

## PROPUESTA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA AFORO VEHICULAR

**Julio MONETTI, Micaela CONTRERAS, Martín NAVARRO & Gerardo SEVILLANO**  
**Ingeniería en Sistemas de Información/FR.Mendoza -UTN**  
**{micaela.contreras124, navarromartin762, gero.sevillano, julio.monetti}@gmail.com**

### RESUMEN

El estudio de la circulación vehicular en una ciudad permite determinar la conveniencia en la construcción de nuevas vías, mejorar las existentes, asignar o modificar rutas en el transporte público, determinar controles de tránsito y transporte en sitios y periodos específicos, entre otras. Todo esto tiene como objetivo principal mejorar la calidad de transporte en zonas críticas de la ciudad. Para ello, el presente estudio pretende avanzar con tareas de recolección automática de datos, modelado y simulación para satisfacer este objetivo. Para ello se aborda la construcción de un modelo de datos robusto que permita mantener la información actualizada en todo momento.

**Palabras clave:** tráfico vehicular, microsimulación.

### CONTEXTO

El presente trabajo se encuadra en las actividades de investigación y desarrollo del grupo GICAR (Universidad UTN-FRMendoza), el cual proyecta actividades de simulación de tráfico vehicular para la descripción de escenarios particulares. Actualmente el grupo se encuentra organizando el conjunto de datos necesarios para la calibración el modelo. La adquisición de datos conforman dos ejes principales: 1) La descripción de la geometría del área a simular dada por la georeferenciación de calles, cruces, etc; y 2) La descripción del movimiento de vehículos (agentes), a lo largo de las diferentes zonas y subzonas de estudio.

### 1. INTRODUCCION

El trabajo se centra en establecer una relación entre la geometría del área de estudio y los datos sobre la circulación de los agentes (ver figura 1). Es menester obtener información acerca del movimiento de los agentes a lo largo de las diferentes zonas de la ciudad, y poder describir fielmente diferentes variables que manifiesten situaciones bajo estudio, como por ejemplo zonas de congestión vehicular, zonas atractoras y generadoras de tráfico, etc.

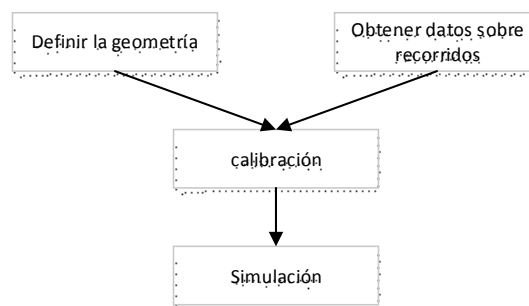


Figura 1. Resumen del proceso de adquisición y modelado de datos para la simulación de la dinámica vehicular.

El aporte de la investigación pretende establecer un modelo de datos que permita un adecuado análisis y procesamiento para facilitar el mantenimiento de la información a lo largo del tiempo.

En la sección 2 se comenta la línea de investigación actual y los resultados parciales obtenidos por el grupo a través de la representación del área de estudio [1][2]. En la sección 3 se mencionan las actividades proyectadas para la recolección de datos provenientes del aforo vehicular. Finalmente se resumen resultados y la planificación del trabajo futuro.

## 2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Se aborda en primer lugar la determinación del área de estudio a través del modelado de datos. El área de estudio esta descrita a través de un grafo dirigido que determina las posibilidades de circulación de los agentes.

Para el modelado del área se prevé la adquisición y procesamiento de datos referentes a cruces y tramos (secciones de calles de esquina a esquina). Estos datos georeferenciados representan uno de las principales entradas al sistema de simulación propuesto.

En una primera instancia, los autores no contaron con datos específicos suficientes para describir el escenario a ser simulado, puesto que, por ejemplo, la adquisición directa de esta información a partir de los mapas digitales alojados en dispositivos GPS comunes en el mercado no resultó factible. Por esta razón se han propuesto diferentes metodologías para la obtención de dicha información. En [1] se utilizó información proveniente de una traza GPS proveniente de un vehículo en circulación para delinear el paso entre esquinas contiguas, proceso a través del cual se concluye con la direccionalidad de cada tramo. Esta metodología brinda resultados aceptables, pudiendo enlistar pares ordenados (*esquina origen, esquina destino*) para la conformación del grafo. Sin embargo, el procedimiento resulta poco práctico, ya que es necesario recorrer la totalidad del área de estudio para obtener todos los pares ordenados. Es en base a esto que se aborda la consulta automatizada de una base de datos abierta y disponible en Internet: OSM (*Open Street Maps*) [2], con lo cual se torna necesario definir un sistema capaz de reconocer el formato de los datos obtenidos, y la posterior explotación de los mismos. Luego esta información ya procesada es transferida a una base de datos relacional para un acceso más adecuado.

El procesamiento principal radica en la generación de un modelo de datos orientado a objetos a partir del modelo jerárquico provisto por OSM (archivo XML). Se realiza un preprocesamiento sobre el archivo XML para

obtener una lista de nodos (cruces) y aristas (tramos) ordenados adecuadamente, para lo cual se utiliza una API provista por el proyecto OSM, que es enlazada con el conjunto de algoritmos desarrollados por el grupo. A fin de complementar la funcionalidad provista por esta API, se desarrollan algoritmos que posibilitan, entre otras cosas, determinar distancias entre puntos consecutivos. Esto viabiliza asegurar la proximidad de dos nodos contiguos, descartar puntos discordantes, nodos repetidos en el conjunto de datos, etc. En este momento el grupo encuentra que es necesario un análisis previo de los datos y la confección de algoritmos de refinamiento de los datos.

Esta información se complementa con la zonificación de las diferentes subáreas, brindando a cada una de ellas un código de zona. La división política de las zonas, así también como los límites naturales - vías ferroviarias, ríos, carreteras principales, etc. - son considerados delimitadores de zonas. (En futuros trabajos se considerará el tamaño de la zona de acuerdo a la densidad poblacional.). Otro criterio válido es la determinación de zonas y su tamaño en función del tiempo que tarda un agente en transitar a través de ella.

Una vez descrita las posibilidades de circulación a través del grafo, es necesario el modelado de información sobre las características dinámicas del modelo: la circulación de los agentes.

## 3. AFORO VEHICULAR

En ingeniería de tránsito existe una amplia gama de metodologías para la realización de encuestas y conteo [3], que asisten al analista en el entendimiento de la dinámica dada en el transporte. En trabajos de campo previos se observa que muchos de los estudios son intervencionistas, esto es: el conteo afecta directamente el flujo vehicular, situación que es analizada en la confección de las encuestas origen-destino propuestas.

Se consideran en primer lugar los fundamentos teóricos del tráfico, y las características de circulación. El campo de aplicación de los

datos obtenidos en el aforo es sumamente extenso y aplicable por diferentes organismos dedicados al estudio de la dinámica vehicular. Es por ello que sea cual fuere la metodología de recolección adoptada se requieren delinear protocolos que aseguren la confiabilidad de los datos.

Para este estudio, el principal objetivo del conteo es la determinación de volúmenes de tránsito en la red vehicular. Luego, el conocimiento del volumen y tipo de vehículos que circulan en la red permite determinar entre otras variables, el grado de congestionamiento por zona, condiciones de espera por tramo, y la evolución del transporte en general.

Como se mencionó anteriormente, existen diferentes modalidades para la recolección de datos, dependiendo de los objetivos del estudio cual se adopta. Se abordan especialmente en este estudio dos tipos de recolección de datos:

### 1. Encuestas origen-destino.

Corresponde a la interpelación del agente sobre el recorrido a realizar.

### 2. Conteo *in-situ*.

Corresponde al conteo vehicular clásico, donde el recolector de datos se ubica en una intersección, y a través de planillas previamente confeccionadas asienta la cuenta de vehículos.

## 2.1 Encuestas Origen-Destino.

En primer lugar, y teniendo en cuenta el análisis de encuestas realizadas con anterioridad y provenientes de la literatura, el grupo realiza un diseño que resulta de utilidad para el estudio proyectado. En la mayoría de los casos resulta imposible llevar a cabo una encuesta de la totalidad de agentes circulando, por lo que se torna necesario un correcto procesamiento estadístico de la muestras. Por otro lado se presumen ciertos los datos aportados por el agente, confiando en sus respuestas, lo que conlleva a realizar las mismas de una manera simple e imparcial.

De acuerdo a las características de recolección de datos, donde posiblemente la encuesta deba

ser respondida por agentes que se encuentra circulando, se propone un modelo de encuesta desdoblada en dos partes, compuesta por una *información primaria*, y una *información secundaria*. La primera corresponde a la indagación sobre la dirección origen y dirección destino (compuesta por los datos *calle, número, localidad*), y el día, hora y periodicidad del viaje. Esta información permite configurar directamente algunas de las variables más importantes para la simulación: *centros generadores y atractores de viajes*. La figura 2 muestra en forma gráfica dos centros atractores de flujo vehicular.

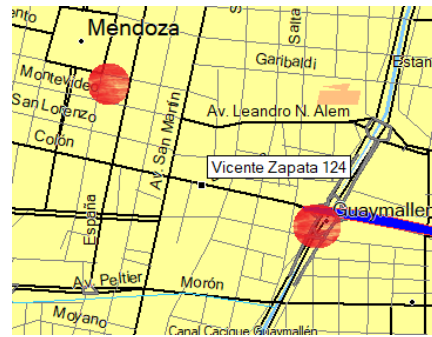


Figura 2. Los círculos rojos muestran centros atractores de viajes.

Los puntos intermedios de circulación entre origen y destino pueden ser obtenidos a través del procesamiento del grafo dirigido descrito en la sección 2.

La recolección y procesamiento de los datos secundarios no es crítica, pero permite en el caso de ser obtenida ajustar mejor la información procesada. En la segunda parte de la encuesta se incorporan preguntas que requieren que el entrevistado mencione puntos intermedios y/o alternativos de circulación para el viaje en cuestión.

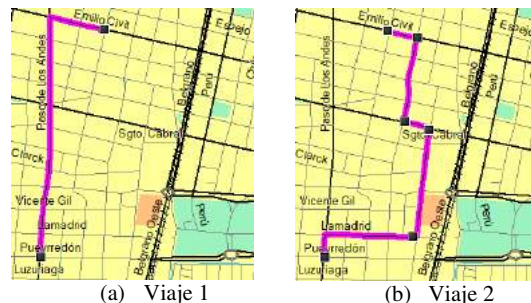


Figura 3. Caminos alternativos entre origen y destino

Conforman también el conjunto de datos secundarios

- el número y tipo de viajes,
- el propósito del viaje,
- el costo del viaje ,
- el tiempo esperado de viaje,
- el número de pasajeros movilizados,
- etc.

Resulta de especial importancia definir el lugar y el método para la recolección de datos a través de la encuesta. Como se comentó en párrafos anteriores, la encuesta realizada en la vía pública a agentes en circulación conduce a un mayor grado de incertidumbre en los datos, debido a la demora en que incurre el agente. Existen experiencias de encuestas realizadas en hogares, a través de medios postales, de forma automática o semiautomática en la detección de etiquetas ubicadas en el vehículo, entre otras.

En el momento de la redacción del presente documento, los autores evalúan las diferentes posibilidades, volcando un especial interés en la realización de las encuestas en el lugar laboral del agente, teniendo en cuenta la supervisión y asistencia del organismo responsable de la distribución. Esta metodología se considera adecuada para organismos dependientes de la administración pública, también interesados en los resultados que pueda arrojar la encuesta, con lo cual se logra un natural apoyo en estudio.

Una vez recolectada la información, utilizando uno o varios de los métodos indicados, se procede al procesamiento de los datos (tabulación, sumarización, etc). Entre los procesos automatizados se cuenta la transformación de las direcciones origen y destino en pares de coordenadas, y la inclusión del código de zona a la cual pertenecen. A continuación surge una nueva información volcada en matrices origen-destino. Tales matrices conforman estructuras de datos más complejas si se consideran otras variables emergentes de la encuesta.

Para poder finalmente establecer caminos entre orígenes y destinos particulares, y en forma general entre centros generadores y atractores de tránsito es necesario mapear la información obtenida a través de las encuestas sobre el mapa definido por el grafo dirigido. Es en este momento cuando se consolida la información estática y dinámica.

El uso de GPS complementa esta recolección, convirtiéndose en una herramienta imprescindible para la geolocalización,

## 5 AUTOMATIZACIÓN DEL AFORO

El estudio realizado a través de las encuestas origen-destino se complementa con el aforo vehicular *in-situ* sobre área de interés.

Para lograr mayor velocidad en la adquisición y calidad en el almacenamiento se realiza la programación de aplicaciones que son ser utilizadas *in situ* por los recolectores de dato. Para ello, los autores han desarrollado una aplicación móvil bajo sistema operativo Android (ver figura 4).



Figura 4. Aplicación Móvil. Permite la recolección de datos in-situ, y la transmisión automática al servidor.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS

El trabajo posibilitó la adopción de una base de datos pública, y proveer mecanismos para la evaluación de la calidad de los datos provistos por la misma. A partir de esto, la transformación de dichos datos a partir del archivo XML provisto por OSM, *mapeándolos* en un formato más adecuado para el procesamiento, permitió la creación de un modelo de datos orientado a objetos, el cual es almacenado utilizando una base de datos relacional. Los datos tabulados en la base de datos permitieron al grupo un procesamiento rápido, a través del cual se pudo realizar un procedimiento de filtrado, y así apartar datos de interés: esquinas y caminos datos a través de la secuencialidad de las esquinas. Por otro lado, se ha avanzado en la programación de aplicaciones móviles para la automatización en la toma de datos.

### 4. FORMACION DE RECURSOS

Se trabaja en el departamento de Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN con alumnos del tercer año en temas relacionados al modelado y simulación de flujo vehicular. Con esto se busca promover las actividades de investigación y desarrollo más allá de las actividades curriculares pertenecientes a la carrera.

### 5. BIBLIOGRAFIA

[1] Franco, Ramiro; Monetti, Julio, León, Oscar. Modelado y Simulación Vehicular: Proceso Gradual en la Creación de un Simulador de Tránsito. CONAIISI. 2015. Buenos Aires – Argentina. Sesión de Posters.

[2] Navarro, M; Sbriglio Franco; Monetti, Julio. ENIDI 2017. Open Street Maps: Análisis de una Base de Datos Pública y Propuesta de una Estructura de Datos para la Simulación.

[3] Slinn, M; Matthews, P & Guest, P. Traffic Engineering Design. Principles and Practice.

Segunda Edición. Elsevier. 2005. Italia. ISBN 0 7506 5865 7.

[4] Cal, R., Reyes, M.: Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones 7<sup>a</sup> Edición. Alfaomega. (1995). ISBN: 970-15-0109-8.

[5] Schöbel, A.: Optimization in Public Transportation: Stop Location, Delay Management and Tariff Design in a Public Transportation Network. Georg-August University (Göttingen-Alemania). Springer. USA, (2006). ISBN: 978-0-387-32896-6.