

# Cobertura espacial de los establecimientos educativos en la ciudad de Ibagué

## Spatial coverage of educational institutions in the city of Ibagué

Willian José Campo Torres<sup>1</sup>  
Juan Guillermo Zuluaga Villermo<sup>2</sup>

Recepción: 29/09/2020

Aprobación: 04/11/2020

Publicación: 18/12/2020



### Para citar este artículo:

Campo Torres, W. J., & Zuluaga Villermo, J. G. (2020). Cobertura espacial de los establecimientos educativos en la ciudad de Ibagué. *Indagare*, (8), 188-195. <https://doi.org/10.35707/indagare/816>



<sup>1</sup> Grupo de investigación MYSCO y Grupo de Investigación GMAE. Universidad de Ibagué, Colombia. ORCID: 0000-0002-8909-4933. Correo electrónico: 2520131088@estudiantesunibague.edu.co

<sup>2</sup> Grupo de investigación MYSCO y Grupo de Investigación GMAE. Universidad de Ibagué, Colombia. ORCID: 0000-0002-2236-6279. Correo electrónico: [juan.zuluaga@unibague.edu.co](mailto:juan.zuluaga@unibague.edu.co)

## Resumen

Este artículo presenta los avances de investigación de un análisis de accesibilidad integral en los establecimientos educativos de la ciudad de Ibagué. Estos modelos de accesibilidad han integrado los sistemas de información geográfica para la planificación espacial y la sostenibilidad ambiental de las ciudades. Este proceso se desarrolla en medio de la experiencia investigativa del semillero EnMiBus, de la Universidad de Ibagué, enfocado en temas de transporte público y movilidad urbana.

## Abstract

This article presents the research advances of a comprehensive accessibility analysis in educational institutions in the city of Ibagué. Such accessibility models have integrated geographic information systems for spatial planning and environmental sustainability of cities. This process is developed in the midst of an investigative experience of the research team called *EnMiBus*, from Universidad de Ibagué, which is focused on issues of public transport and urban mobility.



**Palabras claves:** Planificación, sistemas de información geográfica, accesibilidad.

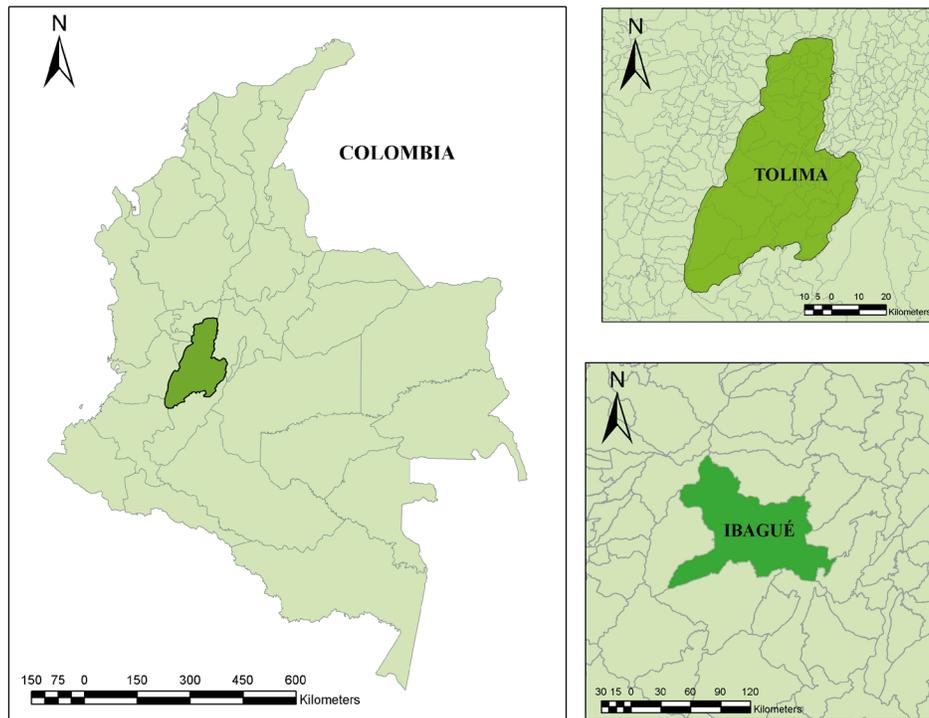
**Key words:** Planning, geographic information systems, accessibility.

## 1. Introducción

Ibagué, capital del departamento del Tolima, se encuentra ubicada geográficamente a una latitud de 4°26'20" norte y longitud de 75°13.933' oeste, en el centro occidente de Colombia (ver Figura 1), sobre la cordillera Central de los Andes entre el cañón del Combeima y el valle del Magdalena, en cercanías del nevado del Tolima y con una altitud de 1 285 m s. n. m. De acuerdo con información del DANE (2018) su área urbana se divide en 13 comunas, mientras que su zona rural comprende más de 17 corregimientos, 144 veredas y 14 inspecciones.

En el municipio de Ibagué, el parque automotor está creciendo día tras día, por lo que estudios de este tipo son importantes para la toma de decisiones públicas, “hoy en día, por las vías de la capital del Tolima circulan alrededor de 199 357 automóviles, motocicletas, buses, taxis, camionetas, camperos y otro tipo de automotores. Cada año, en promedio, entran en circulación al menos 10 000 vehículos nuevos en la ciudad” (Secretaría de Movilidad, 2019, p. 1).

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio Ibagué, Tolima (Colombia)



Fuente: autores

Por tratarse de una red vial urbana de una ciudad intermedia, el medio de transporte que prevalece en Ibagué es el terrestre con un 99 % (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2019). Con el aumento de la población y el crecimiento urbano, se deben proporcionar datos informativos que ayuden a determinar ciertos comportamientos dinámicos en la movilidad urbana. Estas acciones deben incluirse en el concepto de accesibilidad, que vincula la provisión de infraestructura con los servicios integrales brindados bajo la necesidad del movimiento de personas y sus respectivas personalidades. La infraestructura de transporte tiene como objetivo lograr una movilidad con altos estándares, desde las perspectivas de comunicación, seguridad, economía y comodidad. En el estudio de Martínez Sánchez-Mateos (2012), se define la palabra accesibilidad como

“la oportunidad relativa de interacción y contacto” (p. 2), pero en realidad, se asocia con la facilidad de acceso de un sitio a otro. Lo anterior coincide con la explicación de Escobar & García (2012a), que expone las relaciones de la accesibilidad con la variable distancia, de esta con la infraestructura de transporte y la consecuente reducción de tiempo entre dos puntos específicos.

La accesibilidad, independiente del estudio, se categoriza en tres niveles: relativa, integral y global (Izquierdo, 2001). La accesibilidad integral es aquella medida que se toma de un punto que representa las oportunidades de educación, trabajo, salud, recreación, entre otros (Ingram, 1971). En esta investigación se lleva a cabo un análisis de accesibilidad integral, en el que se mide el grado de interconexión de un nodo en particular con los demás nodos de una misma área (Escobar & García, 2012b).

De la misma manera que Burkey (2012) se establece que los factores principales que afectan la accesibilidad son la distribución poblacional, la red de transporte, el número y localización de los nodos. El presente estudio se sustenta en la mejora continua de la movilidad, por medio de la investigación de la accesibilidad media integral, en los establecimientos educativos de la ciudad de Ibagué.

La identificación de las características operativas de la red de infraestructuras de transporte a partir de la diferenciación de velocidades entre vehículo privado, transporte público, bicicleta y acceso peatonal, puede generar soluciones en el contexto de las políticas públicas. Además, el análisis estadístico permitirá incluir nuevas necesidades en puntos críticos de la ciudad. A continuación, se exponen las tres fases del estudio en proceso.

## **2. Construcción de las capas en SIG correspondientes a los puntos de interés primario**

La primera fase se relaciona con la puesta a punto de un Sistema de Información Geográfica (SIG) con toda la capa de datos geográficos, información de la división administrativa de la ciudad, que sean susceptibles de tratamiento estadístico y puedan involucrarse como variables dentro del modelo propuesto. En esta primera etapa se logró la obtención de las capas SIG en el *software* ArcGIS, las cuales contienen la malla vial actualizada con la información georreferenciada y sus respectivas características. Un aspecto que permite que la evaluación de esta investigación sea más precisa, es la clasificación por barrios con su respectiva población.

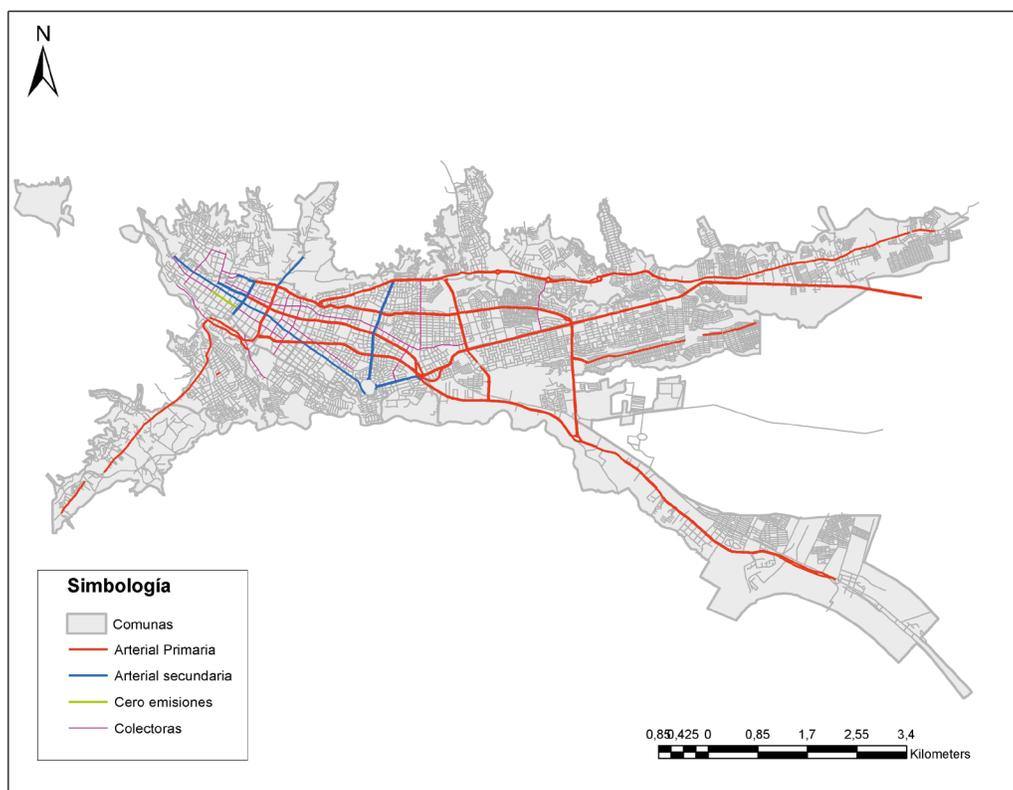
## **3. Construcción de la capa en SIG de la red de infraestructura de transporte**

En la segunda fase se construyó la capa del SIG más importante para el cálculo de la accesibilidad, es decir, la que determina la conectividad entre diferentes puntos de interés, a partir de un origen con destino a centros educativos, médicos, sitios de interés y ocio.

### 3.1. Jerarquización de la malla vial

En esta fase específica se caracterizaron los tramos viales, teniendo en cuenta la clasificación de la ciudad de Ibagué, y su magnitud en arteriales primarias y secundarias, locales y de cero emisiones. De igual manera, se asignaron los sentidos viales para cada uno de los tramos analizados.

Figura 2. Jerarquización de la malla vial en la ciudad de Ibagué



Fuente: autores

### 3.2. Asignación de velocidades GPS y velocidades Funcionales

A partir de Plan Maestro de Movilidad y Espacio Público (C&T, C., & Findeter, 2018) se obtuvieron las velocidades GPS (Global Positioning System) de algunos tramos viales de la ciudad, sin embargo, dicho estudio no cubrió la totalidad de las áreas requeridas. Por esta razón, para las zonas faltantes se establecieron las velocidades funcionales a partir

de la jerarquización del diseño vial: vías principales de 51 km/h, secundarias de 42.5 km/h, colectoras de 43 km/h y 21.25 km/h. En conclusión, cuando se pudo establecer las velocidades GPS se les dio uso prioritario, en los demás casos se analizó la información a partir de velocidades funcionales.

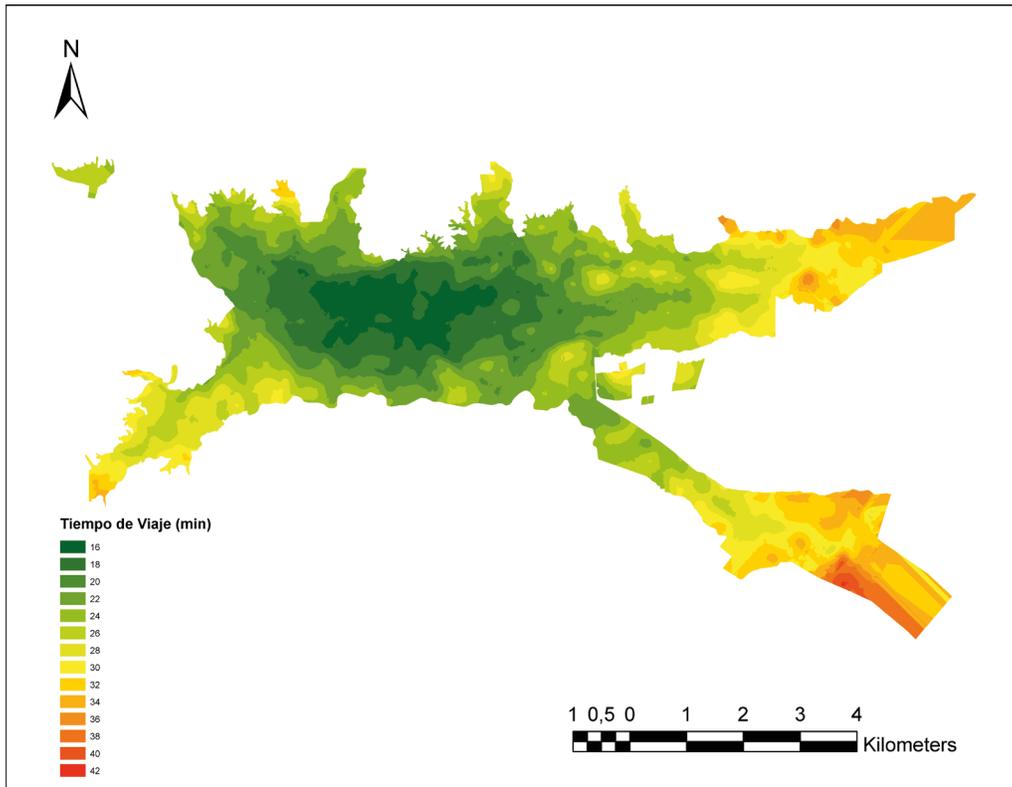
#### **4. Calcular la accesibilidad media integral ofrecida por la red de infraestructura del transporte**

Para definir la accesibilidad integral, en primer lugar, se debe calcular el vector de tiempos de viaje para cada uno de los establecimientos educativos mediante el algoritmo de caminos mínimos de Dijkstra (Wu et al., 2015), que encuentra el recorrido mínimo, en términos de tiempo de viaje, desde cada nodo hacia al nodo objetivo, en este caso los establecimientos educativos. En segundo lugar, se debe obtener un único vector de tiempos de viaje, a partir del tiempo mínimo y el lugar más cercano para cada nodo analizado (Zuluaga & Escobar, 2017). Otro aspecto importante es la construcción de curvas de accesibilidad isócronas, que se obtienen mediante el modelo geoestadístico ordinario de Kriging. Este método ha sido utilizado en varias investigaciones relacionadas con las redes de transporte, encontrando resultados favorables porque es insesgado y minimiza la varianza de estimación (Lindner et al., 2016).

La tercera fase, todavía en proceso, cumple con el objetivo principal del presente proyecto: obtener las curvas isócronas de tiempo medio de viaje de todos los nodos a los nodos de los establecimientos educativos de la ciudad de Ibagué. El resultado preliminar de la investigación determinará los tiempos medios de viaje en los que se encuentra la mayor densidad de instituciones educativas, según su categoría o demás variables que se deseen analizar en su momento. La comparación de estos datos permitirá establecer el ahorro de tiempo generado por un nuevo nodo de actividad y con esto, logra encontrar el rango de tiempo de viaje para establecimientos educativos en la ciudad de Ibagué.



Figura 3. Cálculo accesibilidad media integral en los establecimientos educativos de Ibagué



Fuente: autores

Los tiempos de viaje son asignados por tonalidades en relación con el rango en el que se ubican las instituciones educativas, tal como se muestra en la Figura 3. Esta imagen permite deducir que desde la zona periférica el tiempo de viaje es mayor, el cual oscila entre los 30 y 42 minutos. Además, un 5 % de la población ibaguereña presenta los rangos más críticos en los tiempos de viaje, de 36 a 42 minutos. Esto permite indicar que la malla vial es poco funcional para los barrios perimetrales.

Este estudio servirá para la generación de políticas públicas de movilidad sostenible, directrices enfocadas al beneficio de los peatones, la fluidez de la movilidad y la disminución de los índices de contaminación. De esta manera, este tipo de investigaciones permiten encontrar las falencias en la poca accesibilidad a los establecimientos educativos de la zona perimetral de la ciudad de Ibagué, y generar soluciones alternativas a las necesidades identificadas.

## Referencias

- DANE. (2018). Serie nacional de población por área, sexo y edad para el periodo 2018-2070. Recuperado de <https://bit.ly/2K6xo9j>
- Alcaldía Municipal de Ibagué. (2019). *Plan vial municipal de Ibagué*. Recuperado de <https://bit.ly/39SbxgD>
- Burkey, M. L. (2012). Decomposing geographic accessibility into component parts: Methods and an application to hospitals. *Annals of Regional Science*, 48(3), 783–800. <https://doi.org/10.1007/s00168-010-0415-3>
- C&T, C., & Findeter. (2018). *Plan Maestro de Movilidad y Espacio Público de Ibagué*.
- Escobar, D., & García, F. (2012a). Territorial Accessibility Analysis as a Key Variable for Diagnosis of Urban Mobility: A Case Study Manizales (Colombia). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 48, 1385–1394. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1114>
- Escobar, D. A., & García, F. J. (2012b). *Diagnóstico de la movilidad urbana de manizales*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ingram, D. R. (1971). The concept of accessibility: A search for an operational form. *Regional Studies*, 5 (2), 101–107. <https://doi.org/10.1080/09595237100185131>
- Izquierdo, R. (Ed.). (2001). *Transportes: un enfoque integral*. Madrid, España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.
- Lindner, A., Pitombo, C. S., Rocha, S. S., & Quintanilha, J. A. (2016). Estimation of transit trip production using Factorial Kriging with External Drift: an aggregated data case study. *Geo-Spatial Information Science*, 19(4), 245–254. <https://doi.org/10.1080/10095020.2016.1260811>
- Martínez Sánchez-Mateos, H. (2012). La accesibilidad regional y el efecto territorial de las infraestructuras de transporte. Aplicación en Castilla-La Mancha. *Boletín de la Asociación Española de Geografía*, (59), 79–103. Recuperado de <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1450>
- Secretaría de Movilidad. (2019). *Parque automotor de Ibagué supera los 199.300 vehículos y motocicletas*. Recuperado de <https://bit.ly/383mF7B>
- Wu, Q., Qin, G., & Li, H. (2015). An improved Dijkstra's algorithm application to multi-core processors. *Metallurgical and Mining Industry*, 7(9), 76–81. Recuperado de <https://bit.ly/37BILii>
- Zuluaga, J. D., & Escobar, D. A. (2017). Geomarketing analysis for shopping malls in Manizales (Colombia). Accessibility approach methodology. *Espacios*, 38(21). Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a17v38n21/a17v38n21p20.pdf>