



# Propuesta metodológica para la definición del orden de logístico de despacho a partir de análisis de cobertura poblacional

## Methodological proposal for the definition of the logistics order of dispatch from analysis of population coverage

GONZÁLEZ, Daniel [1](#); RUIZ, Santiago [2](#); ESCOBAR, Diego A. [3](#)

Recibido: 22/01/2020 • Aprobado: 13/04/2020 • Publicado 30/04/2020

### Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados y Discusión](#)
- [4. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

En este artículo de investigación se pretende evidenciar desde un punto de vista de cobertura poblacional y logístico, un caso de estudio hipotético de relación entre puntos de venta y despachadero. Para los cálculos se aplican modelos geoestadísticos de análisis espacial mediante el uso de SIG, soportado en los datos de ubicación de los puntos de interés y datos operativos de la red de infraestructuras del transporte de la ciudad de Manizales (Colombia).

**Palabras clave:** Accesibilidad, Análisis de datos poblacionales, logística, ruteo vehicular.

#### ABSTRACT:

This research article aims to show a hypothetical case study of the relationship between points of sale and dispatch from a point of view of population coverage and logistics. The computations are based in geostatistical models for spatial analysis, through the use of GIS, supported by the geographical location of points of interest and transport infrastructure operational characteristics in the city of Manizales (Colombia).

**Keywords:** Accessibility, populational data analysis, logistics, vehicular routing.

## 1. Introducción

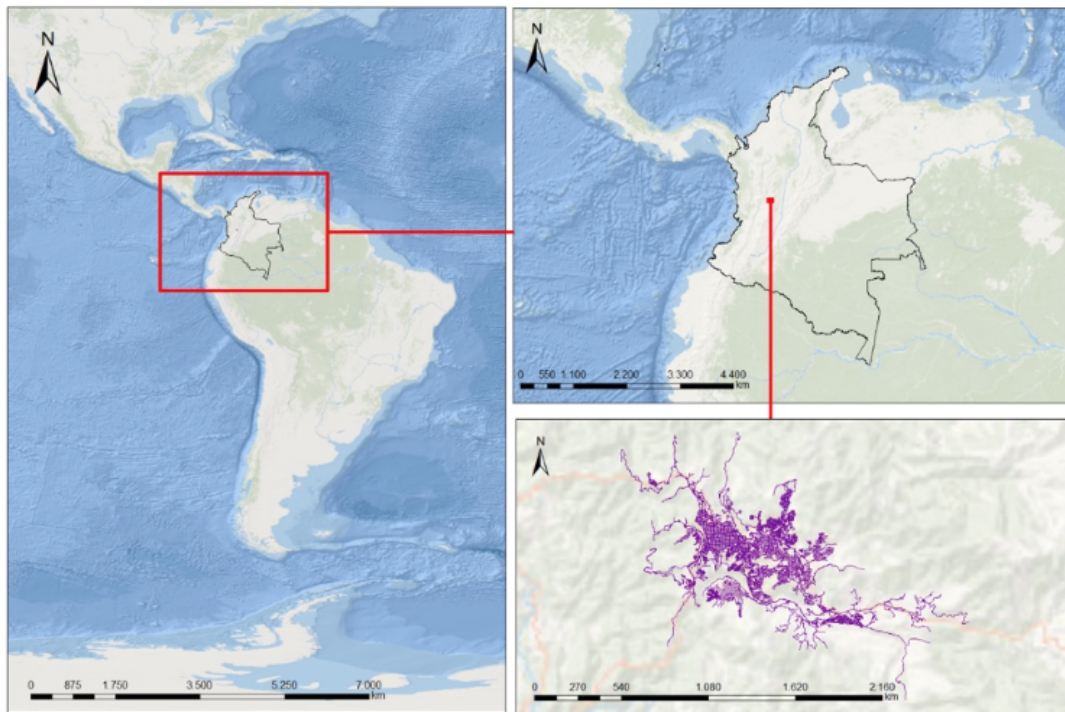
En un ámbito de interconectividad global, industria y métodos de lean manufacturing (Rai, 2019) han surgido estrategias logísticas que aprovechan esto para la mejora constante de la cadena de suministro. Algunas tecnologías relevantes constituyen la comunicación móvil, la geolocalización, el intercambio de datos, análisis de datos y procesamiento de elementos que actúan en un entorno. La logística se encarga de satisfacer los requerimientos de los clientes a partir de dos factores principales, el nivel de satisfacción general de los clientes y la eficiencia para hacerlo (Glistau & isaias, 2019), es decir, tiempos operacionales.

Lo anterior, es de gran importancia para el desarrollo de la cadena de valor y útil para cualquier industria, tanto en la logística interna como externa. En un marco de la política logística urbana nacional se aprovecha la información de los corredores logísticos articulados en la investigación, la cual tiene como foco principal el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

al servicio de la logística y la provisión de servicios de calidad en logística y transporte para formar redes que describan el entorno vial del caso y así generar el material que se usará en la investigación, establecido en el artículo 58 de la Ley del Plan Nacional de Desarrollo (Ley 1753 de 2015) y del documento CONPES 3674, el Ministerio de Educación Nacional, con el apoyo de la Federación Colombiana de Agentes Logísticos en Comercio Internacional (Fitac) (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

El caso de estudio es en la ciudad de Manizales, capital del departamento de Caldas; ciudad localizada en el centro del oeste de Colombia (Ver Figura 1), sobre la cordillera de los andes (2150 m.s.n.m.), en un área de 572 km<sup>2</sup> sobre una topografía quebrada, con muchas elevaciones que generan muchas dificultades y limitaciones su urbanización (Robledo, 1996).

**Figura 1**  
Localización de Manizales en el mapa



Fuente: Elaboración propia

Según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) la población de Manizales para el 2017 fue de 398.830 habitantes (Alcaldía de Manizales, 2017). Manizales es atractiva para muchos habitantes de ciudades y localidades aledañas, como Villamaría que queda a 2 km, por lo que el grado de conmutación laboral es alto, además de que entre estas existe transporte público como buses y cable aéreo (Moncada et al. 2018).

Los análisis de accesibilidad se han utilizado como herramientas para la resolución de problemáticas en el sistema de transporte desde hace bastantes años (Mitchell & Rapkin, 1954). El concepto como tal existe desde 1920, utilizado en Norteamérica en la teoría de localización y planeación regional (Batty, 2009). A mediados del siglo XX aparece la definición más tradicional, con (Hansen, 1959) "... el potencial de oportunidades para la interacción...". La accesibilidad fue definida a partir de la perspectiva de transporte y del uso del suelo como "la accesibilidad indica la facilidad con la cual un determinado uso del suelo puede ser alcanzado, desde una localización determinada, usando un sistema de transporte" (Dalvi, 1978; Monzón de Cáceres, 1988). Y en los 70' se definieron los complementos de los conceptos matemáticos para el cálculo de la accesibilidad donde se incluye la distribución de la red y las oportunidades medidas (Weibull, 1976). Las medidas de accesibilidad se pueden discriminar por datos poblacionales, como género, edad, características socio económicas y más (Handy & Niemeier, 1997; Pirie, 1979).

Existen gran cantidad de aplicaciones de la accesibilidad, durante años se ha utilizado la medida para estudios, como: desarrollo sostenible (Vega, 2006); infraestructura de transporte (Perilla et al. 2018); equidad social (Guzman et al. 2017; Younes et al. 2016); crecimiento urbano (Shoorchah et al. 2016) e incluso en temas logísticos como localización de compañías logísticas (Holl & Mariotti, 2018; Verhetsel et al. 2015) y ruteo vehicular (Vigo, 2000).

Dado lo anterior, en la presente investigación se pretende, a partir de un caso de ruteo de vehículos, aplicar de manera teórica una propuesta metodológica para el análisis de los tiempos medios de viaje y la posible reducción de los tiempos de abastecimiento, mediante el uso de herramientas geoestadísticas para la realización de los cálculos. Luego de la introducción, se presenta la metodología abordada en la investigación, los resultados y discusión, las principales conclusiones y las referencias consultadas.

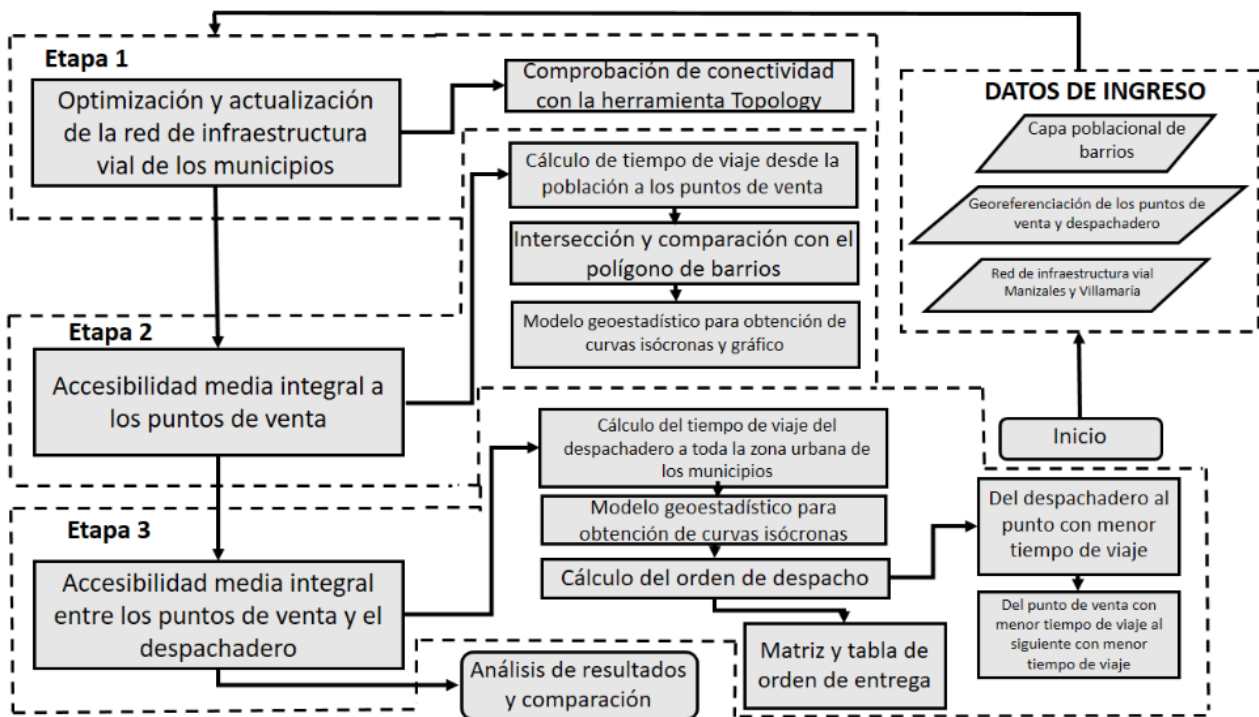
## 2. Metodología

La metodología de investigación se compone de tres fases, las cuales se presentan en la Figura 2. A continuación se analizan de forma general cada una de estas fases.

### 2.1. Optimización y actualización de la red de infraestructura vial de los municipios

Se obtuvieron las redes de infraestructuras del transporte del área de estudio a partir de investigaciones previamente realizadas en la zona conurbada de Manizales y Villamaría (Cardona, 2018) ; de estas investigaciones preliminares fue posible obtener información relacionada con la pendiente media, velocidad promedio en los arcos, tipología y topología de los elementos de la red información de los barrios, Zonas de Análisis del Transporte (ZAT) y Unidad Técnica de Análisis de Movilidad (UTAM) que componen la zona de estudio. La información se cargó en el software ArcMap, se corrió la herramienta Topology con el fin de revisar que la red de infraestructuras del transporte estuviese correctamente estructurada y acorde a la realidad.

**Figura 2**  
Diagrama de flujo, metodología de la investigación



Fuente: Elaboración propia

A su vez, se verificó la direccionalidad de las vías las cuales deben coincidir con el ordenamiento territorial para poder proseguir con la creación de una Geodatabase en ArcMap en un Dataset de Manizales y Villamaría generando la estructura de la red a través del Network Dataset con más de 10.107 nodos (puntos de inicio o finales de vías) y 12.732 arcos correspondientes (segmentos de vía).

### 2.2. Accesibilidad media integral a los puntos de venta

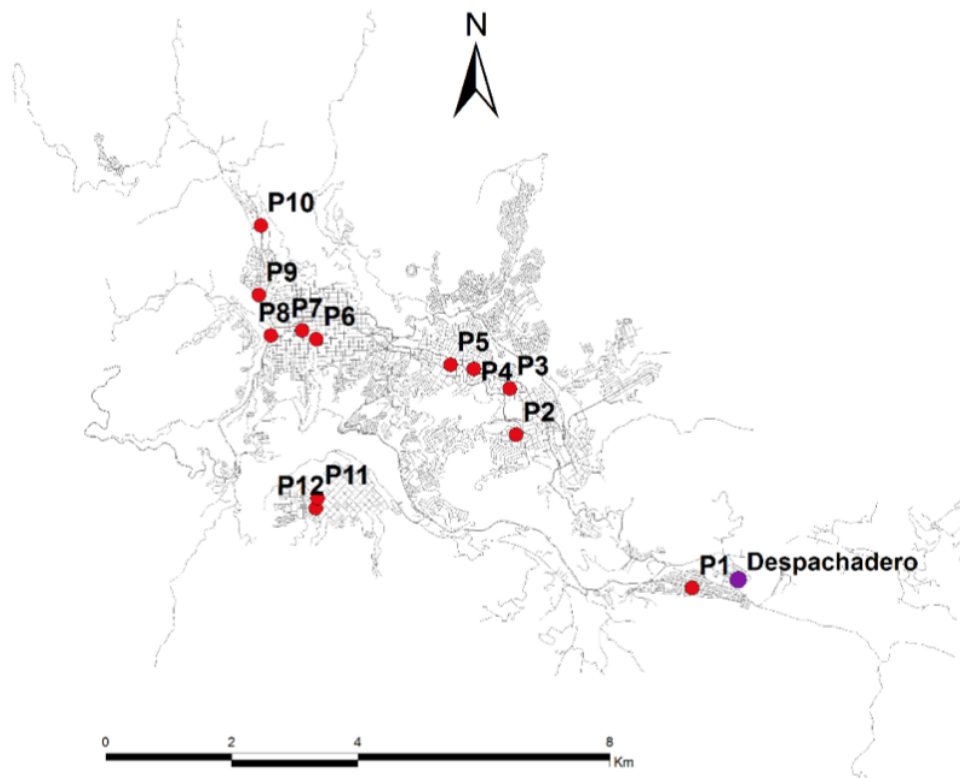
Por medio de trabajo de campo y utilizando la aplicación Google Maps se eligieron 12 puntos de distribución de venta (hipotéticos) distribuidos por zonas comerciales identificadas en el área de

estudio; a su vez se eligió un punto de despacho de producto ubicado en la zona industrial (Ver Figura 3).

Se aplica la metodología de cálculo de la accesibilidad media integral, la cual estudia la facilidad o dificultad de llegar desde cualquier punto o sector de la ciudad hasta un punto o sector específico de la misma (Ingram, 1971); así, utilizando puntos elegidos como posibles sitios de venta y, a partir del análisis de accesibilidad ofrecida por la red de infraestructuras del transporte de la ciudad, obtener una secuencia ideal de entrega, creándose un método logístico basado en la aplicación de herramientas geoespaciales y análisis geoestadístico, en base a la variable tiempo medio de viaje.

Por otra parte, se utiliza la información de accesibilidad con el fin de encontrar soluciones logísticas. En un primer momento se revisa la red vial con ayuda del programa ArcMap utilizando la herramienta topology, de este modo actualizándola y optimizándola, después se hace un análisis de accesibilidad del entorno socioeconómico a los puntos de venta hipotéticos para la obtención de datos poblacionales y estratificados, y se finaliza con la obtención de tablas y matrices que representan el orden de entrega ideal entre los puntos de venta desde un despachadero hipotético ubicado al oriente de la ciudad.

**Figura 3**  
Puntos de venta y despachadero de mercancías en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

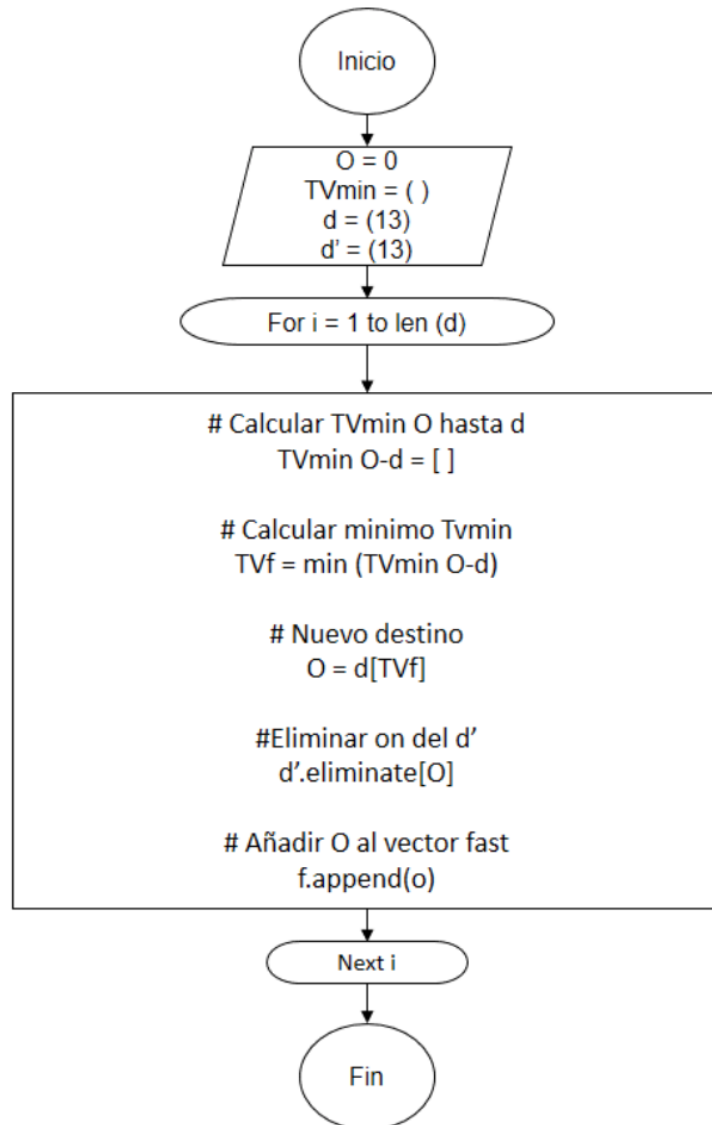
Se hizo el cálculo de accesibilidad media integral de la población estudiada hacia los puntos de venta hipotéticos, para ello se utilizó la información de las localidades y de las vías que estaba disponible en la red (velocidades, distancias, población, estratos), esto genera un mapa de isócronas la cual representa el tiempo que tarda un habitante en alguna localidad en acceder al punto de venta más cercano a través de transporte privado. También se utilizó la herramienta intersect de ArcMap para combinar este cálculo poblacional y la información de estratificación de los barrios y así obtener de manera gráfica los estratos con menos tiempo requerido para acceder a un punto de venta a través de transporte privado. De este modo la accesibilidad se logra evidenciar tanto en población georreferenciada y también dividida por estratos.

### **2.3. Accesibilidad media integral entre los puntos de venta y el despachadero**

Una vez con los puntos de venta y el despachadero elegidos y puestos sobre la red se procedió a hacer un cálculo de la accesibilidad media integral desde el despachadero al resto de Manizales y

Villamaría, para así generar un pronóstico en términos de tiempo medio de viaje y poderlo comparar con la matriz (Ver figura 4).

**Figura 4**  
Algoritmo de solución



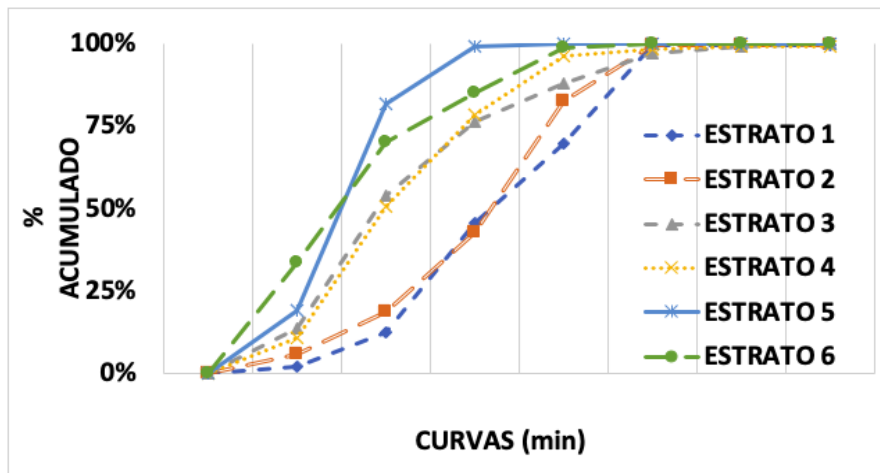
Fuente: Elaboración propia

En donde: O: Origen; TVmin: Tiempo de viaje mínimo; d: destinos existentes; d': destinos faltantes. Para este cálculo de orden de entrega se inició desde el despachadero al resto de puntos, eligiendo el punto que sacara el menor tiempo y a partir de este hacer el siguiente cálculo de accesibilidad media integral sin tener en cuenta el anterior punto desde donde se hizo el cálculo y así sucesivamente hasta abarcar la totalidad de puntos. Para organizar los datos que se iban a obtener se planteó una matriz por medio de la cual se evidenciarían todos los tiempos y así sacar análisis útiles para la logística a través de una metodología de lectura diferente dependiendo de si se leen los datos entre filas o entre columnas permitiendo una vista holística de todos los tiempos obtenidos y a su vez saber hacia dónde va el automóvil repartidor si se encuentra en un punto específico formando una ruta ideal de despacho o entrega.

### 3. Resultados y Discusión

Uno de los principales resultados se observa en la figura 5, en la cual se evidencia la cobertura porcentual de población según estrato y curva de tiempo medio de viaje.

**Figura 5**  
Tiempo medio de viaje acumulado de cobertura para la población discriminado por estratos



Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo entonces que para un porcentaje de cobertura poblacional del 50%, son los estratos 5 y 6 (alta capacidad económica) los de mayor beneficio en relación con la localización de los puntos de venta, con tiempos medios de viaje de hasta 7,5 minutos, mientras que, para igual porcentaje de cobertura poblacional, los estratos 1 y 2 (baja capacidad económica) son los que refieren una deficiente localización, presentando tiempos de viaje de hasta 17 minutos. Lo anterior establece que, según la localización de dichos puntos de venta, las personas de baja capacidad económica deben invertir más del doble del tiempo en relación con población de los estratos de mayor capacidad económica. Por medio de los resultados dados anteriormente se obtuvo la accesibilidad media integral ponderada que representa el tiempo medio que tardaría alguien de determinado estrato en llegar a uno de los puntos de venta (Ver tabla 1).

En la figura 6 se observan las curvas isócronas en intervalos de 5 minutos de la accesibilidad media integral para la población del área de estudio hacia los puntos de venta hipotéticos. En este caso se ve una adecuada cobertura poblacional sobre la cresta de la montaña, a lo largo del principal corredor de movilidad de la ciudad, así como en el sector centro de la misma.

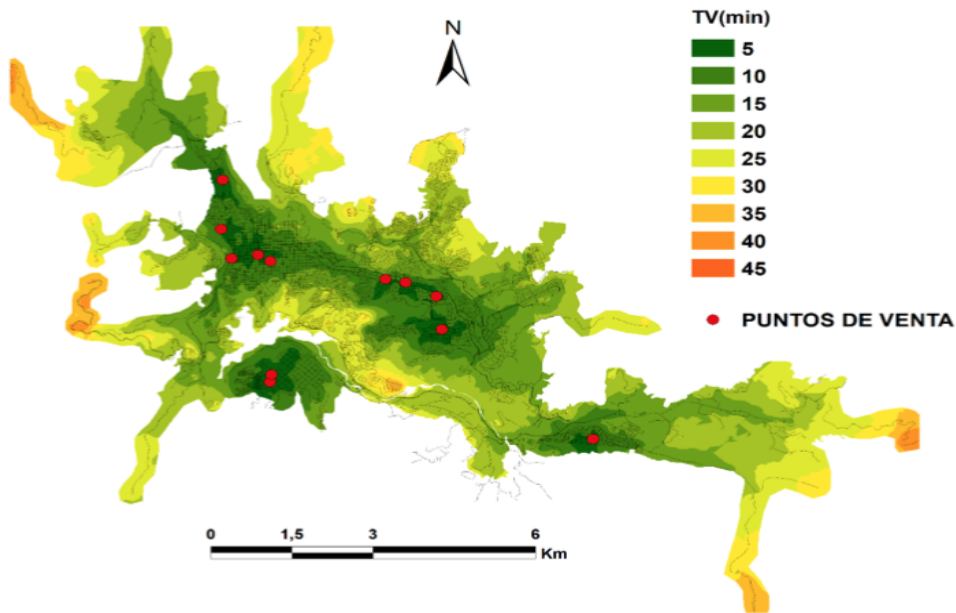
**Tabla 1**  
Accesibilidad Media Integral ponderada discriminada por estratos

Estratos	Tiempo Medio (min)
1	17,5
2	15,9
3	11,7
4	10,8
5	7,5
6	8,2

Fuente: Elaboración propia

-----

**Figura 6**  
Accesibilidad Media Integral de la población de Manizales y Villamaría a los diversos puntos de venta

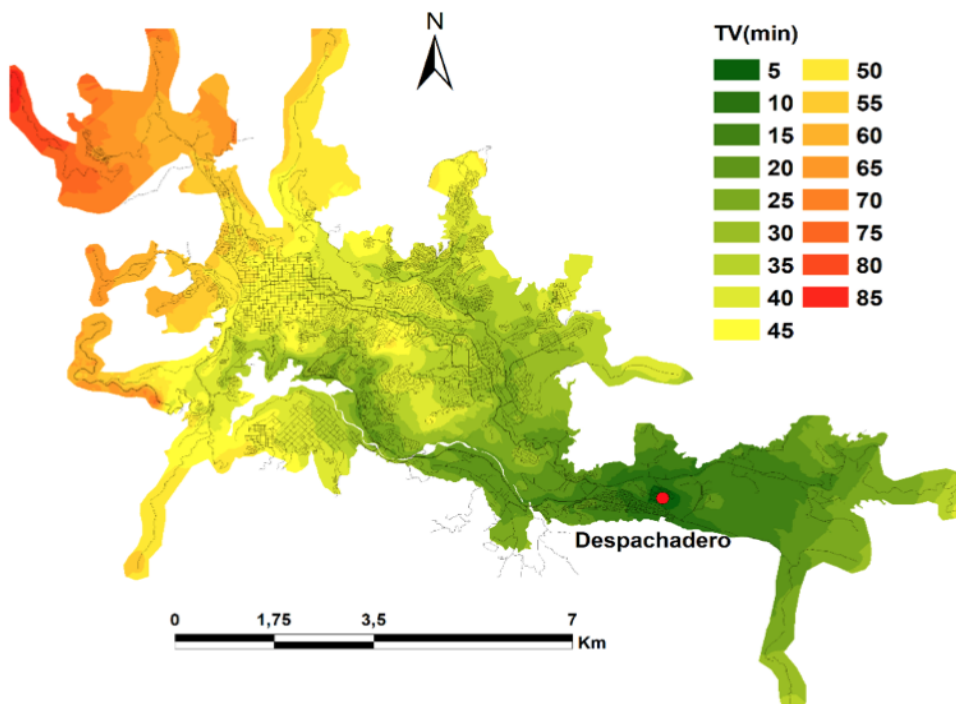


Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en la figura 7 se evidencian las curvas isócronas en intervalos de 5 minutos que representan los tiempos medios de viaje desde el despachadero. Lo anterior permite generar un pronóstico comparable con las matrices resultado de orden de entrega que se presentan más adelante. Las zonas a las que mejor acceso tiene el transporte privado que sale del despachadero son las avenidas principales; en la zona noroeste debido a la lejanía, se ve una accesibilidad con tiempos medios de viaje altos.

**Figura 7**

Mapa de isócronas mostrando la Accesibilidad Media Global del despachadero al resto de los municipios



Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, Tomando el tiempo más reducido y compilando todos los tiempos en la matriz, y usando la metodología expresada en la figura 8, se obtiene una primera matriz que representa el resultado del orden logístico de entrega evidenciado en la tabla 2. A partir de dicha matriz, se analiza el tiempo total de despacho que debe ser invertido para una atención total de los puntos hipotéticos de venta, lo que a su vez permite establecer el respectivo orden logístico de despacho, el cual se presenta en la Tabla 3.

**Figura 8**

Formato de la matriz de orden de entrega

Formato	
<b>Métodología:</b> Se calcularon los tiempos de un P. de venta a otro, comenzando por el despachadero y eliminando cada punto ya calculado del siguiente cálculo	
Se lee por fila como "Sale de __ a __" y por columna al encontrar una X se lee "Del P. _ al P. _"	
<b>X</b>	Según la columna va "Del P. _ al P. _"
<b>#</b>	Según la fila es el tiempo de "Salir de __ a __"
<b>0</b>	Diagonal principal
	Casillas inexistentes por cambios de orden

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2**  
Primera matriz resultado de orden de entrega

Fila: Sale de - a - Columna: Del P. - al P. -	Despachadero	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Despachadero	0	10,90992634	30,53189882	35,32386321	28,36777289	33,93751	42,08598192	41,76723974	42,27774216	45,84095075	46,17304451	36,69319757	36,62287403
P1	X	0	31,07294196	35,86490636	28,90881604	34,47855315	42,62702507	42,30828288	42,8187853	46,38199389	46,71408766	37,23424071	37,16391718
P2			0	13,49563119		X	26,01665364	22,76071423	25,42115624	28,98436483	29,3164586	48,02256203	47,9522385
P3			X	0			20,51370397	19,24469763	20,96664426	24,52985285	24,86194662	49,62783443	49,5575109
P4		X	17,86466337	12,99511369	0	10,91627595	13,71820903	13,39946685	14,17114932	17,73435791	18,06645167	45,997151	45,92682747
P5			12,46057264	12,63235108	X	0	15,94131623	13,95185612	16,39425652	19,95746511	20,28955888	44,33499292	44,26466939
P6							0		X	16,98369607	19,32765141	44,08702849	44,01670495
P7				X			8,797502194	0	6,326023096	12,49674257	15,3006082	43,51529719	43,44497365
P8								X	0	14,38346141	17,2162392	42,11841204	42,0480885
P9							X			0	12,71287574	49,51859372	49,44827018
P10										X	0	54,11390764	54,0435841
P11												0	X 3,04112801259
P12											X		0

Fuente: Elaboración propia

-----

**Tabla 3**  
Primer orden tentativo de despacho logístico

--



<b>Orden</b>	<b>Tiempo (min)</b>
Despachadero al P1	10,9
P1 al P4	28,9
P4 al P5	10,9
P5 al P2	12,5
P2 al P3	13,5
P3 al P7	19,2
P7 al P8	6,3
P8 al P6	10,3
P6 al P9	17,0
P9 al P10	12,7
P10 al P12	54,0
P12 al P11	3,0
<b>Tiempo total</b>	<b>199,3</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la primera matriz resultado de orden de entrega (Ver Tabla 2), al compararla con las curvas isócronas que representa la accesibilidad media integral del despachadero hacia Manizales y Villamaría (Ver Figura 7), es posible proponer una ruta que consuma un menor tiempo al comenzar las entregas por el municipio de Villamaría (zona sur) antes de llegar al P10 (zona norte), ya que el P10 es atendido antes que los puntos localizados en Villamaría (P11 y P12); no obstante, se tiene que del despachadero al P10, se debe invertir mucho más tiempo medio de viaje que del despachadero a los P11 y/o P12. Es así que se itera una segunda matriz de orden logístico de entrega, cuyos resultados se presentan en la Tabla 4.

A partir de esta segunda matriz, se analiza el tiempo total de despacho que debe ser invertido para una atención total de los puntos hipotéticos de venta, lo que a su vez permite establecer el respectivo orden logístico de despacho, el cual se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 4**  
Segunda matriz resultado de orden de entrega

Fila: Sale de - a - Columna: Del P - al P -	Despachadero	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Despachadero	0	10,90992634	30,53189882	35,32386321	28,36777289	33,93751	42,08598192	41,76723974	42,27774216	45,84095075	46,17304451	36,69319757	36,62287403
P1	X	0	31,07294196	35,86490636	28,90881604	34,47855315	42,62702507	42,30828288	42,8187853	46,38199389	46,71408766	37,23424071	37,16391718
P2			0	X						27,50968325	30,32979385		
P3			12,12512405	0	X					24,52985285	24,86194662		
P4			17,86466337	12,99511369	0	X				17,73435791	18,06645167		
P5			12,46057264	12,63235108	12,13329679	0	X			19,95746511	20,28955888		
P6			21,85110479	21,40233711	20,90328283	16,41106567	0		X	16,98369607	19,32765141		
P7			23,22199339	21,16784305	20,66878877	17,78195426	8,797502194	0	6,326023096	12,49674257	15,3006082	X	
P8			25,13762439	23,08347405	22,58441977	19,69758526	10,27770213	X	0	14,38346141	17,2162392		
P9			X							0	12,71287574		
P10										X	0		
P11			45,43122412	50,53063157	45,04657899	45,13774148	45,87259383	44,21080693	44,56592653	50,736646	52,4694238	0	X
P12		X	47,05418566	52,15359311	46,66954053	46,76070302	47,49555537	45,83376847	46,18888807	52,35960754	54,09238534	3,041128013	0

Fuente: Elaboración propia

-----

**Tabla 5**  
Segundo orden tentativo de despacho logístico

Orden	Tiempo (min)
Despachadero al P1	10,9
P1 al P12	37,2
P12 al P11	3,0
P11 al P7	44,2
P7 al P8	6,3
P8 al P6	10,3
P6 al P5	16,4
P5 al P4	12,1
P4 al P3	13,0
P3 al P2	12,1
P2 al P9	27,5
P9 al P10	12,7

**Tiempo total**

205,8

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el algoritmo calculó la ruta más cercana desde Villamaría hacia los puntos ubicados en el centro histórico de la ciudad (P6, P7, P8), siguiendo hacia la zona de Palogrande (P2, P3, P4 y P5) y devolviéndose a los puntos del noroeste de Manizales (P9 y P10) generando una ruta aparentemente poco eficiente. Dado lo anterior, se realizan otros cálculos de control para comprobar si luego de despachar la zona del centro histórico de la ciudad (P6, P7, P8), es más óptimo desplazarse al noroeste de la ciudad (P9 y P10), para posteriormente desplazarse hacia la zona de Palogrande (P2, P3, P4 y P5). Lo anterior permitirá obtener una tercera matriz resultado de orden de entrega, la cual se presenta en la Tabla 6.

A partir de esta tercera matriz, se analiza el tiempo total de despacho que debe ser invertido para una atención total de los puntos hipotéticos de venta, lo que a su vez permite establecer el respectivo orden logístico de despacho, el cual se presenta en la Tabla 7.

**Tabla 6**  
Tercera matriz resultado de orden de entrega

Fila: Sale de - a - Columna: Del P - al P -	Despachadero	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Despachadero	0	10,90992634	30,53189882	35,32386321	28,36777289	33,93751	42,08598192	41,76723974	42,27774216	45,84095075	46,17304451	36,69319757	36,62287403
P1	X	0	31,07294196	35,86490636	28,90881604	34,47855315	42,62702507	42,30828288	42,8187853	46,38199389	46,71408766	37,23424071	37,16391718
P2			0	X									
P3			12,12512405	0	X								
P4			17,86466337	12,99511369	0	X							
P5			12,46057264	12,63235108	12,13329679	0					X		
P6			21,85110479	21,40233711	20,90328283	16,41106567	0		X	16,98369607	19,32765141		
P7			23,22199339	21,16784305	20,66878877	17,78195426	8,797502194	0	6,326023096	12,49674257	15,3006082	X	
P8			25,13762439	23,08347405	22,58441977	19,69758526	10,27770213	X	0	14,38346141	17,2162392		
P9			27,50968325	25,45553291	24,95647863	22,06964412	X			0	12,71287574		
P10			30,32979385	28,27564351	27,77658923	24,88975472				X	0		
P11			45,43122412	50,53063157	45,04657899	45,13774148	45,87259383	44,21080693	44,56592653	50,736646	52,4694238	0	X
P12		X	47,05418566	52,15359311	46,66954053	46,76070302	47,49555537	45,83376847	46,18888807	52,35960754	54,09238534	3,041128013	0

Fuente: Elaboración propia

-----

**Tabla 7**  
Tercer orden tentativo de despacho

Orden	Tiempo (min)
Despachadero al P1	10,9
P1 al P12	37,2
P12 al P11	3,0

P11 al P7	44,2
P7 al P8	6,3
P8 al P6	10,3
P6 al P9	17,0
P9 al P10	12,7
P10 al P5	24,9
P5 al P4	12,1
P4 al P3	13,0
P3 al P2	12,1
<b>Total tiempo</b>	<b>203,8</b>

Fuente: Elaboración propia

El tercer orden tentativo de entrega es menor al segundo orden tentativo de entrega, sin embargo, mayor al primero, aunque los tres tiempos son similares y podrían ser tenidos en cuenta para su uso en caso de altercados en alguna zona por la que las rutas pasan, a su vez, se asume que cualquier cálculo posterior con un pequeño cambio en la ruta generaría tiempos dentro o alrededor de esos intervalos.

## 4. Conclusiones

La cobertura poblacional de los puntos de venta es estratégica debido a que la población con mejores condiciones de accesibilidad es la de estratos 5, 6 y 4 respectivamente, es decir, la que está compuesta por población con ingresos alto; no obstante, se evidencia una accesibilidad general a la población bastante adecuada, en donde alrededor del 100% de la población tienen acceso a un punto de venta en menos de 30 minutos a través de transporte privado.

Se concluye que el análisis de accesibilidad media integral permite establecer un panorama claro sobre el orden logístico de entrega a partir de un punto fijo o despachadero y hacia otros puntos fijos de distribución, encontrando que es está una primera experiencia en la aplicación de modelos geoestadísticos para la definición preliminar de una orden de entrega. Se concluye que, con estos modelos, es posible tener como variable de entrada la variabilidad de las condiciones operativas de la red de infraestructuras del transporte, lo cual es posible irse ajustando a lo largo del día dependiendo de los resultados que se vayan obteniendo según una primera matriz calculada.

En investigaciones futuras se podría tener en cuenta una metodología de prioridad de orden de entrega dependiendo del conocimiento de demanda en los puntos de venta, o en el caso de que existan varios camiones repartidores y se hagan ruteos simultáneos, lo cual indudablemente mejoraría la precisión del ruteo propuesto.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los estudiantes pertenecientes al Grupo de investigación en Movilidad Sostenible – GIMS, 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. Se agrade a la revista ya que este artículo de investigación “Full Paper” ha sido sometido individualmente a revisión de pares académicos por parte del Comité Editorial de la Revista Espacios.

## Referencias bibliográficas

Alcaldía de Manizales. (2017). *Boletín Estadístico*. 1–42.

- Batty, M. (2009). Accessibility: In search of a unified theory. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(2), 191–194. <https://doi.org/10.1068/b3602ed>
- Cardona, S. (2018). *Propuesta metodológica para el cálculo de las penalidades por giro en modelos de accesibilidad*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Manizales.
- M. Q. Dalvi. (1998) Behavioural Modelling, Accessibility, Mobility and Need: Concepts and Measurement, En: D. A. Hensher and P. R. Stopher, (eds.) *Behavioural Travel Modelling*, (pp. 639-653). Inglaterra: Croom Helm.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). Nueva Visión de la Política Nacional Logística. Misión Logística y Comercio Exterior, 92.
- Glistau, E., & Isaias, N. (Julio, 2019). Logistics 4.0 – basics, ideas and useful methods. *MultiScience - XXXIII. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference – Miskolc*. University of Miskolc, Hungría.
- Guzman, L. A., Oviedo, D., & Rivera, C. (2017). Assessing equity in transport accessibility to work and study: The Bogotá region. *Journal of Transport Geography*, 58, 236–246. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.12.016>
- Handy, S. L., & Niemeier, D. A. (1997). Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 29(7), 1175–1194. doi:10.1068/a291175
- Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Planning Association*, 25(2), 73–76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- Holl, A., & Mariotti, I. (2018). The Geography of Logistics Firm Location: The Role of Accessibility. *Networks and Spatial Economics*, 18(2), 337–361. <https://doi.org/10.1007/s11067-017-9347-0>
- 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>
- Mitchell, R. B., & Rapkin, C. (1954). Urban Traffic: A function of Land Use. *Social Forces*. 33. 402-403.
- Moncada, C. A., Cardona, S., & Escobar, D. A. (2018). Saving Travel Time as an Urban Planning Instrument. Case Study: Manizales, Colombia. *Modern Applied Science*, 12(6), 44. <https://doi.org/10.5539/mas.v12n6p44>
- 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. 21-38.
- Ramírez, D., Cardona, S., & Escobar, D. A. (2018). New transportation infrastructure impact in terms of global average access - intersection "La Carola" Manizales (Colombia) case study. *Contemporary Engineering Sciences*. 11. 215-227. 10.12988/ces.2018.812.
- G H Pirie. (1979). Measuring Accessibility: A Review and Proposal, *Environment and Planning*, 11(3), 299-312.
- Rai, A. (2 de diciembre de 2019). Lean manufacturing concept [Publicación]. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/335684302\\_LEAN\\_MANUFACTURING\\_CONCEPT](https://www.researchgate.net/publication/335684302_LEAN_MANUFACTURING_CONCEPT)
- Robledo, J. E. (1996). *La Ciudad de la colonización Antioqueña*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Shoorcheh, M., Varesi, H., Mohammadi, J., & Litman, T. (2016). Urban Growth Structure and Travel Behavior in Tehran City. *Modern Applied Science*, 10(8), 32. <https://doi.org/10.5539/mas.v10n8p32>
- Vega, L. (2006). *Beneficios socio-ambientales de estrategias de movilidad sostenible en el centro de la ciudades: aplicación al caso de Madrid*. (Tesis de Doctorado). Universidad politécnica. Madrid.
- Verhetsel, A., Kessels, R., Goos, P., Zijlstra, T., Blomme, N., & Cant, J. (2015). Location of logistics companies: a stated preference study to disentangle the impact of accessibility. *Journal of Transport Geography*, 42, 110–121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.12.002>
- Vigo, P. T. (2000). *The Vehicle Routing Problem*. Italia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Weibull, Jorgen W., (1976). An axiomatic approach to the measurement of accessibility, *Regional Science and Urban Economics*, Elsevier. 6(4), pages 357-379.

Younes, C., Escobar, D. A., & Holguín, J. M. (2016). Equidad, accesibilidad y transporte. Aplicación explicativa mediante un análisis de accesibilidad al sector universitario de manizales (Colombia). *Información Tecnológica*, 27(3), 107–118. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000300010>

---

1. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial. Colombia. e-mail: [dgonzaleznu@unal.edu.co](mailto:dgonzaleznu@unal.edu.co)

2. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial, Grupo de Investigación en Innovación y Desarrollo Tecnológico. Colombia. e-mail: [sruizhe@unal.edu.co](mailto:sruizhe@unal.edu.co)

3. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Civil. Grupo de Investigación en Movilidad Sostenible - GIMS. Colombia. e-mail: [daescobarga@unal.edu.co](mailto:daescobarga@unal.edu.co)

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 41 (Nº 15) Año 2020

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](mailto:webmaster)]

[revistaESPACIOS.com](http://revistaESPACIOS.com)



This work is under a Creative Commons Attribution-  
NonCommercial 4.0 International License