



ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE MOVILIDAD SOBRE LA AVENIDA FRANCISCO FERNANDEZ DE CONTRERAS EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER

Andrea Lorena Vergel Romero, Eider López Angarita, Romel Jesús Gallardo Amaya

**Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña, Colombia**

Resumen

El crecimiento incontrolado de las ciudades y el cada vez más creciente uso de vehículos hace que en la mayoría de las ciudades se presenten problemas de congestionamientos, demoras en los tiempos de desplazamiento y un aumento de la accidentalidad, problemática que se presenta principalmente en aquellas vías que son corredores fundamentales para el desplazamiento desde un sector de desarrollo a otro dentro de las ciudades. En el caso de la ciudad de Ocaña, N.S., se tiene un eje vial de suma importancia para la conectividad de la zona norte y centro-sur de esta, este eje vial hace parte además de la vía nacional que comunica a Cúcuta con la zona norte del país, razón por la cual se ha convertido en sector que presenta mucha problemática de movilidad y accidentalidad.

La investigación se realizó con el fin de estudiar, mediante microsimulación, el comportamiento del tránsito que circula por la avenida Francisco Fernández de Contreras, haciendo uso de un modelo adecuado en el software Vissim y analizando las alternativas que disminuyan los índices de congestión, así como también las demoras y colas que se presentan actualmente en las tres intersecciones a nivel que se encuentran sobre este eje vial. La microsimulación es un proceso que permite planificar el tránsito para luego tener mayor certeza en la implementación de medidas de control de este.

Para implementar el modelo en el software se inició con la recolección de la información en campo (estudios de tránsito, estudio de demoras, estudio de velocidades y realización de la topografía a detalle), para luego, con esos datos, obtener la calibración

de un modelo que representara las condiciones actuales de funcionamiento de la vía, para posteriormente implementar alternativas de solución a las problemáticas de movilidad y mediante la microsimulación verificar la efectividad de las mismas. Encontrándose así que era necesario realizar una optimización de los ciclos de los semáforos existentes en una de las intersecciones, la necesidad de implementar nuevos semáforos en la segunda intersección y se verificó que la implementación de una glorieta no era una solución adecuada para la tercera intersección.

Palabras clave: flujo vehicular; movilidad, microsimulación; congestión vehicular

Abstract

The uncontrolled development of cities and the more and more increase use of vehicles, makes that mostly of cities present problems of traffic congestion, delays to move from one point to another and an increase in accidents rate; issue that is present specially in those roads that are critical corridors for movement from one development sector to another one, inside cities. In this case the Ocaña's city has a very important road axis to the connectivity with the nord and central- southern zone. This road axis, besides, is part of the national road that communicates Cucuta with the nord zone of the country, reason for which is the sector that has more issues of mobility and road accidents.

The research was made with the objective of study, trough Micro-simulation, the transit behavior that drive along Francisco Fernandez de Contreras avenue, using one adequate model with the Vissim software and analysing the alternatives that reduce the traffic congestion indices, so as the delays that actually present the three intersections found it on this road axis. The micro- simulation is a process that allows plan the transit to later has certain in the implementation of control meausres.

To apply the software model it started with the info gathering on the field (transit studies, delays studies, speed studies and realization of detailed topography), to later with these data, obtain one model calibration that will represent the current conditions of operation of thr road, to subsequently implement alternative solutions to the movement issues and through micro- simulation verify the efficacy of these. Found it so, it was neccesary do a loop's optimizations of the existent traffic lights in one of the intersections, the neccesity of apply news traffic lights in the second intersection and it was verified that the implementation of one roundabout was not the correct solution to the third intersection.

Keywords: vehicular flow; mobilityl; microsimulation; vehicular congestion

1. Introducción

Los sistemas viales que permiten la comunicación en las urbes y entre estas, están conformados por varios elementos, entre los que se tienen las intersecciones a nivel o desnivel, estas en su mayoría son zonas de conflicto vehicular debido a que permiten realizar giros para cambio de dirección o brindar una integración de nuevos vehículos

al sistema, lo cual crea consigo problemas de movilidad relacionados con congestión, mayores tiempos de viaje, demoras, aumento de la accidentalidad, mayores emisiones de gases, disminución de niveles de servicio y demás relacionados (Suárez, 2007).

Actualmente la Avenida Francisco Fernández de Contreras es una de los corredores viales más importantes de la ciudad de Ocaña N.S., ya que es una vía doble calzada con separador central, por la cual transitan altos flujos vehiculares, tanto de vehículos livianos como de carga, debido a que es un intercomunicador vial entra la zona Norte y el resto de la ciudad, así mismo pertenece a la Ruta Nacional que comunica a Cúcuta con el Norte de país.

Esta investigación permitió calibrar un modelo de microsimulación con el software VISSIM sobre el tramo de estudio, evaluando la situación actual del tránsito y el planteamiento de alternativas que pueden mejorar las condiciones de movilidad sobre este importante corredor vial.

2. Metodología

El objetivo de la investigación fue analizar el comportamiento del flujo vehicular actual en la avenida Francisco Fernández de Contreras de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander, para estudiar las problemáticas que se presentan y plantear alternativas de solución.

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en 3 etapas (Useda, *et al.*, 2003):

La primera etapa: En esta etapa se realizó la recolección de la información de campo necesaria para realizar la modelación, incluyó la realización del levantamiento topográfico del tramo vial, conteos vehiculares, estudio de colas y demoras y estudios de velocidades.

La segunda etapa: Se realizó el análisis y validación de la información obtenida en campo, para poder utilizarla en la realización de la microsimulación con el software VISSIM (Vissim, 2008). En dicho software se debió calibrar la situación actual del tránsito mediante el estudio de Colas y Demoras y los volúmenes de tránsito obtenidos en los conteos.

La tercera etapa: Una vez calibrado el modelo y verificado que se obtenían porcentajes de error aceptables, se plantearon alternativas de solución para el manejo de la problemática de movilidad que presenta la vía objeto de estudio y se analizaron los resultados cuantitativos dados por los diferentes modelos, los cuales se analizaron para determinar la mejor alternativa a implementar.

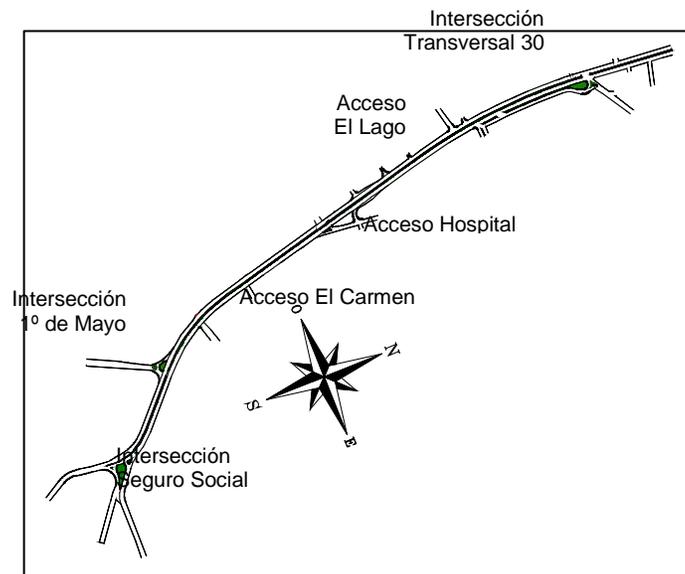
3. Resultados

3.1 Recolección de Información

La información de campo que se recolectó para poder elaborar el modelo en el software Vissim y poder realizar la microsimulación del tramo vial en estudio, para ello de realizaron las siguientes actividades:

- **Levantamiento topográfico.** Se realizó el levantamiento topográfico de la Avenida Francisco Fernández de Contreras Ruta 70 desde el PR 49+200 al PR 50+700 (1.5 km), a lo largo del tramo se realizó el levantamiento de los elementos más representativos como lo son: el separador central, borde de la vía, detalle de intersecciones, detalle de accesos, señalización vertical, semáforos, postes de energía eléctrica, árboles y demás relacionados. En la figura 1 se puede apreciar el tramo vial analizado.

Figura 1. Corredor vial sobre el que se realizó la microsimulación.



Fuente: Autores.

- **Conteos Vehiculares.** Como un insumo indispensable para la calibración del modelo en el software se realizó la medición de los flujos vehiculares (Reilly, et al., 1977), esta fue ejecutada mediante los conteos realizados durante dos días, determinados según comportamiento observado del tráfico, en las jornadas de la mañana, medio día y noche, en las tres (3) intersecciones y los dos (2) principales accesos a la vía, que involucran 17 movimientos diferentes. De lo anterior se obtuvo lo siguiente:
 - a) En el intervalo de 6:00 am a 9:00 am, se encontró la hora pico de 6:45 am a 7:45 am con 3.895 vehículos en la intersección del seguro social.
 - b) En el intervalo de de 11:00 am a 3:00 pm, se encontró la hora pico de 11:45 am a 12:45 pm con 5.426 vehículos en la intersección del seguro social.

- c) En el intervalo de 5:00 pm a 8:00 pm, se encontró la hora pico de 5:30 pm a 6:30 pm con 4.250 vehículos en la intersección del seguro social.

En la tabla 1 se presentan las composiciones vehiculares en porcentaje presentadas en los accesos e intersecciones de sector vial en estudio.

Tabla 1. Composición del tránsito en las intersecciones y accesos al sector vial en estudio.

ACCESO	UBICACIÓN	COMPOSICION VEHICULAR PORCENTAJE								
		AUTOS	COLECTIVOS	BUSES	C2P	C2G	C3-4	C5	≥ C6	MOTOS
1	SEGURO - LLANADAS	29.36%	3.18%	0.00%	1.49%	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	64.90%
2	SEGURO - CIRCUNVALAR	29.56%	4.42%	0.11%	1.40%	1.83%	0.11%	0.32%	0.11%	61.17%
3	PRIMERO DE MAYO	23.33%	9.70%	0.26%	0.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	65.92%
4	CARMEN	14.63%	4.07%	1.63%	2.44%	2.44%	0.00%	0.00%	0.00%	73.17%
5	LAGO	19.67%	5.82%	0.00%	0.00%	0.28%	0.00%	0.00%	0.00%	74.24%
6	COLISEO - AVENIDA	33.60%	5.13%	0.39%	1.90%	1.48%	0.00%	0.00%	0.00%	57.20%
7	COLISEO - RETORNO	26.01%	2.32%	0.44%	0.44%	0.42%	0.00%	0.00%	0.00%	68.94%

Fuente: Autores del proyecto.

3.2 Modelación de la situación actual

Con la ayuda del software Vissim se construyó un modelo de microsimulación (Dowling, *et al.*, 2004) del flujo vehicular, en el cual se integró la información de la geometría del tramo vial, de los aforos vehiculares y su respectiva calibración. Con la información anterior se realizó la simulación de la situación actual del tráfico en la Avenida Francisco Fernández de Contreras, permitiendo el software establecer de forma libre la geometría de la vía, composiciones vehiculares, cantidad de vehículos, comportamiento de conductores, transporte público y rutas de forma particular para el tramo vial de estudio, llegando hasta el punto de que el modelo para la microsimulación se apegue a las condiciones actuales de comportamiento de la vía (calibración del modelo (Brockfeld, *et al.*, 2004). En la figura 2 se aprecia una parte del sector vial en estudio y sus componentes en el modelo implementado en el software (Laufer, 2007).

Figura 2. Modelo para la microsimulación.



Fuente: Autores del proyecto

Para la modelación el software Vissim permite evaluar en el modelo múltiples factores, para el total de vehículos o para el promedio de vehículos; de estos factores se seleccionaron los más importantes como fueron tiempo de viaje, distancia, y demoras, por cada clase de vehículo.

Una vez realizada la modelación y comparando con la información obtenida en campo, se estableció un error en la simulación entre el 15% al 20%, el cual fue calculado comparando los volúmenes aforados y los volúmenes obtenidos en la modelación. Se calcularon los errores relativos obteniendo 3 errores por fuera del rango permitido para los 17 movimientos aforados en las intersecciones, siendo el mayor de estos del 29.84%, aun cuando se obtuvo un error promedio total del 5.23%. Los resultados anteriores se consideraron aceptables, dando por calibrado el modelo.

3.3 Análisis de la problemática y Alternativas

En la modelación se pudo evidenciar que una de las intersecciones con mayor conflicto es la de Primero de Mayo, en segundo lugar la del Seguro Social y la menos conflictiva es la de la Transversal 30; esto mismo es evidenciado en el funcionamiento actual del sector vial en analizado. De acuerdo a estos resultados se plantean soluciones que permitan abordar la problemática encontrada en el sector, para tal fin se propusieron dos posibles alternativas: la alternativa 1 es la semaforización de la intersección de primero de mayo y la alternativa 2 la construcción de una glorieta en la intersección del seguro social, las cuales se complementan con una optimización de los tiempos de los semáforos en la intersección de la Transversal 30. A continuación se detalla cada una de estas alternativas:

- **Modelo de microsimulación número uno (1): semaforización de la intersección del primero de mayo.**

Una de las alternativas para la intersección del primero de mayo es la semaforización de la misma, para lo cual se estableció que debía constar de dos fases: una perteneciente a la Avenida Francisco Fernández de Contreras y la segunda sobre la vía de Primero de Mayo que realiza el retorno a la avenida, ver figura 3.

Figura 3. Fases de la semaforización planteada para la intersección de 1° de Mayo



Para la determinación del tiempo de los ciclos de los semáforos (Cal y Mayor, *et al.*, 2008), se utilizaron los conteos vehiculares de este sector para cada fase como se detalla en la tabla 2.

Tabla 2. Ciclos propuestos para los semáforos intersección de 1° de Mayo

Fase	Tiempo de verde	Tiempo de amarillo	Tiempo de rojo
Fase 1: Avenida - Centro (ambos sentidos)	25	3	24
Fase 2: 1° de Mayo	15	3	34

Fuente: Autores del proyecto

En complemento a la alternativa anterior, en esta modelación, se optimizaron los ciclos de los semáforos existentes localizados en la intersección de la Transversal 30 (Correa, 2012). Con los ajustes anteriores se realizó la modelación obteniéndose que el modelo estaba comportándose en forma adecuada, teniendo en cuenta que mostraba el mismo flujo vehicular, en composición y cantidad, que se ingresó al modelo de acuerdo a los conteos realizados. Lo anterior permite que se pueda realizar un comparativo entre los datos obtenidos con Vissim para cada uno de las situaciones simuladas.

- **Modelo de microsimulación número dos (2): construcción de una glorieta para la intersección del seguro social.**

Esta alternativa se analizó teniendo en cuenta que fue planteada en un trabajo de grado desarrollado por estudiantes de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en el que se propuso la construcción de una glorieta elíptica en esta intersección, recomendando que “el diseño de la redoma elíptica es la más adecuada y funcional para la movilidad, la seguridad de las personas y la de sus bienes materiales teniendo en cuenta que los radios de giro son menos pronunciados permitiendo mejor flujo vehicular...” (Ibáñez, *et al.*, 2011), ver figura 4.

Se analizó el tramo vial incluyendo esta propuesta y se incorporó al modelo en Vissim, para lo cual requirió, en el modelo, realizar el cierre de uno de los giros en la intersección de 1° de Mayo, para estar acorde a lo planteado en esta alternativa.

Figura 4. Alternativa de Glorieta elíptica para la intersección del Seguro Social



Fuente: Ibáñez Rueda & Ramírez Márquez.

4. Conclusiones

A partir de la microsimulación se pudo apreciar el comportamiento de las condiciones del sector vial bajo estudio y alternativas de optimización. Con este tipo de simulaciones se tiene una herramienta que permite hacer planeación y sobre todo tener cierto grado de certeza a la hora de implementar medidas, siendo una base muy importante para la mejora de las condiciones de movilidad del tránsito y la toma de decisiones.

Una de las medidas a implementar, verificada en las simulaciones 1 y 2, es optimizar los tiempos de los semáforos existentes en la intersección de la Transversal 30, donde se disminuye el tiempo del ciclo de 226 segundos que es el tiempo actual a 120 segundos en la condición optimizada, lo que se refleja en la disminución de un 25.29% en los movimientos que circulan por el retorno de la intersección y en un 16% en los vehículos que transitan sobre la Avenida Francisco Fernández de Contreras.

En la modelación de la primera alternativa, donde se plantea la implementación la semaforización de la intersección de Primero de Mayo, se realizó el comparativo con la situación actual y nos muestra una disminución de 71.9 segundos en las demoras de los vehículos que hacen el retorno hacia la Avenida Francisco Fernández de Contreras, que en porcentaje representa el 67.96%, aunque en el tránsito que circula sobre la Avenida Francisco Fernández de Contreras se genera una restricción de 13.8 segundos de demora, pero esto ayudará a organizar los flujos vehiculares disminuyendo los índices de accidentalidad de esta zona.

En la modelación de la segunda alternativa en la cual se proyectó la construcción de una glorieta de forma elíptica en la intersección del Seguro Social, requiere realizar en la intersección de 1º de Mayo, el cierre del retorno a la Avenida en este punto, eliminando consigo los problemas congestión de este sector, pero que son trasladados a la intersección del Seguro Social, encontrando que las demoras aumentan

considerablemente en los vehículos que se direccionan hacia el centro de la ciudad (Sur de la ciudad) en 61.3 segundos.

Con la implementación de la semaforización del sector de 1° de mayo se controla dicha intersección y se afecta positivamente la intersección del seguro social, mejorando la movilidad de los vehículos provenientes de la zona sur (centro de la ciudad) que ingresan a la avenida.

5. Agradecimiento

Los autores agradecen a la División de Investigación de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, por la financiación de este proyecto de investigación, el cual fue presentado a través del grupo de Investigación en Geotecnia y Medio Ambiente – GIGMA.

6. Referencias

- Brockfeld, E., Kühne, R., & Wagner, P. (2004). Calibration and validation of microscopic traffic flow models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1876), 62-70. Consultado el 10 de junio de 2017 en <http://trrjournalonline.trb.org/doi/abs/10.3141/1876-07>
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones*. Alfaomega Grupo Editor, 8ª Edición, México, pp. 436 – 484.
- Correa, D. E. (2012). *Propuesta metodológica para evaluar intersecciones semaforizadas*. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Católica, Ecuador, p.p. 192. Consultada el 02 de junio de 2017 en <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7904/9.55.001315.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Dowling, R., Skabardonis, A., & Alexiadis, V. (2004). *Traffic analysis toolbox volume III: guidelines for applying traffic microsimulation modeling software* (No. FHWA-HRT-04-040). Consultado el 05 de junio de 2017 en <https://trid.trb.org/view.aspx?id=794930>
- Ibáñez R. y Márquez, A. (2011). *Estudio de movilidad vial en la intersección avenida Francisco Fernández de Contreras – Avenida circunvalar*. Tesis de Pregrado. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña, pp. 135.
- Laufer, J. (2007). *Freeway capacity, saturation flow and the car following behavioural algorithm of the VISSIM microsimulation software*. 30th Australasian Transport Research Forum, Vol. 25. Consultado el 14 de junio de 2017 en http://atrf.info/papers/2007/2007_Laufer.pdf
- Reilly, W. R., & Gardner, C. C. (1977). *Technique for measuring delay at intersections*. *Transportation research record*, 644, 1-7. Consultado el 10 de junio de 2017 en https://www.safetynet.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds%255B%255D=citjournalarticle_483809_38

- Suárez, L. (2007). Análisis y evaluación operacional de intersecciones urbanas mediante microsimulación. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Colombia, pp. 239. Consultado el 22 de junio de 2017 en http://intranet.minas.medellin.unal.edu.co/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=242&limit=8&limitstart=0&order=hits&dir=DESC&Itemid=285
- Useda, C., y Silva, D.J. (2003). Metodología para el análisis de intersecciones semaforizadas. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Ingeniería. Nicaragua, pp. 115. Consultado el 18 de junio de 2017 en <http://biblioteca.mti.gob.ni:8080/docushare/dsweb/Get/Tesis-30/Metodolog%C3%ADa%20para%20el%20an%C3%A1lisis%20de%20intersecciones%20semaforizadas%200711%20TTE-N.pdf>
- Vissim, P.T.V. (2008). 5.10 User Manual. PTV Planung Transport Verkehr AG, Stumpfstraße 1, Karlsruhe, Germany.

Sobre los autores

- **Andrea Lorena Vergel Romero:** Ingeniera Civil Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Docente departamento de Ingeniería Civil UFPS Ocaña. Investigadora Grupo GIGMA UFPS Ocaña. alvergelr@ufpso.edu.co
- **Eider López Angarita:** Ingeniero Civil, Especialista en Interventoría de Obras Civiles de Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Profesional de Apoyo Oficina de Planeación UFPS Ocaña. elopez@ufpso.edu.co
- **Romel Jesús Gallardo Amaya:** Ingeniero Civil, Especialista en Ingeniería Ambiental, Magister en Geotecnia de Universidad Industrial de Santander. Docente asistente del departamento de Ingeniería Civil UFPS Ocaña. Investigador y Director Grupo de Investigación GIGMA UFPS Ocaña. rjgallardo@ufpso.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)