

El modelo de transporte sostenible de Curitiba aplicado a la ciudad de Ambato

Reyes John¹; Aldás Darwin; Reyes Renato³; Geovanny Cujano⁴

¹Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, jonhpreyes@uta.edu.ec

²Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, darwinsaldas@uta.edu.ec

³Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador, crreyes5@utpl.edu.ec

⁴Instituto Tecnológico Superior Vida Nueva, geovanny.cujano@istvidanueva.edu.ec

Resumen: El estudio aplica el modelo de transporte público sostenible de Curitiba de cuatro pasos: generación, distribución, reparto modal y asignación con el fin de estimar el tráfico del transporte público urbano en la ciudad de Ambato. Para ello se utiliza el software de micro simulación VISSIM demostrando que, en una de las vías con mayor afluencia de líneas de transporte público, el tiempo de retraso del transporte público es 13 segundos y tiempo de cola 29 metros. Los resultados muestran que la utilización del sistema de transporte eléctrico de Curitiba permite reducir el consumo energético en 72,47%, mostrando la necesidad de cambio de combustibles fósiles a un sistema eléctrico en un futuro.

Palabras clave: transporte sostenible, modelo de transporte, estimación de tráfico, transporte Ambato.

The Curitiba's sustainable transport model applied at the Ambato city

Abstract: The study applies Curitiba's sustainable public transport model of four steps: generation, distribution, modal split and allocation in order to estimate urban public transport traffic in the city of Ambato. To do this, the VISSIM microsimulation software is used, demonstrating that in one of the busiest routes of public transport, the delay time of public transport is 13 seconds and queue time 29 meters. The results show that the use of Curitiba's electric transport system allows to reduce energy consumption by 72.47%, showing the need to change fossil fuels to an electrical system in the future.

Keywords: sustainable transport, transport model, traffic estimation, Ambato transport

1. INTRODUCCIÓN

La cobertura en América Latina sobre asuntos de transporte ha sido escasa, en la revista “Journal of Transport Geography” de 787 artículos de investigaciones publicados hasta el 2012, solamente doce artículos son desarrollados en Latinoamérica. Una causa puede ser la falta de financiación proporcionada por los gobiernos de América Latina, las empresas, y organizaciones para que los académicos estudien los problemas de transporte. El estudio de los problemas del transporte en Medellín, Colombia, o del norte de México, por

ejemplo, presenta desafíos diferentes en comparación con la investigación en Toronto, Canadá, o Europa oriental.

A pesar de ello algunos gobiernos locales y nacionales en la región están adoptando estrategias para cambiar los paradigmas hacia una trayectoria de crecimiento más sostenible. Estos cambios de paradigmas se pueden resumir en tres tipos de acciones: evitar viajes motorizados largos e innecesarios, cambiar la tendencia de crecimiento de vehículos de motor, y mejorar la tecnología y gestión operativa de las actividades de transporte.

1. jonhpreyes@uta.edu.ec
2. darwinsaldas@uta.edu.ec
3. Experto en el Tema

4. crreyes5@utpl.edu.ec
5. Experto en el Tema

Ahora bien, el interés por la congestión vehicular en Medellín, ciudad del vecino país Colombia ha motivado a la Secretaría de Movilidad de esta zona a lanzar un programa bandera que busca ofrecer un servicio que mejore la calidad y cuidado del medioambiente, sea más eficiente y seguro para el usuario. Entre las actividades de este programa constan el control de las frecuencias, horarios y paradas de los buses; implementar vehículos, paraderos y estaciones accesibles y amigables con el ambiente; mostrar información del recorrido de cada una de las rutas a través de tableros en los paraderos y aplicativos para Smartphone; efectuar subidas y bajadas de pasajeros solamente en paradas predeterminadas ubicadas a 400 metros entre sí; mejorar las vías e infraestructura vial; desarrollar una imagen institucional unificada; el pago del pasaje con dinero electrónico para facilitar el pago de todos los sistemas de transporte.

En una evaluación de las redes de transporte público PTN (por sus siglas en inglés) primero se define una serie de rutas como candidatas basado en (i) sus niveles iniciales de saturación en términos de volumen a las ratios de capacidad y (ii) la sobrecarga en términos del aumento de la saturación que ocurre debido a la interrupción. Luego el efecto de aumento de la capacidad es evaluado para cada ruta candidata mediante la comparación de los impactos de interrupción con y sin aumento de la capacidad.

Estimar la demanda para un sistema de transporte público es una de las tareas más complicadas de la ingeniería de transporte. El proceso de estimación de demanda en general toma como herramienta el modelo de cuatro etapas. Las etapas del modelo son: 1) Generación: en esta etapa se determinan los orígenes y destinos de los viajes en la zona de estudio. De forma paralela se clasifican los viajes por motivos (trabajo, estudio, entre otros). 2) Distribución: en esta etapa se distribuyen los viajes, entre los orígenes y los destinos, generalmente con un modelo gravitacional. 3) Selección modal: en esta etapa se estima la cantidad de viajes entre orígenes y destinos que utilizarán un modo de transporte particular, por ejemplo vehículo privado. La forma de selección modal normalmente responde a la metodología “logit”. 4) Asignación: esta es la última etapa del modelo y asigna los viajes de un

origen a un destino, en un modo de transporte, a una ruta en particular. Para la asignación, normalmente se utiliza el principio de Wardrop, que establece que las personas (en general conductores en Estados Unidos) seleccionarán la ruta con el menor tiempo de viaje.

Por otro lado la modelización de la capacidad de las líneas de transporte público urbano permite evaluar el tiempo de permanencia en paradas como parámetro más influyente en la capacidad, mediante tres métodos: selección de la metodología de cálculo; método de captación de datos y diseño de muestreo comprobando que el número de pasajeros subidos es determinante en el tiempo de permanencia del autobús en la parada de líneas para lo cual como solución se puede cambiar el método de pago a uno sin contacto en las paradas .

Las ciudades a menudo tienen variantes en la integración del transporte público, pero es difícil determinar cuál es la mejor opción. La decisión puede ser más fácil al hacer una evaluación de las variantes del sistema integrado de transporte público urbano mediante el uso de métodos multicriterios a la ayuda de decisiones. Un ejemplo es el uso del método AHP para ayudar al sistema integrado de transporte público urbano en la ciudad de Cracow.

El enfoque multicriterio a un problema puede dar resultados diferentes en comparación con un enfoque de un solo criterio. El enfoque ANP, como método de toma de decisiones multicriterio garantiza la implementación de enlaces reales y relaciones que existen entre los elementos del modelo.

Un estudio recopila información acerca de los viajes mensuales que realizan las cinco cooperativas que operan de lunes a domingo en Ambato en sus 22 líneas; teniendo que la cooperativa Tungurahua realiza 18907 viajes, seguida por la cooperativa Vía Flores con 5978 viajes, luego la cooperativa Jerpazsol con 5572 viajes, seguida por Los Libertadores con 5040 viajes, por último Unión Ambateña con 996 viajes al mes. Todas estas rutas tienen una frecuencia de tiempo entre 5 y 10 minutos, (Xiaodan & Junhao, 2014), pero a pesar de la cantidad de recorridos hay rutas más rentables que otras y en las cuales existe mayor número de

dificultades y en donde por obvias razones los problemas con el servicio también deberían agudizarse, sobre los cuales implementar planes de mejora. La mayor concurrencia de usuarios es hacia la ruta Terremoto (32.1%), seguida de la línea a Montalvo (11.2%), Picaihua con (10.2%), Pinllo con (9.9%), la línea de Letamendi (8.9%), San Antonio (7.6%). Ahora bien, el i.

El transporte representa un elemento importante en el desarrollo de la sociedad, pero la acelerada urbanización y el crecimiento demográfico causa congestión vehicular en las vías, aumento de los tiempos de viaje, reducción de la velocidad promedio de viaje, irregularidades en la operación del sistema de transporte público, entre otros. Además, los patrones de transporte actuales basados en fuentes de energía fósiles generan impactos sociales, económicos y ambientales negativos (Dalkmann & Sakamoto, 2011).

Existen nueve opciones para reducir estos impactos y promover el transporte urbano sostenible en ciudades medianas de países en desarrollo: infraestructura vial, transporte público basado en rieles, transporte público por carretera, apoyo a modos de viaje no motorizados, soluciones tecnológicas, campañas de sensibilización, mecanismos de fijación de precios, restricciones de acceso vehicular y control de uso de suelos (Pojani & Stead, 2015).

El transporte público por carretera es quizás el punto clave para el crecimiento económico de las ciudades en desarrollo. El tránsito rápido por bus (BRT, por sus siglas en inglés) se ha implementado como nuevo sistema en ciudades donde las otras opciones no son posibles. El BRT surgido en Curitiba, ha sido ejemplo para otras ciudades como Quito, Bogotá, Pereira, Sao Paulo, Santiago de Chile, Guayaquil demostrando ser una solución eficiente y sostenible en ciudades congestionadas (Jirón, 2013).

En la ciudad de Ambato la congestión vehicular se percibe fácilmente, sobre todo en las horas pico. Actualmente 430 buses de transporte público transitan en la ciudad y 5000 vehículos al año se agregan al parque automotor. Además su geografía montañosa e irregular, y su definición urbana centralizada dificultan la implementación de un plan de transporte adecuado. Todo esto genera

consecuencias como la congestión vehicular, contaminación ambiental por emisiones de CO₂ y ruido, accidentes de tránsito y usuarios insatisfechos. (El Telégrafo, 2014).

Este estudio propone adaptar el modelo de transporte sostenible de Curitiba; como parte de la búsqueda del transporte sostenible y ecológico en la ciudad de Ambato.

Los modelos de transporte son herramientas que proveen un marco de referencia sistemático para representar cómo la demanda de viajes cambia en respuesta a diferentes presunciones y permiten la evaluación de las ventajas y desventajas de diferentes alternativas de transporte. La modelación incluye instrumentos, estrategias y soluciones que influyen en los resultados de congestión vehicular, tiempos y velocidades de viaje (Castiglione, Bradley, & Gliebe, 2015).

En muchos casos la búsqueda de soluciones es muy compleja por lo que se recurre al uso de softwares que facilitan el trabajo de modelación. Por ejemplo Modelación de la simulación de tráfico y Análisis de BRT (Xiaodan & Junhao, 2014) e Influencia del tráfico en VISSIM (He, Zhou, Du, & Ran, 2015) son casos prácticos del uso de simuladores para la modelación del transporte.

En este sentido las políticas públicas de Curitiba buscan abordar el tema de la movilidad urbana de manera integrada presentando un modelo que retrata la situación de movilidad en base a las herramientas de análisis de resultados estableciendo diversos escenarios y simulaciones.

El modelo de transporte de Curitiba denominado de cuatro pasos consta de las siguientes etapas: generación, distribución, reparto modal y asignación de viajes. En un primer momento es estimada la cantidad de viajes que cada región produce y atrae. En secuencia, estos viajes se distribuyen entre las regiones con el fin de determinar el flujo entre cada origen y destino. Por último, los viajes se asignan a la red vial de acuerdo con el camino de menor tiempo entre pares origen-destino (Dominguez, 2015).

2. METODOLOGÍA

El método de adaptación del modelo de Curitiba consta de varias etapas en las que primero se levanta y trata con toda la información disponible incluyendo estudios, proyectos y propuestas previas. Luego se aplica un conjunto de encuestas que guían el desarrollo del modelo de transporte. Al cruzar los resultados de las encuestas con algunas variables, tales como las características socioeconómicas o aspectos físicos y urbanos del uso de suelos, es posible establecer proyecciones futuras para las necesidades de desplazamiento de la población y estimar los cambios en el patrón de viajes.

En seguida es necesario calcular las matrices de origen y destino para la situación de referencia y finalmente simular el comportamiento de la demanda a futuro para diferentes escenarios de oferta de transporte en el software VISSIM.

Población y Muestra, el área de estudio abarca la Avenida 13 de Abril - Atahualpa entre la calle Juan León Mera y la Avenida Los Shyris de la ciudad de Ambato. Esta vía presenta un papel importante en el sistema vial porque permite la conexión entre el centro de la ciudad y la zona sur, y constituye una de las vías con mayor aforo vehicular del sistema de transporte público urbano, por lo que se puede decir que se utilizó un muestreo no probabilístico.

Análisis de los datos, los resultados arrojados son analizados cuantitativamente mediante medidas de tendencia central debido al nivel de intervalo de las variables. De un total de cinco simulaciones se obtienen valores promediados de estimación de tráfico, tiempo de retraso y longitud de cola en las secciones de análisis de acuerdo a la repartición modal.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tiempos de retraso y longitudes de cola son pequeños en las vías, pero altos en las intersecciones; la zona de mayor conflicto se presenta en el carril de giro a la izquierda en la Av.

Atahualpa, pues el ensanchamiento de dos a tres carriles provoca confusión en los conductores, lo que le causa el mayor tiempo de retraso. Por otro lado, la longitud de cola más larga se encuentra en la intersección Av. Atahualpa – Viaducto Yahuirá – 13 de Abril, que puede ser causado por la reducción del ancho de la vía y el estacionamiento de vehículos al costado de la vía, haciendo difícil y lento el trayecto del transporte público (ver Tabla 1).

Tabla 1: *Indicadores de estimación de tráfico vehicular.*

Movimiento	Tiempo de retraso (s)	Longitud de cola (m)
Av. Atahualpa S-N	4,29	0,18
Av. Atahualpa N-S	5,51	10,88
Av. Atahualpa N-S (carril de giro)	38,15	19,63
Av. 13 de Abril – Av. Atahualpa	4,04	15,2
Av. Atahualpa – Av. 13 de Abril	2,19	29,46

Fuente: Propia

El sistema de transporte eléctrico de Curitiba principalmente se compone del bus eléctrico chino BYD XY030 (URBS, 2015) con el cual se reduciría el consumo energético, el coste económico y el impacto medioambiental en la ciudad de Ambato (ver Tabla 2) (Rios, 2016).

Tabla 2: *Indicadores de estimación de tráfico vehicular.*

Sistemas de Transporte	Consumo Energético o Tn Joules	Costo Económico o USD	Impacto Medioambiental Tn CO2
Fósil de Ambato	511,28	3.733,163	34.165,35
Electrificación o Bus BYD de Curitiba	140,66	1.953,748	9.690,98
Reducción	72,47%	47,66%	71,64%

Fuente: (Rios, 2016).

4. CONCLUSIONES

- La aplicación del modelo multimodal de cuatro pasos de Curitiba, en la vía 13 de Abril – Av. Atahualpa en Ambato permite estimar el tráfico de transporte público. El levantamiento de

información sirve como datos de entrada para la simulación del modelo en VISSIM. Los datos arrojados por la simulación permiten establecer estrategias futuras respecto al transporte público urbano en la ciudad.

- La utilización de los vehículos eléctricos del sistema de transporte público de Curitiba basado en el bus chino BYD XY030, en la red de transporte completa de Ambato permitiría reducir el consumo energético anual de 511 TJ (toneladas Joules) a 140,66 TJ, es decir el 72,47%, un ahorro de 47,66% en el coste económico y la reducción del 71,64% en toneladas equivalentes de CO₂ emitidas a la atmósfera.

REFERENCIAS

- Castiglione, J., Bradley, M., & Gliebe, J. (2015). *Activity-Based Travel Demand Models: A Primer*. Washington: TRB.
- Dalkmann, H., & Sakamoto, K. (2011). Transport: Investing in energy and resource efficiency. *United Nations Environment Programme (UNEP)*, 375-411.
- Dominguez, P. (2015). *Un nuevo modelo continuo de asignación de tráfico para el diseño óptimo de redes de transporte urbano (tesis doctoral)*. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.
- El Telégrafo. (9 de Enero de 2014). *Ambato planea un transporte integrado para 2016*. *El Telégrafo*.
- He, Y., Zhou, X., Du, S., & Ran, M. (2015). Traffic Influence of Road Traffic Fire based on VISSIM. *Intelligent Transportation, Big Data and Smart City (ICITBS), 2015 International Conference* (págs. 951-95). IEEE.
- Jirón, P. (2013). *Sustainable urban mobility in Latin America and the Caribbean*. En Taylor, & Francis, *Planning and Design for Sustainable Urban Mobility: Global Report on Human Settlements 2013*. New York: UN- HABITAT.
- Pojani, D., & Stead, D. (2015). *Sustainable urban transport in the Developing World: Beyond Megacities*. *Sustainability*, 7, 7784-7805.
- Rios, A. (2016). *Implicaciones energéticas y medioambientales de la integración de autobuses eléctricos en el sistema de transporte urbano de la ciudad de Ambato*. III Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología Salesiana del Ecuador. Guayaquil.
- URBS. (2015). *Avaliação Comparativa de Novas Tecnologias para Operação no Transporte Coletivo de Curitiba*. Curitiba: URBS.
- Xiaodan, W., & Junhao, H. (2014). *Traffic Simulation Modeling and Analysis of BRT Based on Vissim*. *Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2014 7th International Conference* (págs. 879-882). IEEE.