intersecciones semaforizadas de la Ciudad con el fin de obtener el tiempo óptimo necesario para permitir una circulación continua de los vehículos con retrasos y colas mínimas.

La tercera fase corresponde a la creación de los modelos de ordenación del tráfico. Fueron creados a partir del trazado de los segmentos viales sobre la fotografía aérea georreferenciada de la ciudad.

Se realizó un total de 4 modelos de simulación del tráfico considerando 2 escenarios: (1) el primero corresponde al estado actual. En donde se modeló la situación actual del tráfico y las características actuales del control del tráfico, también se estableció el modelo como resultado de la calibración semafórica. (2) En el segundo escenario se incorporaron los cambios en la ciudad asociados al proyecto de regeneración urbana mediante la incorporación de calles céntricas peatonalizadas o restringidas al tráfico, así como los cambios en los recorridos de los usuarios, los cuales fueron establecidos mediante la aplicación de encuestas y el uso del análisis geo estadístico. En ambos casos se simuló considerando las periodicidades de los semáforos en el estado actual y se realizó el modelo tras la incorporación de la calibración de los semáforos.

Finalmente, se realizó un análisis microscópico en 2 puntos de la ciudad en los que no se produjo una mejora del tráfico tras la realización de la calibración semafórica, en donde en primera instancia se propone el cambio en el tipo de control de tráfico, al pasar de intersección semaforizada a un redondeo, mismo que nos permite una mayor fluidez en cuanto al movimiento vehicular, así mismo en el segundo punto se propone la restricción de entrada a los vehículos al puente de unión entre dos avenidas, lo cual obliga al usuario a hacer uso de los nuevos

puentes de unión, lo cual alivia el tráfico en dicho segmento vial y permite una mayor distribución del tráfico vehicular.

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el catastro de la señalética de ciudad se inventariaron 2282 señales teniendo en cuenta señalización vertical, horizontal y luminosa (semáforos), dentro del casco urbano de la ciudad.

Se desarrollaron un total de 5000 encuestas, 3694 se desarrollaron en el centro de la ciudad de Loja, 1100 en las entradas y salidas de la ciudad y 206 que corresponden al transporte del terminal terrestre, transporte urbano y el transporte de la Universidad técnica particular de Loja (UTPL).

Del total de encuestas realizadas, 3119 fueron realizadas a autos, 1138 fueron realizadas a taxis, 213 a camiones, 369 a bus y buseta y 161 a motocicletas.

Tras el análisis de las encuestas (O-D) se concluye que las vías más transitadas en la ciudad de Loja son: Av. Universitaria, Av. Manuel Agustín Aguirre, Av. Cuxibamba, Av. 8 de Diciembre y las calles 10 de agosto, Bernardo Valdivieso y Cristóbal Colón.

Entre las rutas más transitadas se obtiene que la estación de levantamiento con mayor número de encuestas realizadas es la estación 13 (Av. Cuxibamba y Guaranda), con 227 encuestas, constatando la información de la matriz (O-D).

Del análisis de los aforos vehiculares se concluye que la hora "pico" de la ciudad de Loja es de 12:00am a 13:00pm.

En las intersecciones semaforizadas se observa que el semáforo 58 que correspondiente a la intersección Av. Universitaria y Rocafuerte tiene el mayor número de vehículos (1490). También en el semáforo 5 correspondiente a la Av. Cuxibamba y Guaranda (1448) se observa alta concentración de vehículos. Esto indica nuevamente que estas son las vías más transitadas.

En las calles del centro de la ciudad se observa que el mayor número de vehículos que transitan por las intersecciones semaforizadas son el semáforo 109 que corresponde a la calle Colón y Bernardo Valdivieso con 603 vehículos Y el semáforo 52 que corresponde a la calle 10 de agosto y Bernardo Valdivieso con 488 vehículos.

Para la calibración semiautomática de los semáforos se utilizaron como velocidades de diseño las velocidades mínimas permitidas en la Ciudad, calculando con este valor la configuración semafórica correspondiente al color ámbar y todo rojo, teniendo que en las 116 intersecciones semafóricas se dispone un tiempo de ámbar de 3 segundos y un tiempo de todo rojo de 1 segundo.

El tiempo de ciclo mínimo calculado es de 40 segundos y el máximo de 120 segundos. Se respetan los mínimos y máximos recomendados por el método de Webster.



De las 116 intersecciones semaforizadas, 5 intersecciones trabajan con 3 fases, 1 intersección con 4 fases y 110 intersecciones con 2 fases.

El proyecto de regeneración urbana que se está ejecutando actualmente en la ciudad de Loja lleva asociado el cierre de la calle 10 de agosto desde la Av. Universitaria hasta la calle Simón Bolívar, lo cual implica que 20 semáforos están afectados por el cambio, debido a la reasignación de aforos vehiculares.

Se agregó 3 semáforos peatonales que se ubicaron en las intersecciones entre las calles 18 de Noviembre y 10 de Agosto, Sucre y 10 de Agosto y Bolívar y 10 de Agosto.

#### **a. Simulación de escenarios**

Después de la generación de los escenarios se llevó a cabo la simulación en cada uno de ellos en la hora pico comprendida entre las 12:00 a 13:00. Los resultados fueron los siguientes:

##### **a) Escenario 1**

Situación actual. La simulación muestra que a las afueras de la ciudad no existe problema alguno. Sin embargo esto cambia a medida que nos acercamos al casco céntrico de la ciudad considerada el área comprendida entre las avenidas Universitaria y Emiliano Ortega hasta la calle Lourdes. En esta área se puede observar un gran aumento en lo que respecta a la aglomeración vehicular demarcada por la tonalidad de color en los segmentos viales entre el azul en el mejor de los casos a rojo en tramos críticos. En el análisis de esta situación se observa la presencia de 3 puntos donde los resultados toman valores críticos: (1) el primero en la intersección entre la Av. Santiago de las Montañas, calle Esmeraldas y calle Juan de Velazco, (2) el segundo en la intersección de la Avenida Emiliano Ortega con la calle Juan de salinas y (3) el tercero en la Av. Pio Jaramillo entre la calle Venezuela y la Av. Manuel Benjamín Carrión.

Calibración de los semáforos en la situación actual. Este modelo corresponde al mismo anterior al que se ha aplicado la calibración de los semáforos. Tras el análisis de los resultados se observa un excelente resultado ya que han desaparecido casi la totalidad de los problemas que se generaban anteriormente dentro del casco céntrico dejando a la ciudad con valores bajos y en un funcionamiento óptimo. Sin embargo, de los tres puntos críticos mencionados anteriormente sólo el tercero se resolvió, mientras que los dos primeros no muestran mejora alguna.

##### **b) Escenario 2**

Aplicación del proyecto de Regeneración Urbana y periodicidad de los semáforos actual. Dentro de este escenario se realizó la implementación de los cambios que llevará asociado el proyecto de regeneración urbana: cierre de la calle 10 de Agosto al paso vehicular. Esta decisión influye en gran medida dentro de los problemas existentes, ya que después de la simulación se observó que este escenario presenta mayores índices del tráfico en la calle Colón. Se corrobora con los resultados de las encuestas O-D ya que los usuarios consideran esta opción la más elegida ante el cierre de la 10 de Agosto. En referencia a los puntos críticos anteriormente analizados, se observa que aún no muestran mejoría. A estos

puntos críticos se añaden nuevas zonas conflictivas en la Av. Universitaria y sus entradas y salidas al centro de la ciudad.

Calibración de los semáforos tras la incorporación del proyecto de Regeneración Urbana. Este escenario corresponde al mismo anterior al que se le ha aplicado la optimización de los semáforos. Al analizar los resultados se observa una gran mejora, dejando la ciudad con bajos índices de tráfico a lo largo de toda la ciudad. Al igual que en la optimización del escenario 1 los dos puntos críticos siguen mostrándose sin ninguna mejora por lo que fueron analizados en forma microscópica por separado.

### b. Análisis microscópicos

Tras la realización de las calibraciones semaforicas en los diferentes escenarios se observan punto en los que no se resuelven los problemas de tráfico. En este análisis microscópico se consideran 3 puntos conflictivos en el Escenario 2 referentes al proyecto de regeneración urbana y la calibración en la periodicidad de los semáforos. Tras el resultado de este análisis se propusieron alternativas de mejora que fueron comprobadas en el modelo de simulación.

#### a) Análisis microscópico 1

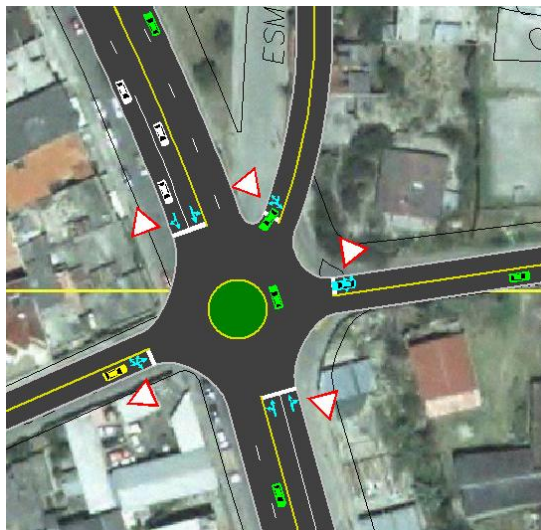
Se analizó en la intersección de la Av. Santiago de las Montañas con las calles Esmeraldas y Juan de Velazco. Se propone como alternativa de solución el cambio del tipo de control de tráfico pasando de intersección semaforizada a un redondel de 6m de radio. Esto mejora la fluidez vehicular y no causa problemas con la propiedad privada de la zona a intervenir. Este cambio permitió que la intersección se encuentre en un estado óptimo de funcionamiento evitando congestión de tráfico y generación de atascos vehiculares.

El la figura 5 se muestra la situación actual del primer punto crítico ubicado en la intersección de la Av. Santiago de las montañas con las calles Esmeraldas y Juan de Velazco. Se observa aglomeraciones en varias calles.



**Figura 5** Primer punto crítico Av. Santiago de las montañas y calle esmeraldas y juan de Velazco

En la figura 6 se muestra el resultado del tráfico tras la aplicación de la propuesta de colocar un redondel de 6.0 m de diámetro.



**Figura 6** Simulación del tráfico tras la colocación de un redondel de 6.0 m de diámetro como propuesta de mejora en el primer punto crítico

#### b) Análisis microscópico 2

Corresponde a La intersección de la Av. Emiliano Ortega y la calle Juan de Salinas. Se propone realizar una prohibición de paso de los vehículos que recorren la calle Juan de Salinas al puente de unión de dicha calle con la calle Daniel Álvarez haciendo uso del nuevo puente extensión de la calle José Félix de Valdivieso. La finalidad es que el puente entre la calle Juan de salinas y Daniel Álvarez, permanezca libre para los vehículos que quieran ingresar desde la Av. Emiliano Ortega hacia la calle Daniel Álvarez, evitando así que dichos vehículos se detengan sobre la intersección y provoquen obstrucciones en el flujo vehicular. En la figura 7 se muestra el segundo punto crítico en el estado actual correspondiente a la intersección de la Av. Emiliano Ortega y calle Juan de Salinas.



**Figura 7** Punto crítico correspondiente a la situación actual ubicado en la intersección de la Av. Emiliano Ortega con la calle Juan de Salinas.

En la figura 8 se muestra el resultado de la simulación tras la incorporación de la alternativa de solución para resolver el conflicto.



**Figura 8** Implementación de la propuesta 2 en el segundo punto crítico.

### c) Análisis microscópico 3

En este punto crítico se propone la implementación de demarcaciones horizontales de rejilla o bloqueo de cruces en las intersecciones, en especial en las que se encuentren en el casco céntrico de la ciudad para evitar bloqueos en las intersecciones y se permita siempre la fluidez vehicular.

En la figura 9 se muestra un ejemplo de implementación de esta propuesta en la calle 18 de Noviembre y Colón.



**Figura 9** Ejemplo de implementación de propuesta 3 a la intersección de las calles 18 de noviembre y Colón.

## 4. CONCLUSIONES

Tras la realización de los modelos de simulación de tráfico de la ciudad en el estado actual y tras incorporar el proyecto de Regeneración Urbana se observa que los semáforos no están sincronizados ni funcionan en red. Se generan retrasos entre 35 segundos y 80 segundos a lo largo del casco urbano de la ciudad, demostrando una inadecuada ordenación del tráfico.

Después de realizar las calibraciones en las periodicidades de los semáforos y tras el análisis de los resultados de los modelos de simulación se observa una optimización del tráfico. Se obtiene como resultado que la mayoría de las intersecciones sólo tiene retrasos menores a los 10 segundos y en menor escala entre 10 segundos y 20 segundos.

Existen 2 intersecciones semaforizadas: (1) en la Av. Emiliano Ortega y calle Juan de Salinas y (2) la Av. Santiago de las Montañas, calle Esmeraldas y calle Juan de Velasco. Tras la realización de los modelos calibrados siguen sin cumplir con la capacidad mínima para despejar la vía Según su geometría y características no pueden ser controladas por un semáforo. En estos puntos críticos se realizaron análisis microscópicos y se propuso una solución pormenorizada que resuelve el problema.

También se ha podido constatar que la colocación de demarcaciones horizontales de rejilla o bloqueo en las intersecciones contribuye a una mejora en la fluidez del tráfico de la ciudad.

En una fase posterior, se trasladarán los resultados del trabajo a la ciudad. Para ello se programarán los semáforos de Loja con los resultados de la calibración automática.

## REFERENCIAS

1. *Manual de señalización de tráfico. (2012). Obtenido de CONASET: [http://www.conaset.cl/manualesenalizacion/document/capitulo4\\_Semaforos.pdf](http://www.conaset.cl/manualesenalizacion/document/capitulo4_Semaforos.pdf)*
2. *Cal, R., & Cárdenas Grisales, J. (1994). Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones. Mexico: Ediciones Alfaomega.*
3. *NEVI-12. (2013). NORMAS PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES. QUITO.*
4. *Briceño, P. (2016). Georreferenciación de las calles y señalética de la ciudad de Loja. Loja*
5. *GPS.GOV. (11 de Enero de 2016). GPS.GOV. Obtenido de El sistema de posicionamiento global: <http://www.gps.gov/>*