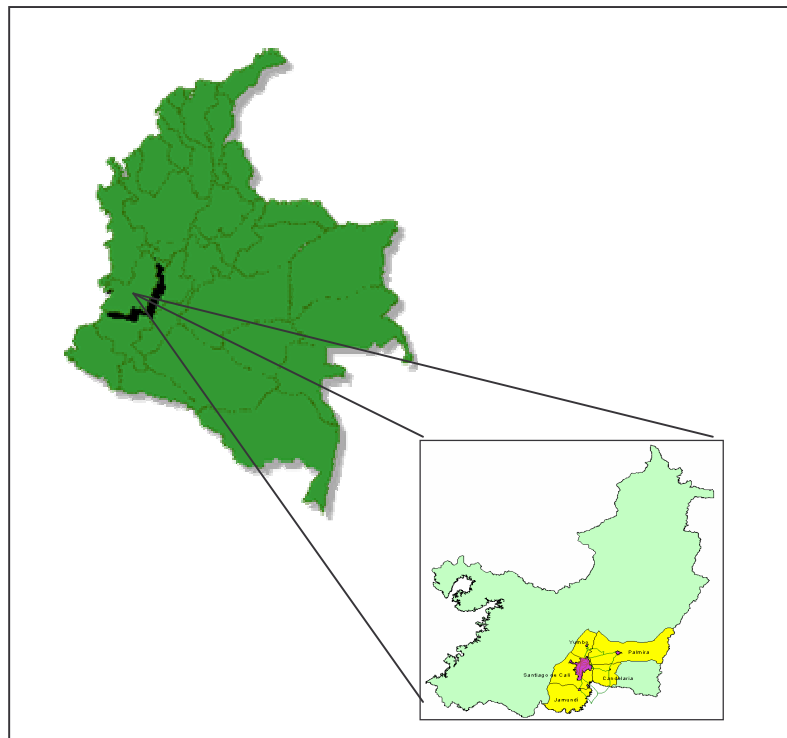


**EJE TEMÁTICO: TERRITORIO Y AMBIENTE**

**ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD VIAL PARA EL  
ÁREA METROPOLITANA DE SANTIAGO DE CALI, COLOMBIA**



**Ing. Ciro Jaramillo Molina - Ing. Jackeline Murillo Hoyos**

Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Universidad del Valle

Calle 13 No. 100 – 00 Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia

[cjaram1@yahoo.com](mailto:cjaram1@yahoo.com) - [jackydico@yahoo.com](mailto:jackydico@yahoo.com)

**Ing. Maria Fernanda García Aladín – Alejandro De Angulo Losada**

Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana

Calle 18 No. 118 – 250, Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia

[mfgarcia@puj.edu.co](mailto:mfgarcia@puj.edu.co) – [alejandrodeangulo@corfivalle.com.co](mailto:alejandrodeangulo@corfivalle.com.co)

## **RESUMEN**

El área metropolitana de Santiago de Cali está formada por los municipios de Palmira, Yumbo, Jamundí y Candelaria, con un área de 2.811 km<sup>2</sup> y una población de 2.754.946 hab., esta área cuenta con un aeropuerto internacional, el segundo en importancia a nivel nacional, y está a una distancia de 128 km del puerto marítimo más importante del país, Buenaventura.

Para esta región se realiza un análisis de Accesibilidad Vial mediante el cálculo de indicadores absolutos de tiempo e indicadores relativos de trazado y trazado-velocidad, orientando el análisis de la accesibilidad en tres niveles: Relativa, Integral y Global. El análisis se ha realizado bajo un sistema de información geográfico facilitando la identificación de zonas con déficit en el sistema vial. Se construyó la cartografía digital de la red vial existente para la conexión del municipio de Santiago de Cali con los núcleos vecinos, dicha red georreferenciada se encuentra asociada a una base de datos en la que se presenta una descripción general de cada corredor. Para el cálculo de los indicadores se construyeron dos matrices, una con distancias reales de recorrido, tiempos y velocidades de operación asociados a dichas distancias y otra con distancias en línea recta, tiempos y velocidades correspondientes. Con esta información se efectúa el cálculo de los índices de accesibilidad para el año base y escenario futuro los cuales se representan en curvas de iso-accesibilidad para facilitar su visualización e interpretación. Se recomienda avanzar en la revisión de la accesibilidad incluyendo distintos modos de transporte, aprovechando la red vial que se ha implementado en la plataforma informática lo que permitiría hacer un análisis conjunto de las redes de infraestructura implementando el concepto intermodal en el transporte.

### **1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES**

En Colombia, a escala regional existen las figuras de las áreas metropolitanas como divisiones territoriales, para la integración de dos o más municipios. Otras formas de división son las Provincias, las Regiones Administrativas y de Planificación, las Regiones Territoriales o las Áreas de desarrollo territorial, aunque todavía son materia de estudio en el proyecto de Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial. Desde finales de los años setenta se han constituido algunas Áreas Metropolitanas en Colombia, todas ellas con anterioridad a la expedición de la Ley 28 de 1994, la cual define a las Áreas Metropolitanas como entidades administrativas formadas por un conjunto de dos o más municipios integrados alrededor de un municipio núcleo o metrópoli, vinculados entre sí por estrechas relaciones de orden físico, económico y social,

que para la programación y coordinación de su desarrollo y para la racional prestación de sus servicios públicos requiere una administración coordinada, aspectos que se cumplen en las áreas metropolitanas ya conformadas por otras ciudades colombianas, entre ellas Santiago de Cali.

En el sur del Valle del Cauca se ha formado un área metropolitana que tiene como núcleo a la ciudad de Santiago de Cali, y como centros circundantes a los municipios de Yumbo, Palmira, Candelaria y Jamundí. Esta área se caracteriza por su crecimiento desordenado y descontrolado, debido a que no existe la integración de los municipios en la figura legal de área metropolitana, y a que no cuenta con herramientas que le permitan realizar una planificación acertada de su territorio.

La situación actual de la ciudad de Santiago de Cali y su área hace prever que la tendencia hasta ahora dada continuará, lo cual debe promover la definición de perspectivas que permitan la consolidación de propuestas del orden productivo, funcional, de servicios públicos, etc., con el fin de estructurar el concepto de ciudad región desde el punto de vista territorial generando conectividad eficiente entre los municipios del área.

De acuerdo a los antecedentes reconocidos para efectuar evaluaciones de accesibilidad es conveniente definir el sistema de transporte regional como un sistema cerrado y los núcleos de población se consideran puntuales, es decir, todos los enlaces y comunicaciones se realizan dentro del sistema, el cual se aísla para estudiarlo por separado y poder analizar su funcionamiento interno. Es evidente que este sistema se encuentra integrado en uno mayor que es la red nacional por lo que habría que estudiar en futuras investigaciones como interacciona el sistema regional de transporte con los de su entorno.

El favorecer la competitividad de una región y la nación requiere el aprovechamiento eficiente de su situación geoestratégica, de su infraestructura física y de servicios, en este sentido, la infraestructura de transporte y su esquema de operación son determinantes del nivel de competitividad. La accesibilidad es una medida de la facilidad o dificultad de comunicación de un punto con respecto a otros puntos de un territorio, utilizando uno o varios modos de transporte. Por lo tanto la accesibilidad es una valiosa herramienta de planificación para las infraestructuras viales actuales y las propuestas por los programas de actuación.

La mayoría de la actividad desarrollada en las áreas urbanas esta asociada al desplazamiento de las personas y mercancías entre diferentes zonas de las ciudades y sus coronas metropolitanas, haciendo uso del sistema vial y las infraestructuras disponibles. Un sistema de transporte eficiente es esencial para la salud económica y la calidad de vida en las regiones urbanas y su entorno. Cuando se analiza la infraestructura presente, así como futuras inversiones y políticas operacionales, los estudios de planificación del sistema de transporte adquieren una importancia estratégica.

En los estudios de planificación urbana y regional se evalúan las modificaciones y ampliaciones del sistema de transporte existente con el objetivo de aliviar los problemas mencionados anteriormente, considerando la utilización de un amplio rango de modos de transporte. El proceso de planificación del tráfico urbano ha sido un proceso evolutivo, en la actualidad se emplean métodos de previsión de la población futura y su distribución, análisis de generación de viajes en relación con las características de las zonas y una planificación sobre una red de transporte lo más completo posible.

Con base en lo anterior se prevé que mediante el cálculo de los niveles de accesibilidad en la red de transporte, el planificador dispondrá de una herramienta que le permitirá: identificar las regiones con menores posibilidades de movilidad, comparar planes alternativos de transporte valorando si sirven al objetivo de equilibrio territorial homogeneizando sus niveles de operación y accesibilidad, evaluar el impacto y consecuencias de cada actuación prevista y contará con una presentación gráfica de resultados fácilmente asequible para todos.

## **2. INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD VIAL**

El proceso de planificación se trata de un proceso racional, que proporciona información objetiva acerca de los efectos que un proyecto de transporte propuesto ejercerá sobre la comunidad y los usuarios esperados. Este proceso es flexible para que sea aplicado en cualquier proyecto o sistema de transporte. Finalmente el proceso de planificación del transporte no esta pensado para proporcionar una decisión o para dar un solo resultado que debe seguirse. En lugar de ello, el proceso esta pensado para dar información apropiada, a los profesionales que tendrán la responsabilidad de decidir si el proyecto de transporte debe continuar.

Las infraestructuras de transportes, en tanto que modifican las condiciones de accesibilidad, constituyen un elemento clave en las políticas de desarrollo regional, puesto que las nuevas inversiones pueden resolver problemas de congestión, pero también pueden orientarse a potenciar regiones menos favorecidas. Las infraestructuras de transportes y comunicaciones reducen el costo espacial de la distancia e influyen sobre la localización y la accesibilidad, contribuyendo a la modificación de los asentamientos y de la estructura económica sectorial de una región.

Las actuaciones en infraestructura de transportes modifican el marco territorial, ya que producen una reducción de distancias y una concentración del espacio, de esta manera el espacio geográfico no se concibe como un todo absoluto, sino como un marco en el que las condiciones de accesibilidad se alteran constantemente.

La accesibilidad permite explicar las posibilidades de interacción entre los distintos puntos de un territorio, pero hay que tener en cuenta que más infraestructura de transportes no significa necesariamente más accesibilidad.

La accesibilidad se puede definir como una medida de la facilidad de comunicación entre actividades o asentamientos humanos, utilizando un determinado sistema de transporte. Antes de analizar los indicadores de accesibilidad más utilizados, interesa realizar algunas consideraciones acerca de la escala y ámbito de estudio, ya que solo es posible establecer comparaciones cuando estos coinciden. A tal fin, pueden distinguirse tres niveles de accesibilidad:

**Relativa:** mide la calidad de conexión entre dos puntos situados en un mismo territorio.

**Integral:** mide el grado de interconexión de un nodo, con los demás de la misma zona.

**Global:** es la suma de las accesibilidades integrales de todos los nodos de la zona de estudio.

La accesibilidad global es representativa del grado de conexión de toda la red y refleja el efecto sobre ella de cualquier actuación.

La accesibilidad relativa e integral servirá para establecer comparaciones entre puntos del área en estudio y sacar conclusiones en ese ámbito. Un estudio de operación y accesibilidad permite evaluar las mejoras que aportan las infraestructuras de transporte que se prevén construir.

Existe una variedad de indicadores de accesibilidad, con formulaciones muy diversas, sin embargo, todos ellos permiten evaluar la calidad de las comunicaciones entre diversos puntos situados en la misma zona de estudio. Los análisis de accesibilidad podrán aplicarse a estudios de planificación de infraestructuras de transporte, análisis de redes de transporte público, diseño de políticas de integración territorial y cohesión social entre regiones, etc.

A pesar de todas las bondades del análisis de accesibilidad hay que ser conscientes de la imprecisión del valor de los indicadores obtenidos por interpolación en aquellos puntos donde no pasa la red vial, ya que todo el territorio no está cubierto por las vías.

Se recomienda el uso generalizado de sistemas de información geográfica que ayudarían a realizar inventarios más fáciles de explotar, efectuar estudios de velocidades en la red, y facilitarían el análisis de diferentes escenarios de una forma más ágil y económica. La necesidad de construir un modelo de simulación de redes de transporte en soporte informático responde al objetivo de disponer de técnicas, instrumentos, procedimientos, métodos y herramientas de apoyo que permitan realizar un análisis integral de los sistemas de transporte.

Para lograr la medida de accesibilidad vial se definen los siguientes indicadores topológicos más comunes:

### **Factor de Ruta**

Es un indicador que trata de medir la calidad del trazado, es decir, su grado de aproximación a la línea recta y si las condiciones de la ruta permiten realizar el viaje en tiempo y condiciones adecuadas.

$$r_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{\sum_{j=1}^n d^o_{ij}}$$

Donde:

$r_{ij}$  = factor de ruta entre los puntos  $i$  y  $j$

$d_{ij}$  = mínima distancia por la red de comunicaciones entre  $i$  y  $j$

$d^o_{ij}$  = distancia geográfica o en línea recta de  $i$  a  $j$

### Índice de Trazado – Velocidad

Es una variedad del factor de ruta, sus resultados se representan gráficamente utilizando curvas isocronas, las curvas de valores más altos corresponden a las zonas más inaccesibles.

$$Itv_i = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} t_{ij}}{\sum_{j=1}^{j=n} t^o_{ij}}$$

Siendo:

$t_{ij}$  = tiempo mínimo de recorrido de  $i$  a  $j$  utilizando la red

$t^o_{ij}$  = tiempo ficticio que se tardaría en recorrer la distancia  $i-j$  a la velocidad media de circulación

### Indicador Absoluto de Tiempo Global

Es un indicador que mide la suma de tiempos desde un punto a todos los demás. El punto de menor sumatoria de tiempo es el mejor comunicado. Este indicador tiende a favorecer los puntos ubicados hacia el centro de una red por su localización geográfica.

$$T_i = \sum_{j=1}^n t_{ij}$$

Donde:

$t_{ij}$  = tiempo mínimo de recorrido de  $i$  a  $j$  utilizando la red