

Condiciones de accesibilidad territorial de instituciones de educación pública en Manizales (Colombia)

Territorial accessibility conditions of public education institutions in Manizales (Colombia)

GOMEZ, Juan M.¹

ESCOBAR, Diego A.²

GARCÍA, Luis F.³

Resumen

En esta investigación se comparan las condiciones de accesibilidad ofrecida por los modos de transporte público y privado en relación con las instituciones educativas públicas de la ciudad. Se aplica un modelo Kriging para el análisis espacial a partir de la variable velocidad operativa. Se encontró inequidad, pues para el 89% de la población la inversión de tiempo de viaje en transporte privado es menor que en el sistema de buses si se desea alcanzar una Institución de Educación Pública.

Palabras clave: accesibilidad territorial, instituciones educativas públicas, transporte público, equidad.

Abstract

This research compares the accessibility conditions offered by public and private transport modes in relation to the city's public educational institutions. A Kriging model is applied for spatial analysis based on the variable operating speed. Inequality was found, since for 89% of the population the investment of travel time in private transport is less than in the bus system if someone wants to reach a Public Education Institution.

Key words: territorial accessibility, public educational institutions, public transport, equity.

1. Introducción

La interacción profunda, provechosa y sostenida entre la comunidad y las instituciones de educación, no son una elección que deba ser aleatoria si no que debe hacer de éstas su razón de existir, por tanto, el hecho de educar debe ser un componente primordial para el bienestar de una población. Así mismo, es necesario establecer las condiciones de relación entre la institución y su contexto, siendo este quien define la escuela junto con su medio social, por otra parte, es conocido que dicho contexto facilita o dificulta su accionar y funcionamiento diario, mientras que en la escuela está presente todo el tiempo: ubicación, tipo de escuela, funcionalidad, cantidad de estudiantes etc. Es posible analizar cada institución como ocupando una parcela del terreo social y físico que establece un límite que a su vez regula los intercambios con el exterior, este cerco obtiene características diferentes según la institución y esto permite determinar el grado de accesibilidad o permeabilidad de todas las

¹ Ingeniero Civil, estudiante de Maestría en Ingeniería: Infraestructura y Sistemas de Transporte. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Grupo de Investigación en Movilidad Sostenible. Email: jumgomezmo@unal.edu.co

² PhD en Gestión del Territorio e Infraestructura del Transporte, Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Grupo de Investigación en Movilidad Sostenible. Email: daescobarga@unal.edu.co

³ Estudiante de ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Grupo de Investigación en Movilidad Sostenible. Email: lufgarciagi@unal.edu.co

instituciones juntas o de una en particular, por lo anterior se requiere y es absolutamente necesario facilitar y optimizar la movilidad y acceso hacia dichas instituciones, ya que favorecen la inserción de los niños y jóvenes en la sociedad como adultos responsables y capaces de convivir con otras personas.

Manizales es una ciudad en el centro occidente de Colombia, capital del departamento de Caldas ubicada en la cordillera central (Ver Figura1).

Figura 1
Localización geográfica de Manizales



Fuente: Autores

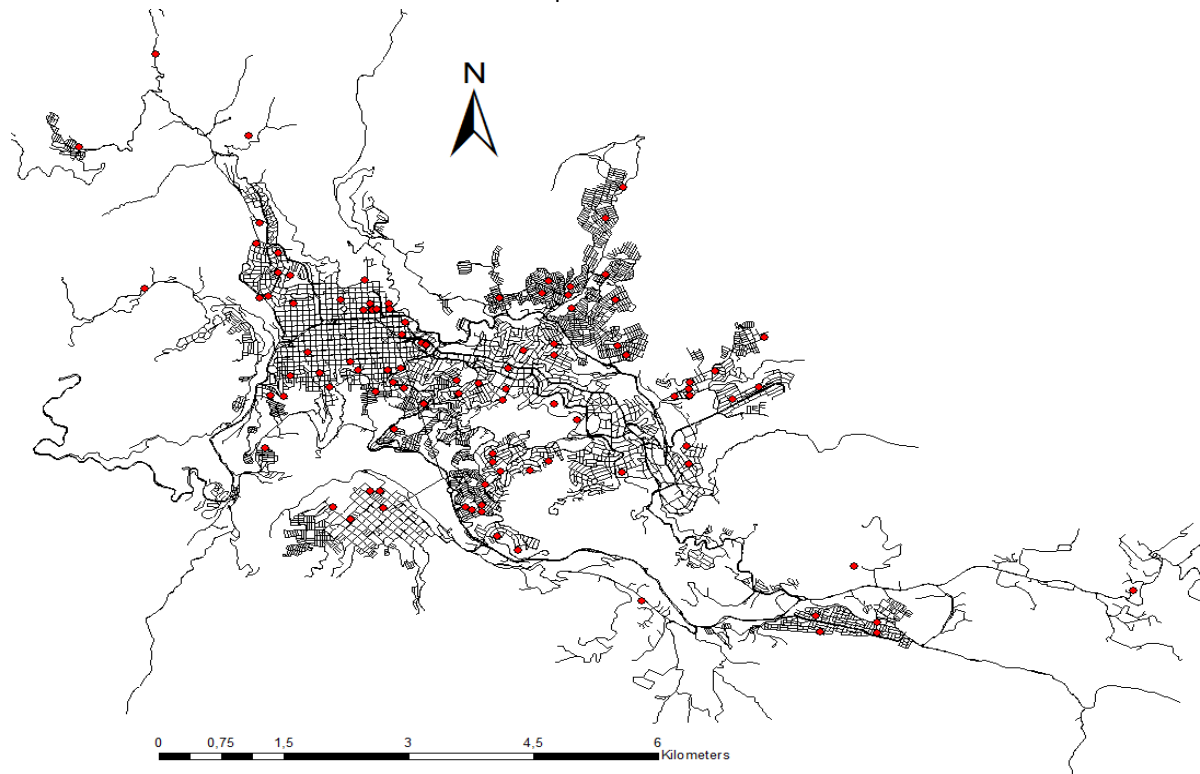
Forma parte de la denominada “Región Paisa” y del llamado “Triángulo de oro de Colombia”, fundada en 1849 por colonos antioqueños, hoy es una ciudad con gran actividad económica, industrial, cultural y turística. Se encuentra localizada a un costado de la cordillera andina a $5^{\circ}3'58''$ de latitud Norte y $75^{\circ}29'05''$ de longitud Oeste a una altura de 2150m.s.n.m (Alcaldía de Manizales, 2019); cuenta con una superficie total de 572km² de los cuales 35,11km² corresponden a su área urbana (Gobernación de Caldas, 2017) que de acuerdo con las cifras presentadas por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) para el año 2017 Manizales contaba con una población de 397.466 habitantes, 48% son hombres y el restante 52% mujeres ; el 28% de la población es menor de 20 años, mientras que el 16% de las personas cuenta con 60 y más años (DANE, 2017). La topografía de la ciudad (de tipo abrupto) ha marcado la evolución urbanística del entorno, obligando a la ciudadanía a adaptarse a los desniveles existentes y a limitar su expansión (Robledo, 1996); Chardon, (2008).

En cuanto a movilidad, cerca de la mitad de los ciudadanos se transportan principalmente en bus o colectivo; no obstante, desde hace varios años los ciudadanos han ido reemplazando el transporte público colectivo, ya que para el año 2018 se efectuaron en promedio 180 mil viajes al día, mientras en 2007 la cifra llegaba a 215 mil viajes diarios. Por otra parte, en los últimos cuatro años, la tarifa de transporte público se incrementó un 5,3% cada año (Manizales Como Vamos – MCV, 2019). En relación con el modo de transporte privado, la tasa de motorización en 2018 fue de 455 vehículos por cada 1000 habitantes, es decir, Manizales tiene un carro o moto por cada dos personas. El crecimiento del parque automotor en la última década ha sido del 132%, de manera que la ciudad tiene más del doble de vehículos que hace 10 años. En cuanto al transporte no motorizado, para 2018 el 12% de los habitantes se transportó principalmente a pie o en bicicleta, 4 puntos porcentuales por debajo

de lo observado en 2017 y la cifra más baja en siete años. En 2019 se presentaron 41 casos de muertos por siniestros viales en Manizales, 11 casos menos que en 2018, para una tasa de 12,7 casos por cada 100 mil habitantes (Manizales Como Vamos – MCV, 2019), por lo que es necesario realizar el estudio y los cálculos correspondientes para transporte público y privado, además incentivar decisiones sociales que faciliten el acceso a las instituciones educativas públicas para que se reduzca la deserción de estudiantes relacionado con la imposibilidad de llegar a las instituciones. Manizales cuenta con una cantidad total de 202 instituciones, de las que el 48,5% (98) son de carácter público y se distribuyen espacialmente como se muestra en la figura 2.

Las instituciones educativas públicas son lugares indispensables para una comunidad, a las que se debería tener acceso con relativa facilidad, aunque la movilidad y las vías de acceso a estas son buenas siguen existiendo variables que afectan su funcionalidad. Además es algo a tener en cuenta para cualquier investigación o análisis de gestión el territorio que se realice, por eso es importante generar esta recopilación y proceso de datos y así evaluar la relación que existe según la ubicación de estos equipamientos y la red de infraestructuras del transporte de la ciudad.

Figura 2
Localización de instituciones de educación pública en Manizales



Fuente: Autores

Actualmente el termino de accesibilidad está claramente definido y por su propia forma, es fácil de intuir; no obstante, existen algunas definiciones de pensadores y estudiosos de esta área que amplían el punto de vista de dicha definición y darle otros enfoques. Una de las definiciones más importantes y base del desarrollo del concepto como tal fue la establecida por Hansen (1959) “The potencial of opportunities for interaction” (Hansen, 1959). En variadas definiciones que han sido formuladas, debe estar presente la correspondencia entre el termino y las diferentes acciones humanas, como la movilidad y comunicación (Montoya, et al (2017); Vega, (2011); Geurs & Van Wee, (2004); vistos desde otros puntos de vista como localización, infraestructura, usos del suelo y la misma composición de los anteriores (Izquierdo, 1994); Bocarejo & Oviedo, (2012), en otras ocasiones

el concepto de accesibilidad ha sido implementado en diferentes ramas del saber cómo en sostenibilidad ((Vega, 2011); Escobar, et al.(2015), exclusión social (Bocarejo & Oviedo, (2012); (Schürmann, et al.,(1997), acceso a servicios y oportunidades (Wachs & Kumagai, 1973); Calcuttawala, (2006), comercio (Montoya, et al.,(2017); Zuluaga & Escobar, (2016), planeación del transporte (Escobar, et al.,(2015; Monzón de Cáceres, (1988); Geurs & Van Wee, (2004), convirtiéndose así en un componente fundamental y en un estudio casi indispensable en cuanto a temas sociales y urbanos se refiere, proporcionando precedentes históricos y tangibles para verificar la eficacia del modelo de estudio que se usa en esta investigación.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se tiene que el objetivo de la presente investigación es de obtener, evaluar y comparar los tiempos mínimos de viaje entre las instituciones públicas de educación y los diferentes puntos de la ciudad en transporte público y privado, teniendo en cuenta los diferentes estratos que componen la ciudad y llegando a cuantificar en porcentaje la cantidad de población cubierta por dichos tiempos.

2. Metodología

La metodología y tratamiento de datos en esta investigación, se compone de las siguientes etapas.

2.1. Selección de información

Como información requerida tenemos un layer con todos los colegios de Manizales con la información de georreferenciación y características físicas; también se requieren las redes de infraestructura vial (privada y pública), división barrial y por residencia con los datos sociodemográficos oficiales generados en ArcMap.

2.2. Obtención de las redes viales tanto pública como privada previamente optimizada y calibrada

Se obtienen las redes viales con todos los datos operativos que esta refiere como velocidad promedio, etc. La red está compuesta por un total de 11374 links y 8580 nodos. Ésta posee una longitud de 685km de los cuales se encuentran clasificados en vías principales (10%), secundarias (9%), colectoras (14%), local (53%), semipeatonal (7%), Nacional (4%), departamental (3%). Esta información se obtuvo a partir de estudios previos realizados por el grupo de investigación en planificación urbana y movilidad sostenible de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

2.3. Georreferenciación de las instituciones de educación públicas

Luego de adquiridas las redes viales y de la verificación de que se encuentren calibradas y actualizadas con re direccionamientos, nueva infraestructura, ampliaciones. Se investiga la ubicación de todas las instituciones educativas públicas mediante trabajo de campo, y se procede a dibujar el área que ocupa cada una teniendo como referencia la red vial a utilizar, se asignan los datos necesarios para el estudio.

2.4. Obtención de tiempos mínimos de viaje de cada una de las opciones a evaluar

A partir de los tiempos de viaje entre cada par de nodos en minutos, se procede a calcular los tiempos mínimos de viaje entre todos los nodos i y j de la red de infraestructuras del transporte, generándose una matriz $(n \times n)$. Los tiempos de viaje entre los diferentes nodos de inicio i y nodos de llegada j se calculan mediante el algoritmo de Dijkstra, mejor conocido como algoritmo de caminos mínimos, el cual determina el camino más corto entre un nodo de origen O y nodo de destino D , mientras exista conexión, minimizando una variable determinada. En el caso de redes de transporte y para los cálculos de accesibilidad se minimiza la variable correspondiente al t_v sobre los arcos (Sallán, dgt al.,(2010). Dicho algoritmo se encuentra inmerso dentro de la herramienta "Multiple paths" del programa TRANSCAD el cual fue utilizado para calcular la matriz de tiempos de viaje. Después de tener la matriz de tiempos de viaje, se debe calcular el vector de tiempo promedio de viaje (T_{vi}) de los nodos de inicio

(i), el cual se cuantifica mediante la (expresión 1), donde t_{vij} significa el tiempo de viaje que le toma al nodo i llegar al nodo j y de donde n es el número de nodos.

$$\overline{T_{vi}} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{vij}}{n-1} \quad i = 1,2,3,\dots,n \quad j = 1,2,3,\dots,n \quad (1)$$

2.5. Análisis geo estadístico y evaluación de las curvas isócronas obtenidas para cada una de las opciones

Una vez construido el conjunto, se construyen las etiquetas P a las cuales se le asignan los valores $P_0 = 0$ y $P_i = \infty$ si i es diferente de 0, complementariamente se genera la variable $t_i = 0$. Luego se establece como y al último vértice incorporado al conjunto S , de tal forma que para todo vértice z no incluido en S se calcula $P_z = \min\{P_x, P_y + d_{yz}\}$, si $P_y + d_{yz} < P_z$, se hace $t_z = y$, luego se determina z^* de entre todos los vértices z que cumplan con $P_{z^*} = \min\{P_z\}$. Si $P_z = \infty$ se finaliza el proceso de búsqueda y se asume que no existe camino de longitud finita entre O y los vértices del conjunto S , de lo contrario, si existe la conexión se continua con el proceso y se incorpora z^* al conjunto S , donde P_{z^*} será el valor de la distancia mínima entre z y O . Por último, si z y $F = z^*$ se finaliza el proceso de iteración, si no, se continua con el ciclo (Alcaldía de Manizales, 2011).

Luego de determinarse el costo de viaje para cada nodo, hacia y desde las instituciones educativas, se procede a relacionar el valor obtenido con las coordenadas geoespaciales de cada uno de estos y así construir la matriz de tiempos mínimos de viaje. Posteriormente se procesa la matriz mediante ArcMap, utilizando la extensión Geostatistical Analyst, en la cual se encuentra inmerso el método de Kriging ordinario con semivariograma lineal como modelo de proyección. Este método de proyección considera la dependencia espacial entre puntos de una misma muestra (expresión 2) (Perilla, Escobar, & Cardona, 2018).

$$\overline{Y(h)} = \frac{\sum (Z_{(x+h)} - Z_{(x)})^2}{2n} \quad (2)$$

2.6. Análisis de cobertura espacial de las curvas de tiempos mínimos de viaje en relación con las variables poblacionales

Teniendo en cuenta las variables socioeconómicas y la capa creada en ArcMap casa por casa de la ciudad de Manizales como shape de polígonos con todos los datos requeridos (cantidad de población, área y estrato socioeconómico), esta capa se vincula con las curvas isócronas y los tiempos de viajes de los barrios por medio de la herramienta Intersect, como resultado, podemos mediante EXCEL realizar ojivas porcentuales las cuales nos mostraran la cobertura espacial y sus datos exactos.

2.7. Superposición de valores en tiempo de viaje y relación porcentual entre los modos de transporte para los dos escenarios posibles

Haciendo uso de la herramienta geoprocessing - intersect se superponen los nodos equivalentes en las diferentes redes, ya que la red de transporte público tiene más nodos que la red privada, creando una capa de puntos con los tiempos de viaje en conjunto para privado y público, así como hacia y desde las instituciones educativas, se crean dos campos nuevos que son las relaciones entre transporte público y transporte privado como porcentaje (expresión 3), por lo anterior los valores mayores a 1 se refiere a que es más óptimo utilizar medio de transporte privado y si es menor que 1 es más consecuente recurrir a el transporte público.

$$Relacion = \frac{\textit{Tiempo de viaje transporte privado}}{\textit{Tiempo de viaje transporte publico}} \quad (3)$$

2.8. Elaboración de mapa según variables porcentuales y comparativas de tiempos de viaje

Según los datos adquiridos en la superposición y división de valores se utiliza la herramienta de ARC MAP Geostatistical analyst – kriging para hacer los mapas con la cobertura por área en Manizales, hacia y desde las instituciones educativas, que indica por colores si es mayor, menor o igual a 1, en los puntos que son iguales a 1 se realiza una operación con la herramienta buffer para crear un área de 60 metros tomando como centro la ubicación exacta del punto en que es igual desplazarse en transporte público o privado.

2.9. Análisis de cobertura espacial de la mejor opción de viaje en relación con las variables poblacionales

Teniendo en cuenta las variables socioeconómicas y la capa creada en ArcMap casa por casa de la ciudad de Manizales como shape de polígonos con todos los datos requeridos (cantidad de población, área y estrato socioeconómico), esta capa se vincula con el mapa de porcentajes comparativos que contienen la información de cuál es el mejor método de transporte o si son iguales, por medio de la herramienta Intersect, obteniendo la cantidad poblacional que se benefician de una u otra opción, y así podemos mediante EXCEL realizar ojivas porcentuales las cuales mostraran la cobertura espacial y sus datos exactos.

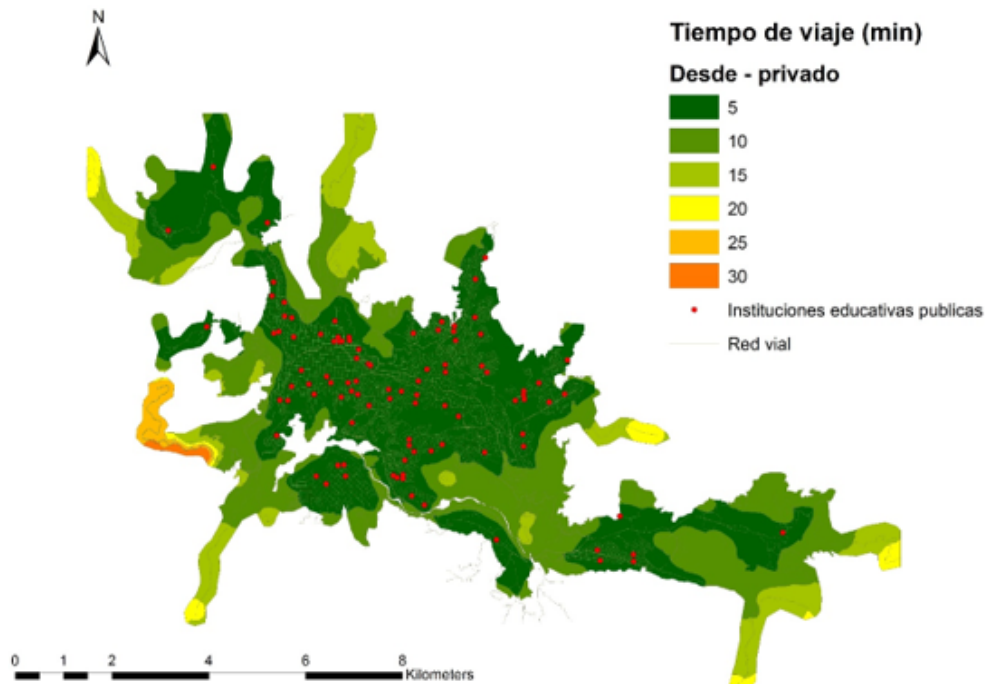
3. Resultados y discusión

3.1. Transporte privado

En la Figura 3 se observan las curvas isócronas de accesibilidad media integral desde las Instituciones Educativas Públicas, clasificadas en intervalos de 5 minutos; es posible comprobar que la menor curva es de 5 minutos y la mayores de 30 minutos, ubicada en la zona sur - occidental, esto refiere que en transporte privado el tiempo de viaje desde la institución educativa más cercana hasta la zona naranja es de 30 minutos y teniendo la mayor parte de cobertura y mejor accesibilidad la zona centro - occidente de la ciudad donde se densifica la mayor parte de instituciones.

Figura 3

Curvas isócronas de accesibilidad integral desde instituciones educativas T. privado

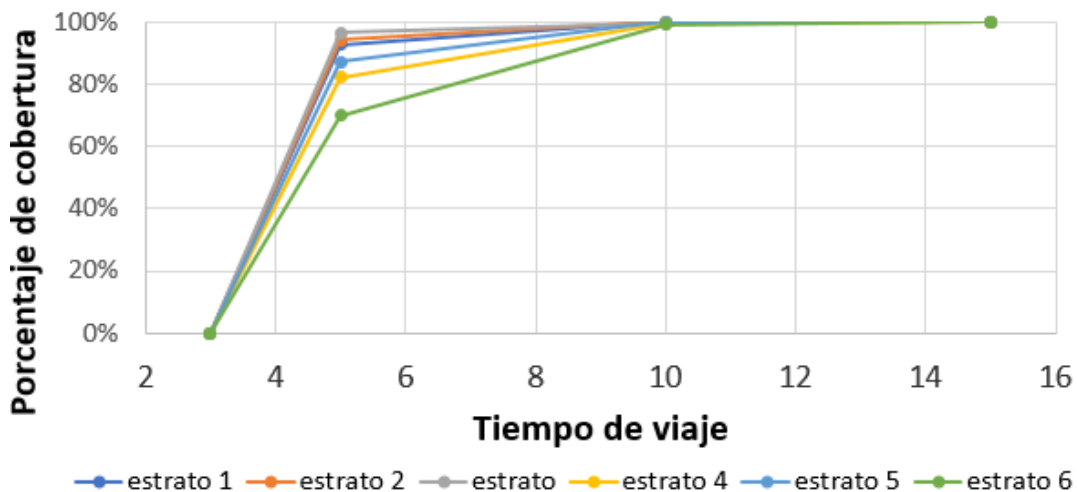


Fuente: Autores

En la Figura 4 se presenta la relación en porcentaje de la cobertura poblacional dividida por estratos socioeconómicos y las curvas isócronas de tiempos de viaje que se obtuvo de analizar desde las instituciones educativas públicas. Se observa que los estratos 2 y 3 son los que obtienen mejores condiciones de cobertura ya que un total del 94.19% (91698 hab.) y 96.37% (177899 hab.), respectivamente, tienen un tiempo de viaje de menos de 5 minutos. Así mismo, se observa que las personas de estrato 6 tienen un porcentaje de cobertura de 69.78% (17464 hab.) siendo el que menos cobertura refiere para un tiempo medio de viaje de 5 minutos. Para un tiempo de viaje de 10 min tenemos una cobertura casi total ya que todos los estratos están solo décimos por debajo de 100%.

Figura 4

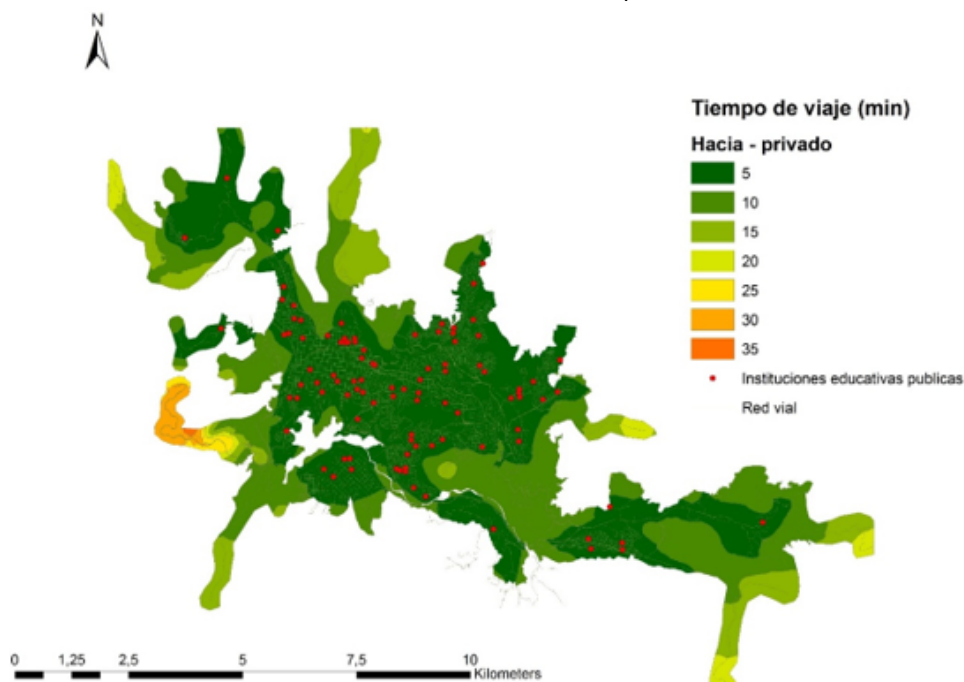
Porcentaje acumulado de cobertura por estratos sociales para instituciones educativas públicas (T. privado – desde)



Fuente: Autores

Ahora bien, la accesibilidad media integral hacia las instituciones de educación pública en transporte privado, se presenta en la Figura 5. En ésta se observa la curva de 5 minutos como el valor mínimo y 35 minutos como el máximo, el cual se ubica en la zona del barrio La Aurora, como en el caso anterior se nota una similitud indiscutible con el modelo desde las instituciones teniendo áreas de influencia muy similares y tiempos de viajes casi iguales con aproximadamente un 85% de la ciudad entre los rangos de 5 y 10 minutos.

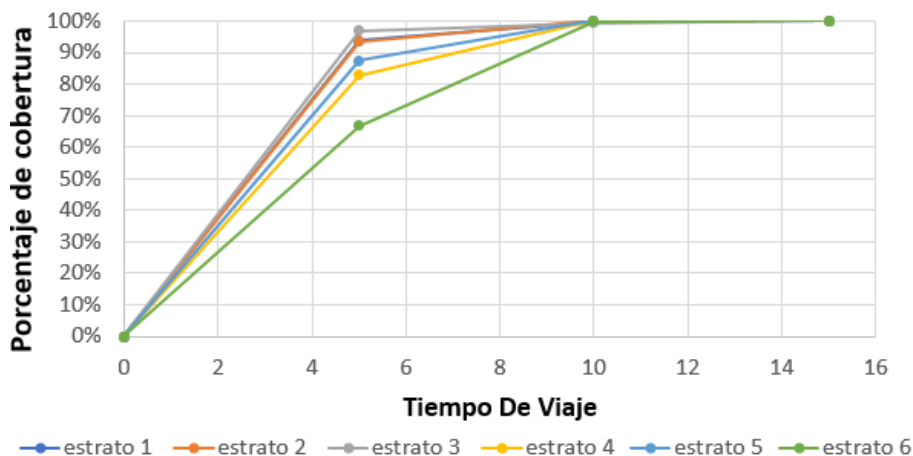
Figura 5
Curvas isócronas de accesibilidad integral hacia instituciones educativas T. privado



Fuente: Autores

En la Figura 6 se presenta la relación entre las curvas isócronas y la cobertura porcentual de población dividida en estratos sociales para los tiempos de viaje hacia las instituciones educativas públicas en transporte privado.

Figura 6
Porcentaje acumulado de cobertura por estratos sociales para instituciones educativas públicas (T. privado – hacia)



Fuente: Autores

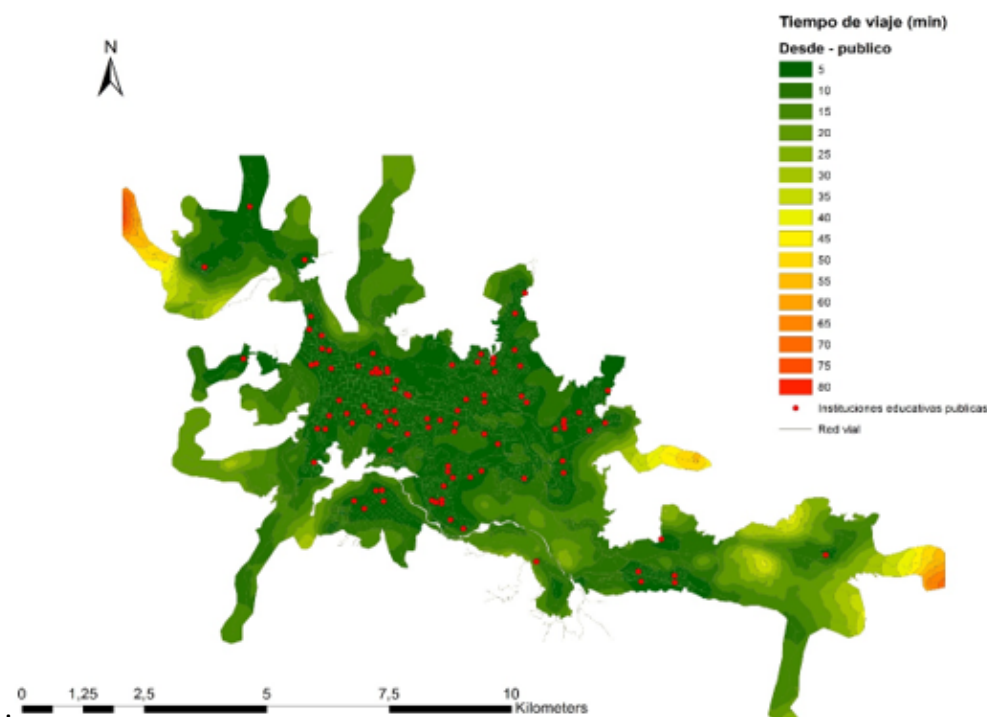
Nuevamente se observa que en el estrato 6 hay una cobertura de 67% (16691 hab.) para un tiempo de viaje de 5 minutos, en este caso los estratos con mayor porcentaje de cobertura son los estratos 1 con 94% (45344 hab.), estrato 2 con 94% (91116 hab.) y 3 con el 97% (178732 hab.) esto también para un tiempo de viaje de 5 minutos, ya para un tiempo de viaje de 10 minutos estaría cubierto al 100% la totalidad de los estratos.

3.2. Transporte Público

En aras de tener en cuenta todos los escenarios posibles en cuanto accesibilidad de las instituciones educativas se realiza un análisis de accesibilidad integral teniendo en cuenta el uso del transporte público y de su infraestructura, así tenemos su resultado que se muestra en la Figura 7. Las curvas se presentan cada 5 minutos siendo este mismo el menor tiempo y el máximo, de 80 minutos, localizado en los extremos periféricos de la ciudad, al oriente y al occidente.

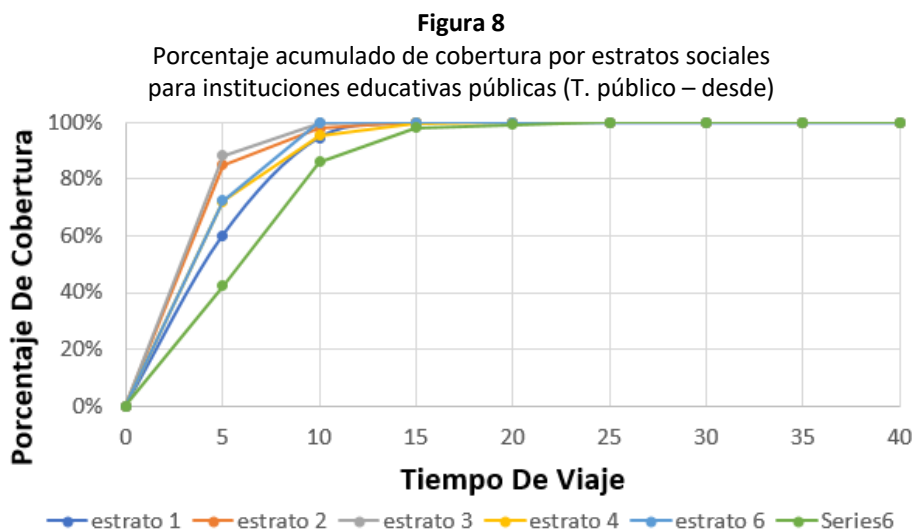
Figura 7

Curvas isócronas de accesibilidad integral desde instituciones educativas T. público



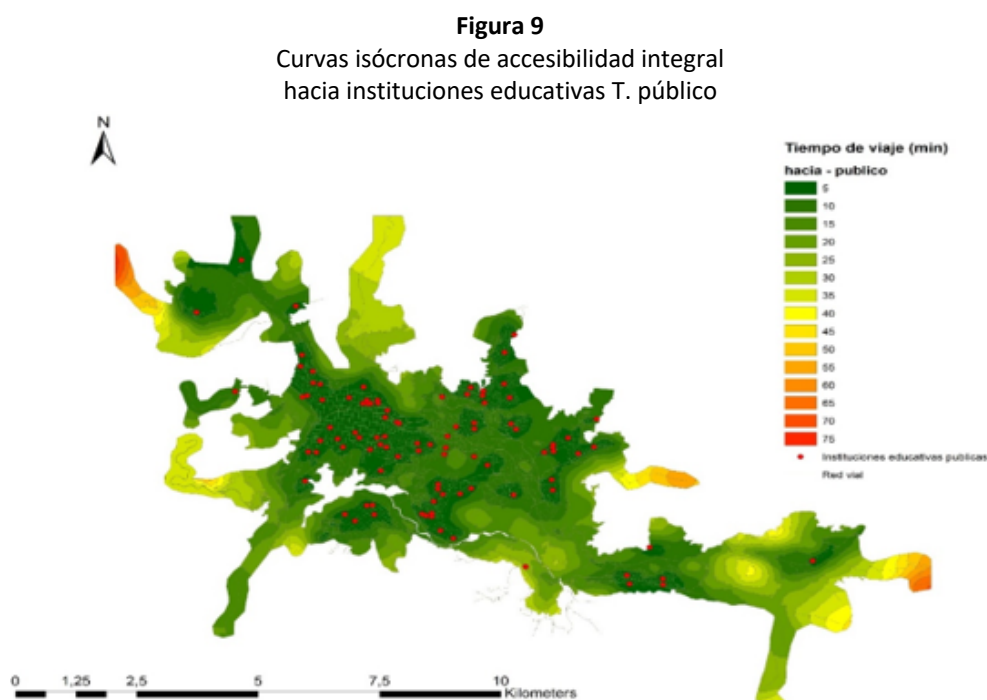
Fuente: Autores

En la figura 8 se presenta la cobertura porcentual poblacional dividida por estratos socioeconómicos relacionada con los tiempos de viaje, en este caso para un tiempo de viaje de 5 minutos la cobertura más baja es para el estrato 6 con un 42% (10583 hab.) y los estratos con más cobertura son el estrato 3 con 88% (163097 hab.) y estrato 2 con 85% (82715 hab.) ; para un tiempo de viaje de 10 minutos el estrato 6 sigue siendo el de menor cobertura con 86% (21557 hab) y los estratos restantes obtienen todos más de 95%, el 100% de cobertura se garantiza en 20 minutos de tiempo de viaje.



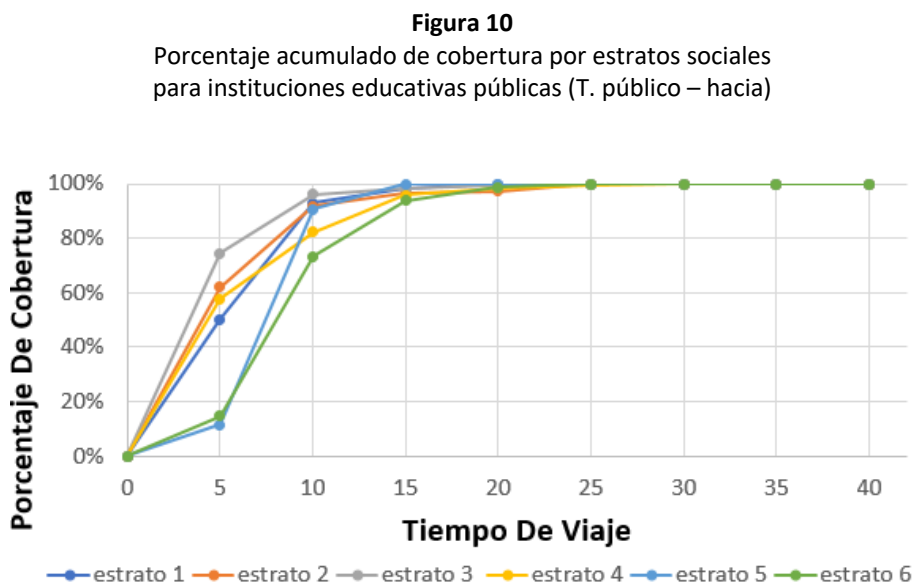
Fuente: Autores

El resultado de la evaluación de curvas isócronas sobre los tiempos de viaje hacia las instituciones educativas se presenta en Figura 9.



Fuente: Autores

Se identifica que al menos un 40% del área de la ciudad se encuentra entre los rangos de tiempos de viaje de 10 minutos o menos. En este caso el mínimo tiempo de viaje es de 5 minutos y el máximo de 75 minutos, se aprecia que en la zona centro occidente hay mayor acceso a las instituciones y que de nuevo en el sector occidente y oriente hay tiempos de viaje de hasta 70 minutos.

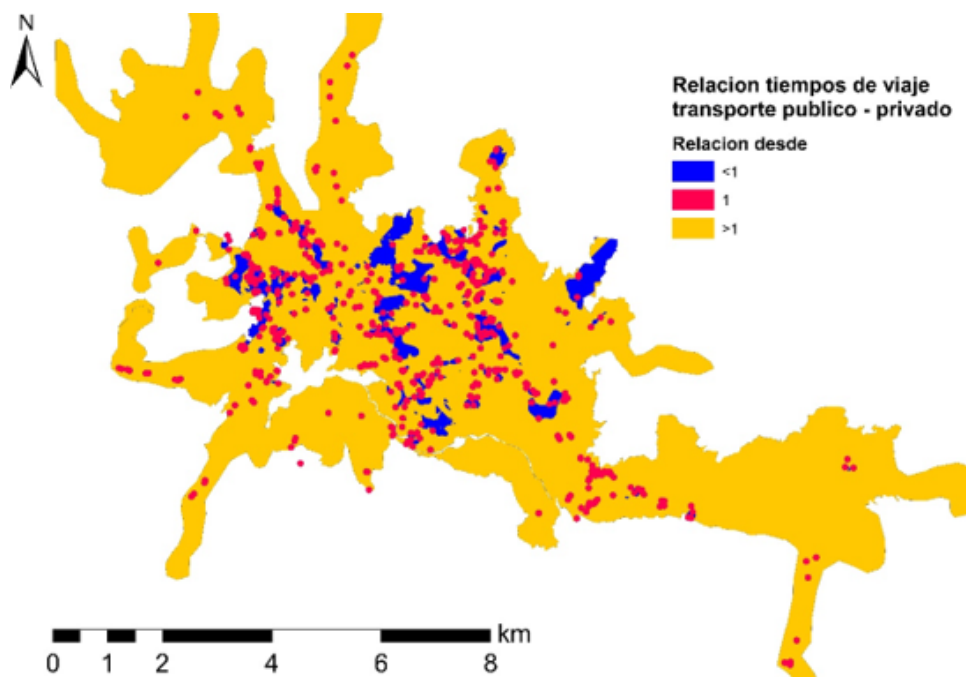


3.3. Cálculo de relación porcentual entre transporte privado/público desde y hacia instituciones de educación pública

En la Figura 11 y figura 12 se presentan los resultados de relacionar el tiempo medio de viaje en transporte privado y transporte público desde y hacia las instituciones educativas públicas, respectivamente. Las áreas amarillas son aquellas en donde la relación es superior a 1, lo que significa que el tiempo de viaje en transporte privado es menor que en transporte público, las áreas en rojo son áreas en las cuales el tiempo en ambos modos de transporte es el mismo, y las áreas en azul son aquellas en las que viajar en transporte público resulta más eficaz que en transporte privado dado que se debe invertir menos tiempo.

Comparando visualmente ambas figuras, se observa que para el análisis “Desde” las Instituciones de Educación Pública hay más áreas de la ciudad de color rojo y azul, que en el caso “Hacia”, lo que indica que dada la configuración de la red de transporte y dada la ubicación geoespacial de estas instituciones, es más fácil salir de las misma a algún lugar de la ciudad que llegar hasta ellas, al comparar ambos modos de transporte, esto claramente es un indicador de inequidad, pues no toda la población tiene posibilidad de transportarse en vehículo particular desde o hacia estas instituciones de educación. Por otra parte, a partir de las figuras 11 y 12, se construyen las tablas 1 y 2. la tabla 1 presenta el porcentaje de población según la relación de tiempos medios entre modos y según el estrato socioeconómico. Por ejemplo, se tiene que, de toda la población, la distribución porcentual según estrato muestra que el estrato cinco es el que menos personas posee con el 4%, y el estrato que más personas agrupa es el tres con un 44% de la población.

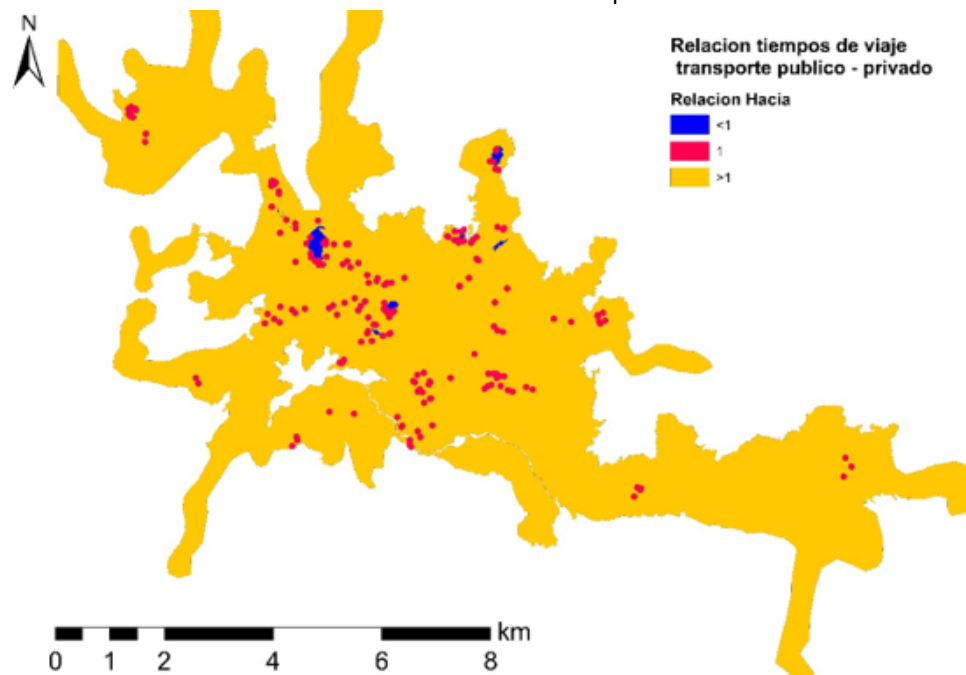
Figura 11
Relación entre tiempos de viaje transporte privado/público desde instituciones educativas públicas



Fuente: Autores

Figura 12

Relación entre tiempos de viaje transporte privado/público hacia instituciones educativas públicas



Fuente: Autores

Ahora bien, analizando la tabla 1, se tiene que “desde” las Instituciones de Educación Pública (IEP), el 68% de la población (289579 hab.) alcanzaría sus destinos de forma más eficaz en transporte privado, mientras que tan solo el 11% de la población (54785 hab.) lo haría de forma más eficaz en transporte público, para el resto de la población es indiferente el uso de uno u otro modo en términos de tiempo medio de viaje; lo anterior es una muestra tangible de inequidad en las posibilidades de uso de un modo de transporte para las personas que se deben desplazar desde las IEP hacia sus destinos. Por otra parte, de la población cuyo desplazamiento más eficaz es en transporte particular, el 34% hacen parte de los estratos 1 y 2, el 57% hacen parte de los estratos 3 y 4, y tan solo el 9% hacen parte de los estratos 5 y 6.

Tabla 1
Porcentaje de población cubierta en base a la relación de tiempos de viaje entre público y privado, según estrato socioeconómico

Est.	Desde IEP				Hacia IEP			
	< 1	= 1	> 1	Total	< 1	= 1	> 1	Total
1	10%	6%	13%	11%	41%	10%	11%	11%
2	25%	30%	21%	23%	25%	31%	22%	23%
3	42%	37%	46%	44%	25%	36%	45%	44%
4	16%	15%	11%	12%	8%	16%	12%	12%
5	5%	5%	3%	4%	0%	2%	4%	4%
6	3%	7%	6%	6%	0%	5%	6%	6%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Autores

Hacia las IES el panorama es de mayor inequidad, pues se encontró que se tiene que, el 89% de la población (375518 hab.) alcanzaría las IEP de forma más eficaz en transporte privado, mientras que tan solo el 2% de la población (7706 hab.) lo haría de forma más eficaz en transporte público, para el resto de la población es indiferente el uso de uno u otro modo en términos de tiempo medio de viaje. De la población cuyo desplazamiento más eficaz es en transporte particular, el 33% hacen parte de los estratos 1 y 2, el 57% hacen parte de los estratos 3 y 4, y tan solo el 10% hacen parte de los estratos 5 y 6, una distribución porcentual semejante a la encontrada en el primer caso “desde”.

Analizando la distribución porcentual de cada estrato de forma particular, encontramos, por ejemplo, que el 95% de la población del estrato 5 accedería más fácilmente una IEP en vehículo particular, valor que para el estrato 6 llega al 92%. De forma general se observa que el llegar hasta una IEP para cualquier estrato, es mucho más eficaz si se hace en transporte particular, lo cual es una repuesta tangible al por qué la tasa de motorización de la ciudad sigue en aumento constante. Es más, de los estratos altos, no existe población que pueda alcanzar una IEP de forma más eficaz en transporte público.

Tabla 2
Porcentaje de población cubierta en base al estrato socioeconómico,
según relación de tiempos de viaje entre público y privado

Est.	Desde IEP				Hacia IEP			
	< 1	= 1	> 1	Total	< 1	= 1	> 1	Total
1	10%	12%	79%	100%	7%	8%	85%	100%
2	12%	27%	61%	100%	2%	13%	85%	100%
3	10%	18%	72%	100%	1%	8%	91%	100%
4	14%	24%	62%	100%	1%	12%	86%	100%
5	13%	28%	59%	100%	0%	5%	95%	100%
6	5%	25%	69%	100%	0%	8%	92%	100%
Total	11%	21%	68%	100%	2%	10%	89%	100%

Fuente: Autores

Según los anteriores resultados, la situación de inequidad en relación con alcanzar una Institución de Educación Pública es bastante dicente, en el sentido de que los estudiantes que deban usar transporte público, la mayor probabilidad es que deban invertir mayor cantidad de tiempo en dicho desplazamiento, situación que debería modificarse si se desea comenzar a tener un trasvase de viajes en vehículos particulares a transporte público, el cual en un futuro se espera sea sostenible.

4. Conclusiones

Se observa que hay mucha más facilidad de acceder a las instituciones educativas públicas en transporte privado y se puede notar cómo en las curvas isócronas predominan los tiempos de viaje por debajo de 10 minutos, esto se debe a que la red vial privada tiene más Kilómetros de longitud y posee más infraestructura ya que el tipo de vehículos es menos condicionado que el del público, lo cual hace que exista inequidad en la posibilidad de llegar o salir de las instituciones educativas según la disponibilidad de uno u otro modo de transporte.

La evaluación da como resultado una mayor accesibilidad para ir desde los colegios hacia los diferentes puntos de la ciudad, en transporte privado y público se nota el espectro de las curvas isócronas más oscuro lo que infiere tiempos de viaje más cortos que los dispuestos para ir de los diferentes puntos hacia las instituciones.

Para el caso de transporte privado la diferencia de accesibilidad tanto de desde las instituciones como hacia ellas no tiene una diferencia muy marcada puesto que la infraestructura vial que usan los vehículos privados en Manizales suele ser doble sentido y de un nivel de servicio aceptable en su mayoría.

Así mismo para el transporte público es mucho más notoria la diferencia en los tiempos de viaje hacia las instituciones educativas y desde estas, siendo el viaje hacia ellas mayores, esto debido a que las rutas de transporte público no son las mismas de ida que de vuelta.

Se evidencia también que la localización de las instituciones públicas educativas posee una cobertura suficiente, ya que la totalidad de los habitantes de todos los estratos socioeconómicos encuentran una a 20 minutos máximo sea en transporte público o privado.

Tanto para ir hacia las instituciones educativas o ir desde estas, los tiempos de viaje del transporte privado son mucho menores en la mayoría de la ciudad, esto pasa en su mayoría ya que el transporte público de Manizales posee rutas muy limitadas y velocidades medias muy bajas, debido a la ineficiente distribución de los paraderos y a la falta del cumplimiento de las normas de tránsito por parte de los usuarios tanto conductores como personas de a pie (ya que se considera dentro del análisis como transporte público las escaleras y andenes).

Las zonas en que la relación entre tiempos de viaje es menor a uno y es mejor utilizar servicio público, sugiere que es más fácil y rápido llegar a pie a la institución educativa más cercana que en cualquier tipo de vehículo automotor.

El caso más crítico está en el resultado de la relación de tiempos de viaje en transporte privado y público en donde se hace evidente que es casi nula el área en donde es mejor utilizar el transporte público, esto quiere decir que para llegar a la institución educativa pública más cercana en transporte público es en promedio 150% más lento que en transporte privado, por eso es recomendable optimizar rutas y realizar planes de movilidad para garantizar unas mejores condiciones de accesibilidad a estas instituciones a través del transporte público.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los estudiantes pertenecientes al Grupo de investigación en Movilidad Sostenible de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, quienes con sus aportes apoyaron la ejecución de la investigación, la cual se realiza en el marco del proyecto titulado: “Propuesta metodológica para el cálculo de un Índice de Equidad Educativa a nivel de educación básica, media y superior en la zona urbana de las ciudades de Manizales y Villamaría – Caldas. Código Hermes: 45892

Referencias bibliográficas

- Chardon, A. (2008). Reasentamiento y hábitat en zonas urbanas, una reflexión en Manizales. . (U. P. Javeriana, Ed.) *Cuadernos de vivienda y urbanismo*, 1(2), 226-247.
- Alcaldía de Manizales. (2011). *Plan de Movilidad de la ciudad de Manizales 2010 – 2040*. . Manizales: Secretaría de Tránsito y Transporte, Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Manizales, Colombia.
- Alcaldía de Manizales. (11 de 12 de 2019). *Alcaldía de Manizales*. Recuperado el 2019, de <http://www.manizales.gov.co/Contenido/Alcaldia/24/informacion-general>.
- Banguero, H. (1980). *El Proceso Migratorio en Colombia: Determinantes y Consecuencias*. Cali: Departamento de Economía. Universidad del Valle. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/5391/El%20proceso%20migratorio%20en%20Colombia%20Determinantes%20y%20consecuencias.pdf;jsessionid=3532EC3371D02318918163E8666BD962?sequence=1>
- Bocarejo, J., & Oviedo, D. (2012). Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *Journal of Transport Geography*, 24, 142-154. doi:10.1016/j.jtrangeo.2011.12.004
- Calcuttawala, Z. (2006). Landscapes of information and consumption: A location analysis of public libraries in Calcutta. 24, 319–388.
- DANE. (2017). *Proyecciones de población total por sexo y grupos de edad de 0 hasta 80 y más años (2005 - 2020)*. [online] (2017). Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion>
- Durantón, G. (marzo de 2016). Determinants of city growth in Colombia. *Papers in Regional Science*, 101-131. doi:<https://doi.org/10.1111/pirs.12225>
- Escobar, D., Cadena, C., & Salas, A. (2015). Cobertura Geoespacial de nodos de actividad primaria. Análisis de los aportes a la sostenibilidad urbana mediante un estudio de accesibilidad territorial. *Revista EIA*, 12(23), 13-27. doi:10.14508/reia.2015.12.23.13-27

- Escobar, D., Tapasco, O., & Giraldo, J. (2015). Medición de Desempeño del Sistema de Transporte Cable Aéreo de la Ciudad de Manizales en Colombia, usando Tres Enfoques: Analítico, Simulado y de Accesibilidad Urbana. *Información Tecnológica*, 26(6), 199-210. doi:10.4067/S0718-07642015000600020
- Geurs, K., & Van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140. doi:10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005.
- Gobernación de Caldas. (2017). *Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario, FINAGRO*. Manizales: Banco de la república. Obtenido de <https://goo.gl/fZc2fh>
- Hansen, W. (1959). How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2), 73-76. doi:10.1080/01944365908978307
- Izquierdo, R. (1994). *Transportes, un enfoque integral*. Madrid: Servicio de Publicaciones del Colegio de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Manizales Como Vamos – MCV. (12 de 2019). *Informe de Calidad de Vida 2019*. Manizales. Obtenido de http://manizalescomovamos.org/wp-content/uploads/2019/10/08_Movilidad.pdf
- Montoya, J., Escobar, D., & Moncada, C. (2017). Proposed location of new shopping centers, application of an urban territorial accessibility analysis. *Revista Espacios*, 38(51), 4. Recuperado de <http://www.revistaespacios.com/a17v38n51/17385104.html>
- Monzón de Cáceres, A. (1988). La Accesibilidad individual como elemento de evaluación de los planes de transporte en la comunidad de Madrid/España. *Informes de la Construcción*, 40(396), 21-39.
- Perilla, D., Escobar, D., & Cardona, S. (2018). New transportation infrastructure impact in terms of global average access – intersection “la carola” Manizales (Colombia) case study. . *Contemporary Engineering Sciences*, 11(5), 215-227. doi:10.12988/ces.2018.812
- Robledo, J. (1996). *La ciudad de la colonización antioqueña*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Sallán, J., Guardiet, J., & Suñé, A. (2010). *Métodos cuantitativos de organización industrial I*. Barcelona: Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- Schürmann, C., Spiekermann, K., & Wegener, M. (1997). *Accessibility indicator*. Dortmund: European Commission, Berichte aus dem Institut für Raumplanung.
- United Nations Educational, S. a. (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015, Water for a Sustainable World*. París: UNESCO. Recuperado el 27 de 12 de 2019, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231823>
- Vega, A. (2011). A multi-modal approach to sustainable accessibility in Galway. *Regional Insights*, 2(2), 15-17. doi:10.1080/20429843.2011.9727923.
- Wachs, M., & Kumagai, T. (1973). Physical accessibility as a social indicator. *Socio-Economic Planning Sciences*, 7(5), 437-456. doi:10.1016/0038-0121(73)90041-4
- Zuluaga, J., & Escobar, D. (2016). Geomarketing Analysis for Shopping Malls in Manizales (Colombia). Accessibility approach methodology. *Revista Espacios*, 38(21), 20. Recuperado de <http://www.revistaespacios.com/a17v38n21/17382120.html>