

Priorización de áreas para alto volumen de carga y descarga. Caso: Santiago de Cali

Prioritization of areas for high volume loading and unloading. Case: Santiago de Cali

Eduar Fernando Aguirre González 

Universidad del Valle, Ingeniería Logística, Yumbo, Colombia.

eduar.f.aguirre@correounivalle.edu.co

Recibido: 14 de septiembre de 2021 – **Aceptado:** 31 de enero de 2022

Abstract

The socio-economic development of the Valle del Cauca region has been mainly determined by coffee, sugar and, in addition, agricultural production of inputs for agro-industry. Additionally, the city of Cali has different areas with commercial, residential, academic and health activities, some clustered and others mixed together. Based on the territorial analysis, the concept of urban logistics and with help of the combination of Multicriteria Decision Analysis (MCDA) and Analytic Hierarchy Process (AHP) y Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) methodology, it is intended to provide a ranking of proposals on areas in the city with current and future possibilities to be considered as a high volume loading and unloading areas.

Keywords: *Territorial analysis, urban logistics, MCDA, AHP TOPSIS, loading and unloading.*

Resumen

El desarrollo económico-social de la región del Valle del Cauca fundamentalmente ha estado determinado por la actividad cafetera, azucarera y, además, por la producción agrícola de insumos para la agroindustria. Adicionalmente la ciudad de Cali posee diferentes zonas con actividades comerciales, residenciales, académicas y de salud, algunas clusterizadas y otras mezcladas entre sí. A partir del análisis territorial, el concepto de logística urbana y con ayuda de la combinación de metodologías de Análisis de Decisión Multicriterio (MCDA), como lo es Analytic Hierarchy Process (AHP) y Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), este artículo de investigación pretende entregar un ranking de propuestas sobre zonas en la ciudad con posibilidades actuales y futuras de considerarse como una zona de cargue y descargue de alto volumen.

Palabras clave: *Análisis territorial, logística urbana, AHP, TOPSIS, Carga y descarga.*

Cómo citar:

Aguirre-González EF. Priorización de áreas para alto volumen de carga y descarga. Caso: Santiago de Cali. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 2022; e22611599. <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i2. 11599>



1. Introducción

El cambio de contexto de la industria y el comercio en todo el mundo ha orientado a las empresas a centrar sus esfuerzos cada vez más en los procesos de diferenciación ⁽¹⁾, dentro de los cuales los servicios logísticos desempeñan un papel fundamental en el cumplimiento de los requisitos de entregas puerta a puerta, embalaje, embalaje ecológico y agradable al final del cliente, trazabilidad y trazabilidad de pedidos, bajos costos de transporte (envío), entre otros elementos que agregan valor al producto en la mente del cliente, generalmente conocido como 3PL - Logística de terceros ofrecida por organizaciones dedicadas a servicios logísticos ⁽²⁾.

Estas consideraciones son analizadas por ⁽³⁾, quienes las enmarcan dentro de las tendencias en logística, referidas específicamente a la subcontratación de servicios logísticos, la competencia agresiva en mercados globalizados y la diferenciación o alcance de las ventajas competitivas a través del valor agregado a los procesos.

Para ⁽⁴⁾ y ⁽⁵⁾ la definición de consolidación de carga se establece como el proceso de agrupar diferentes envíos de proveedores en un solo despacho grande dentro de un centro de consolidación. El objetivo principal de la consolidación de carga es reducir el costo total de transporte entre un origen y un destino ⁽⁶⁾. A su vez, puede clasificarse en tres formas de consolidación: consolidación de inventarios, consolidación de vehículos y consolidación de terminales ⁽⁷⁾, como se observa en las Figuras 1, 2 y 3:

a) **Consolidación de inventario:** comprende el almacenamiento de elementos que se producen y utilizan en diferentes momentos y se transportan en la misma carga. "Consolidación temporal".

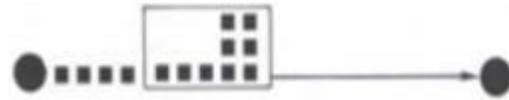


Figura 1. Consolidación de Inventarios

b) **Consolidación de vehículos:** "Consolidación espacial" comprende la recolección de artículos que provienen de diferentes proveedores y / o entrega a múltiples clientes.

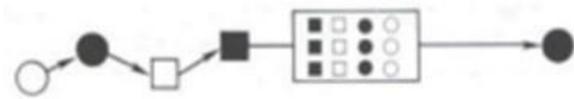


Figura 2. Consolidación de Vehículos

c) **Consolidación de terminal:** lleva artículos de diferentes destinos a un nodo central para ser seleccionados, se cargan en vehículos diferentes (nuevos) y se transportan a diferentes destinos.

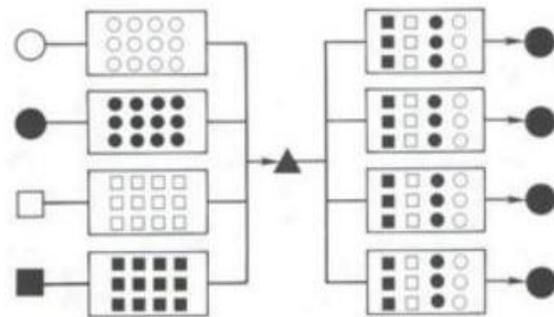


Figura 3. Consolidación de terminales

Para ⁽⁸⁾, existe una clasificación similar, pero agrega una forma de consolidación llamada independiente, en la que pequeños envíos se atienden directamente a cada cliente de forma independiente. Esta clasificación se denomina como la consolidación de envíos, de vehículos y consolidación de red respectivamente.

El transporte urbano de mercancías es una actividad extremadamente importante y bastante

inquietante. Cada vez más, se observan esfuerzos para medir y controlar los movimientos de carga dentro de los centros de las ciudades. De acuerdo con ⁽⁹⁾ la carga es transportada por vehículos que se mueven por las mismas calles y arterias utilizadas por los vehículos privados y públicos que transportan gente. Estos vehículos hacen una contribución significativa a la congestión y las molestias ambientales, como emisiones, ruido, entre otros, que impactan negativamente en la calidad de vida en los centros urbanos. Como se expresa en ⁽¹⁰⁾, la gran mayoría de las iniciativas del sector público destinadas a la carga urbana tienen como objetivo reducir sus impactos sociales y ambientales negativos, que generalmente son el resultado de la actividad de carga vehicular. Con este fin, los responsables de la política de transporte han promulgado múltiples iniciativas que tienden a centrarse en la infraestructura física, el tráfico, los vehículos o la actividad logística subyacente. Este enfoque es una respuesta natural a la participación de vehículos de carga en la generación de externalidades negativas.

Sin embargo, después de una inspección minuciosa, la investigación ha revelado que las interacciones de los agentes en el núcleo de las cadenas de suministro desempeñan un papel fundamental en la configuración y generación de tráfico vehicular que produce los efectos indeseables ⁽¹⁰⁾.

La demanda de carga y las iniciativas de gestión del uso del suelo alteran la demanda de carga para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia. La gestión del uso del suelo incluye la reubicación de grandes generadores de tráfico y la integración de la carga en el proceso de planificación del uso del suelo. FDM (Freight Demand Management) intenta reducir los impactos producidos por las entregas, retomando a los menos congestionados del día, consolidando los viajes de entrega o coordinando entregas de diferentes establecimientos. Estas

iniciativas benefician a toda el área metropolitana porque reducen la cantidad total de tráfico de mercancías, particularmente durante las horas pico. Estas iniciativas se dirigen a los sectores industriales que generan la mayor parte del tráfico de mercancías ⁽¹¹⁾. Mientras tanto, la logística urbana es un aspecto fundamental para el desarrollo de un entorno social y más cuando se tiene un alto volumen de actividad comercial en el transporte de carga, para una amplia densidad de población, por lo que la logística urbana se define como el proceso mediante el cual el transporte privado se optimiza las actividades logísticas en las zonas urbanas, considerando el tráfico, la congestión y el consumo de energía dentro de la estructura de una economía de mercado ⁽¹²⁾. En este contexto de logística urbana, el concepto y los principios de coordinación de actores involucran estrategias que no solo conciernen a los actores de la cadena de suministro, sino que también vinculan entidades que sistemáticamente son parte del entorno logístico de una ciudad y cuya articulación es necesaria para lograr los objetivos de movilidad, sostenibilidad y habitabilidad ⁽¹³⁾.

Las actividades de distribución y transporte de carga en la ciudad son elementos importantes que afectan a los ciudadanos; y todos los actores deben estar articulados (transportistas, generadores de carga, proveedores, el gobierno) ya que los efectos colaterales disminuirán.

En ⁽¹⁴⁾ se argumenta que la logística urbana sostenible debe ser la solución a los muchos problemas sociales, ambientales y económicos causados por el transporte de mercancías por carretera en las ciudades. No debería sorprendernos el hecho de que esta definición se refiere a problemas sociales, ambientales y económicos, que también hemos identificado previamente como los motivos que impulsan a las empresas a desarrollar actividades de logística inversa.

La ciudad en estudio, Santiago de Cali, y su proceso histórico de desarrollo que tuvo lugar durante el siglo XX, debe analizarse en el marco del desarrollo socioeconómico de la región del valle del río Cauca. Como lo describe ⁽¹⁵⁾ esta forma específica de desarrollo económico ha sido determinada fundamentalmente por la actividad del café (producción, transporte, trilla, exportación), por la industria azucarera (cultivo de caña, transformación industrial, generación de insumos para otras ramas, exportación) y, además, por la producción agrícola de insumos para la agroindustria. Actualmente, la ciudad de Cali tiene diferentes áreas que presentan actividades mixtas, algunas agrupadas, otras combinadas, como comercial, vivienda, salud, entre otras. Además, la ciudad se ve afectada por varios problemas, entre los cuales destacan los problemas de movilidad, un factor agravante de esto es el crecimiento acelerado de nuevas viviendas en el área sur de la ciudad, acompañado por el deterioro de la red de carreteras de la ciudad, esto no solo afecta la satisfacción de Cali sino que representa ineficiencias y altos costos para las empresas que distribuyen sus productos y servicios en la ciudad, convirtiendo éste problema, cuya decisión involucra diferentes criterios, en un problema a solucionar con la aplicación de técnicas de toma de decisiones multicriterio (MCDA). El MCDA es una metodología muy popular ampliamente utilizada en la resolución de muchos problemas de decisión de la vida real. Es una de las herramientas elementales que permiten obtener clasificaciones cuantitativas y generar recomendaciones de decisión sobre su base, teniendo en cuenta una multitud de criterios a menudo contradictorios ⁽¹⁶⁾. En estudios como el de ⁽¹⁷⁾ que presente el marco de evaluación de las políticas y un estudio de caso sobre la ciudad belga de Malinas y como la ciudad se esfuerza por seleccionar una medida política adecuada y con amplio apoyo para aumentar la sostenibilidad del transporte urbano

de carga. Por otro lado, en ⁽¹⁸⁾ se presentan evaluaciones de las partes interesadas de dos medidas específicas destinadas a aumentar la utilización de las zonas de la calle, la noche y Los depósitos móviles permiten la reasignación del suelo, mientras que las entregas nocturnas y vespertinas promueven la distribución urbana de mercancías en periodos de poco tráfico y dispersan las actividades de distribución a lo largo de 24 horas

El objetivo principal de esta investigación fue llevar a cabo el diagnóstico global y la propuesta de un plan de intervención para un área específica de la ciudad de Cali. Además, con base en el análisis territorial, el concepto de logística urbana y con ayuda de metodologías multicriterio, entregar un ranking de propuestas sobre zonas en la ciudad con posibilidades actuales y futuras de considerarse como una zona de cargue y descargue de alto volumen.

2. Metodología

Para el desarrollo de esta investigación el trabajo se dividió en tres fases, como lo muestra la Figura 4:

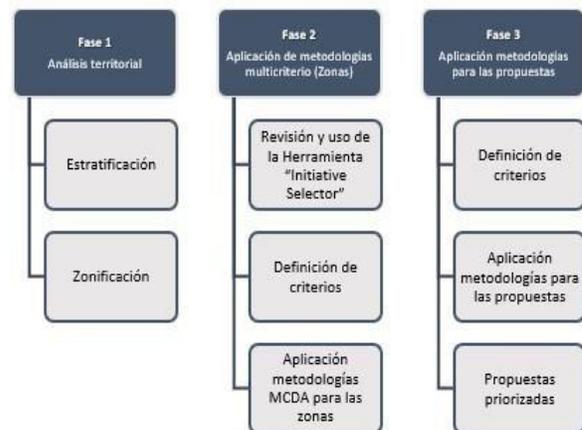


Figura 4. Esquema metodología propuesta

Fase 1: Análisis territorial. Las actividades relevantes fueron:

- Estratificación socioeconómica de la ciudad.

• Zonificación

El análisis socioeconómico se realizó según ⁽¹⁹⁾ y la zonificación se realizó según la metodología propuesta por ⁽²⁰⁾ estableciendo áreas con posibilidades actuales y futuras para ser consideradas como un área de carga y descarga de alto volumen.

Fase 2: Aplicación metodológica del multicriterio.

El desarrollo de las metodologías multicriterio sugiere el diseño de una jerarquía del problema a resolver. La figura 5 muestra dicha jerarquía, la cual es utilizada para determinar los pesos relativos de los criterios a utilizar en las alternativas seleccionadas. Luego, con la herramienta "Initiative Selector Tool for Improving Freight System Performance", propuesta por ⁽²¹⁾, se configuraron las opciones para cada uno de ellos.

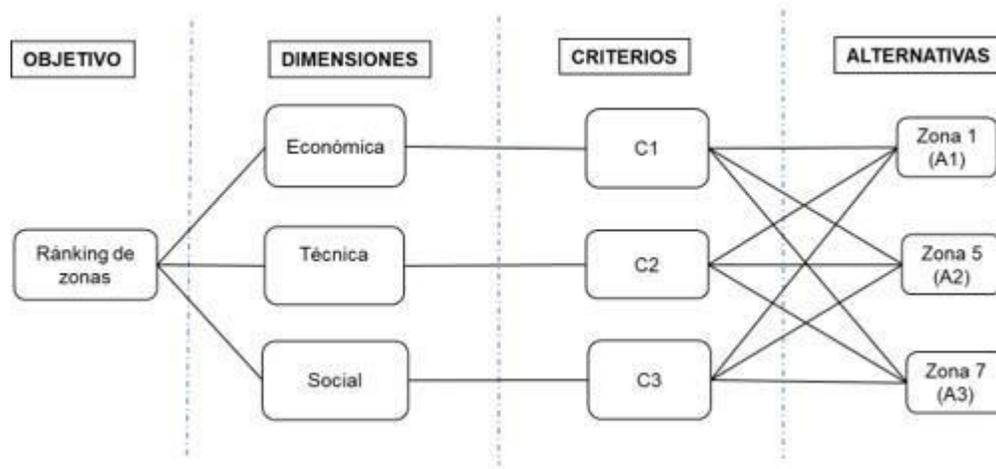


Figura 5. Jerarquización para la selección de la zona a evaluar

Como uno de los resultados de la fase anterior fueron las alternativas, aquí se identificaron las dimensiones y criterios a evaluar, que saldrán de las variables consideradas en la herramienta "Initiative Selector Tool for Improving Freight System Performance", tales como: Inversión (C1), tiempo de implementación (C2), riesgo de consecuencias desatendidas (C3), entre otras. Posteriormente se recurrió a la aplicación metodológica de la combinación de los métodos Analytic Hierarchy Process (AHP) y Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS).

Fase 3: Priorización plan de propuestas. Las actividades relevantes en esta fase fueron:

- Análisis de datos y Diagnóstico global de la zona.
- Relación de propuestas para intervenir la zona elegida
- Entrega del diagnóstico y el plan de propuestas priorizadas.

Al igual que en la fase 2, para esta etapa se realizó la jerarquización para la aplicación de las metodologías multicriterio, como se observa en la figura 6.

El principal producto resultante será el ranking de las propuestas para la zona elegida.

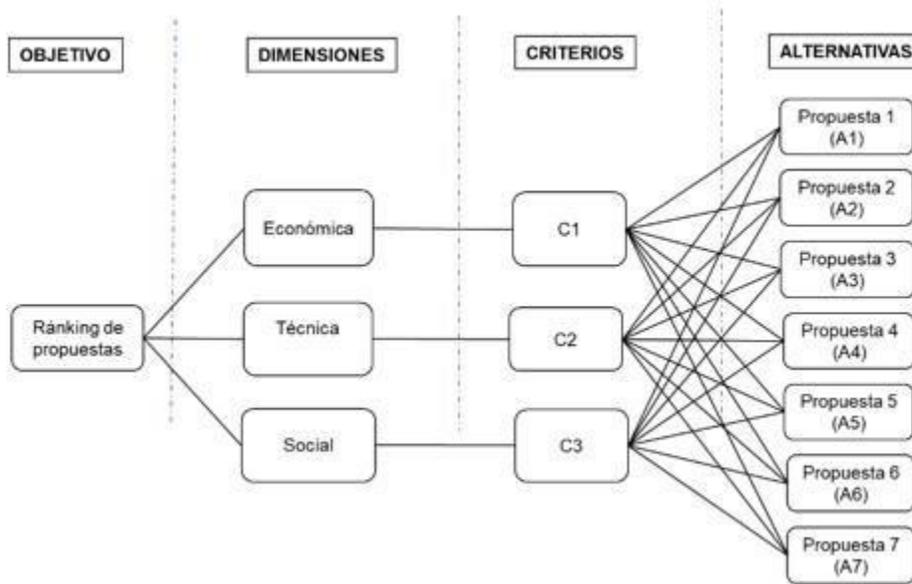


Figura 6. Jerarquización para la priorización de las propuestas

3. Resultados y discusión

3.1 Análisis Territorial

El análisis territorial de la ciudad de Cali, con base en la metodología de segmentación realizada por ⁽²⁰⁾, el cual permitirá un diagnóstico global de la problemática de la ciudad en cuanto a logística urbana.

De acuerdo con ⁽¹⁹⁾ la estratificación socioeconómica de la ciudad se representa en la

figura 7, notándose una mayor representatividad del estrato 3, definido por el Congreso del país como Medio-Bajo. La Tabla 1 propuesta en (20) nos describe los siete criterios espaciales y logísticos usados para la caracterización de las zonas, allí tomaron datos obtenidos de diferentes fuentes en Francia como el Instituto Nacional de Estadística y Estudios Económicos (INSEE), el Instituto Nacional de Geografía (IGN) y el operador postal; que son complementarios en el análisis de la Tabla 2.

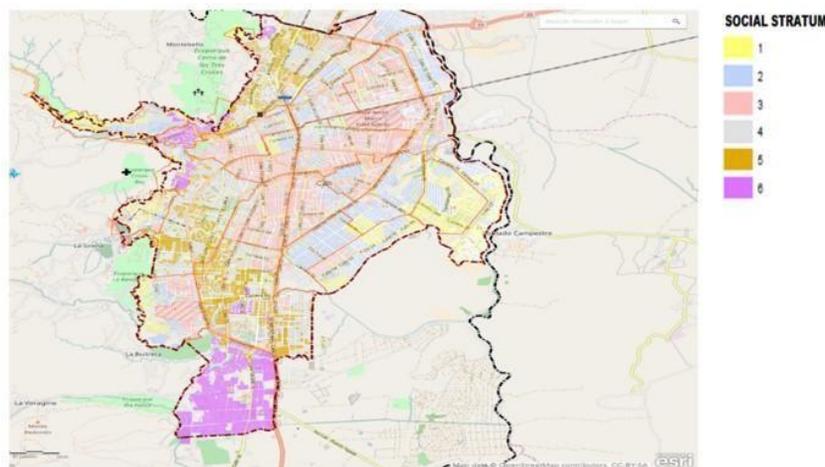


Figura 7. Mapa Sectores socioeconómicos de la Ciudad de Cali, Colombia**Tabla 1.** Descriptores del modelo: descripción y tipo de datos

Criterio	Descriptor del modelo	Naturaleza del descriptor	Tipo de los datos
1. Densidad poblacional	Densidad poblacional	Descriptor espacial/económico	INSEE Data
2. Densidad urbana	La densidad lineal de los puntos de entrega	Descriptor espacial/económico	Postal data
3. Densidad de red	Número de tramos de calle	Descriptor espacial	IGN Data
4. Tipo de vivienda	Nivel de verticalidad	Descriptor espacial	Postal data
5. Ingreso poblacional	Renta media anual de los hogares	Descriptor de la demanda	INSEE Data
6. Uso de suelo	Porción de los puntos de distribución profesional	Descriptor de la demanda	Postal data
7. Edad de la población	Porción de la población mayor	Descriptor de la demanda	INSEE Data

Dichos criterios fueron considerados en la presente investigación debido a que su identificación facilita la valoración y aplicación. Posteriormente, se procedió a establecer las zonas consideradas según los parámetros propuestos por ⁽²⁰⁾, descritas en la Tabla 2. Aquí encontramos las características para cada una de las nueve zonas consideradas, de acuerdo con los siete criterios descritos en la tabla anterior

Del total de nueve zonas descritas en la anterior tabla, el resultado de este análisis para la ciudad de Cali arrojó, inicialmente, la selección de 6 zonas como objeto de estudio (Zonas tipo 1, 4, 5, 6, 7 y 8) para el caso de carga y descarga de altos volúmenes, las podemos observar en la figura 8.

Posteriormente, se combinó con un análisis de las vías de carga que interconectan a la ciudad, como se muestra en la Figura 9.

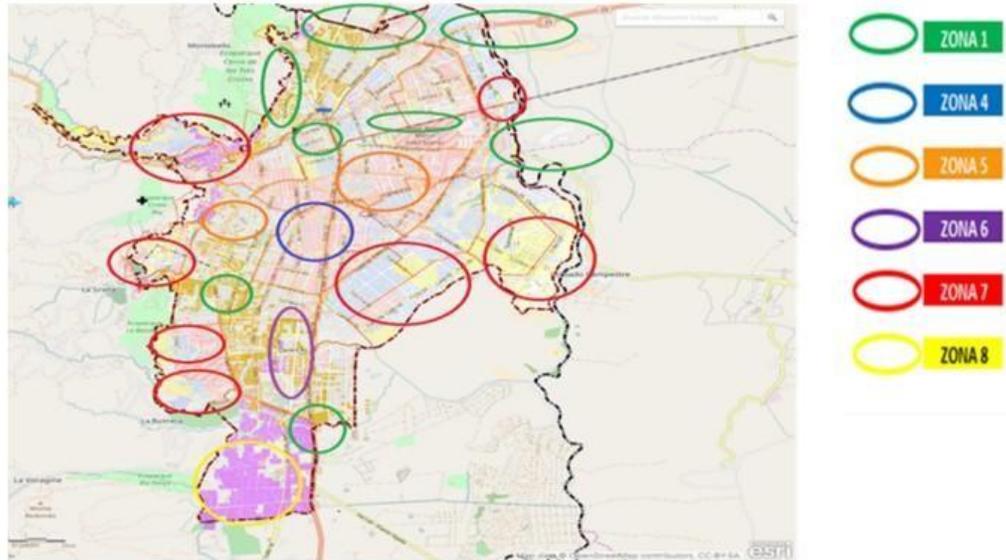


Figura 8. Mapa de Zonas a trabajar en la ciudad de Cali

Tabla 2. Descripción de las nueve zonas urbanas de la agrupación.

Criterio	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9
	Zona industrial y comercial	Zona de viviendas colectivas densas	Zona de viviendas colectivas de alta densidad	Zona del centro de la ciudad de media a densa y mixta	Zona densa y mixta del centro de la ciudad	Zona residencial de densidad media	Densidad media y residencial mixta	Zona residencial de baja densidad	Zona residencial de baja y muy baja densidad
1	/	Medio	Medio alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Bajo	Bajo
2	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio	Alto	Bajo	Bajo
3	Medio alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio bajo	Bajo	Bajo
4	/	Alto	Alto	/	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
5	/	Medio alto	Medio bajo	Medio alto	Medio bajo	Medio alto	Medio alto	Alto	Medio alto
6	Muy alto	Medio bajo	Alto	Medio	Alto	Medio bajo	Alto	Medio bajo	Medio bajo
7	/	/	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio	Alto

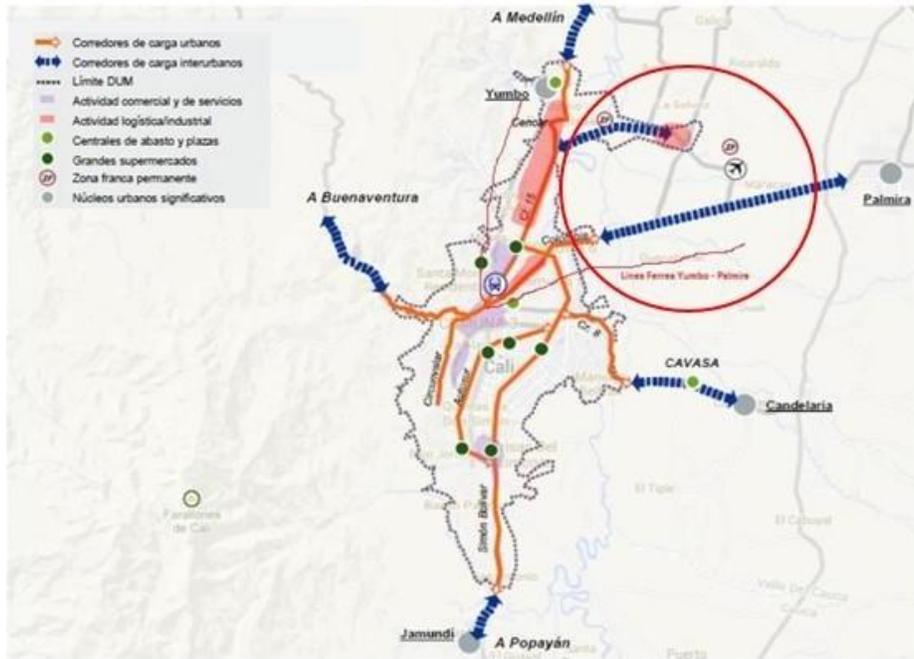


Figura 9. *Rutas interurbanas de carga asociadas a Cali*

Como resultado, se identificó una mayor presencia de características especiales referidas a las Zonas tipo 1, 5 y 7., en el área del nororiente de la ciudad (círculo rojo) dónde presenta una

mejor configuración de vías, por tanto, allí se identificaron las zonas elegidas para su evaluación, como se muestra en la Figura 10.

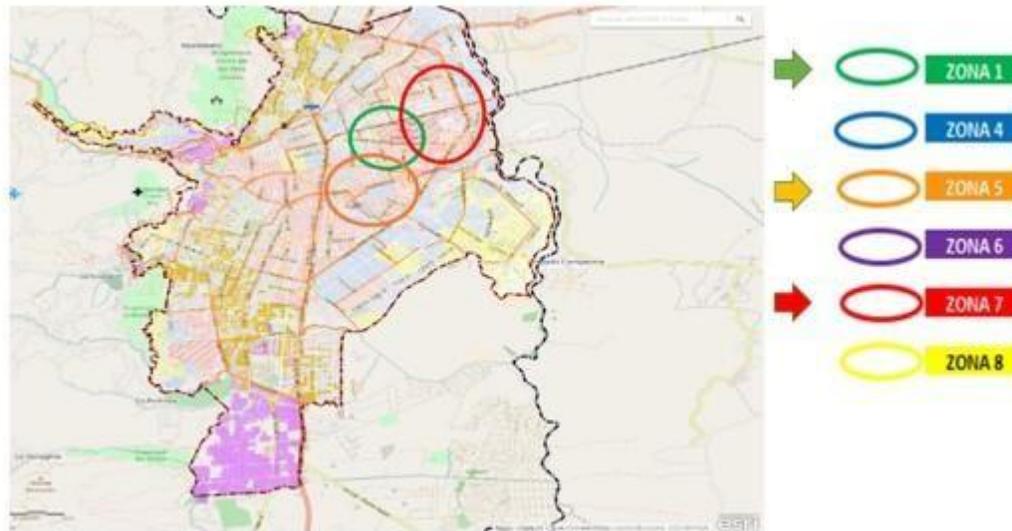


Figura 10. *Zonas seleccionadas para la ciudad de Cali*

Por otro lado, podemos observar en la Figura 11, que las zonas seleccionadas, pertenecen a la Comuna 5 (Comuna es un término usado en Colombia para referirse a una unidad

administrativa en la cual se subdivide el área urbana de una ciudad media o principal del país, que agrupa barrios o sectores determinados)



Figura 11. Vista aérea y representación gráfica de la Comuna 5 de la ciudad de Cali

CARACTERIZACIÓN SECTOR *			
Numero de Habitantes	102943		
Densidad Poblacional	239,08 hab/km2		
Numero de Viviendas	29734		
Densidad Viviendas	70,8 viviendas/Ha		
Estratos	2 y 3		
Barrios			
Código	Barrio, Urbanización o Sector	Código	Barrio, Urbanización o Sector
501	El Sena	594	Los Parques Barranquilla
502	Los Andes	595	Villa del Sol
503	Los Guayaqueanos	596	Paseo de Los Almendros
504	Chiminangos Segunda Etapa	597	Los Andes B La Riviera
505	Chiminangos Primera Etapa	598	Torres de Comfandi
506	Metropolitano del Norte	599	Villa del Prado El Guabito
Posición Estratégica:	Cercanía y equidistancia al Centro tradicional, a los terminales de transporte (buses, tren), a las salidas a municipios de Yumbo, Palmira (Aeropuerto) y Candelaria, además bordeada por 3 Corredores Urbanos Principales, como la Autopista Oriental, la Carrera 1a y la vía férrea a Palmira.		
Empresas:	Representan el 1,9% de las unidades económicas de la ciudad; de las cuales 57,4% pertenecen al sector comercio, 34,1% al sector servicios y 8,5% a industria. Se encuentra la empresa industrias del maíz-Ingredion, la más grande de la comuna, también, tiene algunas pequeñas empresas especializadas en textiles, confecciones y alimento. Se encuentra, El Centro Comercial Único Outlet, además de contar con algunos súper y mini mercados como, Olímpica, Metro, Comfandi, la 14 y Súper Inter. 13 Bancos o entidades financieras.		
Otras Organizaciones	3 puestos de salud, 48 unidades educativas, entre las que se encuentra el SENA		
Problemas Relevantes Transporte	<p>Deficiente estado de la malla vial y sus correspondientes andenes.</p> <p>Las causas de este problema son las siguientes: primero, la falta de presupuesto municipal para el mantenimiento vial, la mala calidad de los materiales empleados, la falta de reposición de alcantarillado en algunos sectores, el paso de vehículos de alto tonelaje en algunas vías, la siembra inadecuada de algunas especies arbóreas; además de la irresponsabilidad de los contratistas en el momento de ejecutar las obras, y finalmente, la carente interventoría y veeduría ciudadana al momento de realizar las obras viales.</p> <p>Los efectos de la deteriorada malla vial son: altas tasas de accidentalidad, la disminución de vías de acceso, el progresivo deterioro de los vehículos, el deterioro de las viviendas por el paso de vehículos de alto tonelaje y la contaminación visual que generan las vías en mal estado.</p>		

La figura 12, presenta una caracterización del sector

3.2 Aplicación metodología Multicriterio

Basados en las recomendaciones para las zonas urbanas, sugeridas por ⁽²⁰⁾, y descritas en la Tabla

3., se procedió a identificar las zonas en la ciudad.

Tabla 3. Recomendaciones para cada zona urbana.

Organizaciones Logísticas	Zonas urbanas	Soluciones de entrega	Zonas urbanas
1. Centro de consolidación urbana	1,4;5	1. Entrega de horas escalonadas	2;4;5;6;7;8;9
2. Depósito móvil	3;5	2. Almacén de recogida de movilidad	1;4;5;6;7
3. Tiendas de conveniencia y de recogida	3;4;5;7	3. Entrega en el mismo día o a gran velocidad	4;5;6;8
4. Tienda móvil	1;2;3;6;7;8;9	4. Entrega programada	2;4;5;6;7;8;9
5. Centro de consolidación urbana pequeño y "virtual"	2;3;4;5	5. Quiosco multiservicio	2;3;6;8;9
6. Punto de recepción de vehículos y pequeñas entregas	2;3;5	6. Parcela de conveniencia	2;4;5;6;8;9
7. Entrega organizada a los vecinos	2;3;5;6;7;8;9	7. Entrega desde el centro comercial/urbano	1;2;4;5;6;7;8;9
8. Entrega de contenedores y taquillas	1;5	8. Taquillas para paquetes	1;2;3;4;5;6;7;8;9
9. Entrega de la multitud	1;3;4;5;6;7;8	9. Conducción de la parcela	1;2;6;7;8;9
10. Flujo de mercancías mixto	1;3;4;5	10. Servicios logísticos para minoristas y tiendas	1;5

Ya identificadas las zonas a estudiar, se caracterizaron las zonas por medio de la herramienta "Initiative Selector Tool" ⁽²¹⁾, la cual arroja, de acuerdo a sus variables, las recomendaciones de organización logística y soluciones de entrega para cada zona urbana. La metodología que vincula una zona a una organización o solución es empírica. El principio de esta conectividad es vincular una o varias soluciones con base en iniciativas propuestas por la herramienta en uso a una zona donde puede ayudar a aliviar las limitaciones de la ciudad

espacial (logística urbana) y aprovechar lo mejor de las ventajas identificadas para la zona de carga y descarga.

En la Figura 13, se observa el resultado de estas acciones, la herramienta indica una lista de siete iniciativas concretas y señala el nivel de tres aspectos importantes a considerar como lo son la inversión, tiempo de implementación y riesgo de consecuencias no deseadas para cada una de las zonas, están arrojaron un resultado en escala de la siguiente manera: ninguno, bajo, medio, moderado y alto.

Nature of the Problem		Initiative	Investment	Implementation Time	Risk of Unintended Consequences	Sub-group	Group
<input checked="" type="checkbox"/> Congestion	<input checked="" type="checkbox"/> Inadequate Infrastructure	<input type="checkbox"/> Freight clusters (freight villages)	Very High	Long	Low / Moderate	Major Improvements	Infrastructure Management
<input checked="" type="checkbox"/> Pollution	<input checked="" type="checkbox"/> Noise	<input type="checkbox"/> Enhanced building codes	Low	Medium	Low	Off-Street Parking and Loading	Parking / Loading Areas Management
<input checked="" type="checkbox"/> Safety	<input checked="" type="checkbox"/> Stakeholder Engagement	<input type="checkbox"/> Time slotting of deliveries/ Pick-ups for large traffic generators	Low	Short / Medium	None / Low	Last Mile Delivery Practices	Logistical Management
<input checked="" type="checkbox"/> Land Use		<input type="checkbox"/> Voluntary off-hour delivery program	Moderate / High	Medium	None / Low	Freight Demand	Freight Demand / Land Use Management
		<input type="checkbox"/> Staggered work hours program	Low / High	Medium	None / Low	Freight Demand	Freight Demand / Land Use Management
		<input type="checkbox"/> Mode shift program	Low / High	Medium	None / Low	Freight Demand	Freight Demand / Land Use Management
		<input type="checkbox"/> Relocation of large traffic generators	High / Very High	Medium / Long	High / Very high	Land Use	Freight Demand / Land Use Management

Figura 13. Selección de iniciativas con la herramienta "Initiative Selector Tool for Improving Freight System Performance"

3.2.1 Uso De MCDA: Ahp-Topsis (Zonas)

Con base a las iniciativas arrojadas por la herramienta de ayuda "Initiative Selector Tool for Improving Freight System Performance", se procedió a considerar las dimensiones para la gestión de este tipo de proyectos y que deben estar siempre como objeto de investigación, las cuales fueron: condiciones económicas, técnicas y de carácter social, la Tabla 4 relaciona dicha consideración.

Se analizaron, entonces, las dimensiones con la ayuda de la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process), para darle un valor de ponderación y permitiera evaluar las alternativas (propuestas) y ayude a tomar la decisión sobre cuál es la mejor zona para la solución del punto "Zona de carga y descarga".

Tabla 4. Matriz de dimensiones y criterios

Dimensión	Criterio seleccionado	Unidad de medida
Económica	Nivel de inversión (C1)	Escala
Técnica	Tiempo implementación (C2)	Escala

Social Riesgo consecuencias involuntarias (C3) Escala

C1: Nivel de Inversión: una evaluación cualitativa de la financiación total requerida para la implementación de la iniciativa.

C2: Tiempo de implementación: una evaluación cualitativa del tiempo requerido para la implementación de la iniciativa.

C3: Riesgo de consecuencias involuntarias: una evaluación cualitativa de la posibilidad de efectos negativos no identificados.

Como resultado, los pesos de cada dimensión a considerar para la evaluación de las zonas se expresan en la Tabla 5:

Tabla 5. Ponderación de criterios

	C1	C2	C3
W	55.4%	29.2%	15.4%

El resultado de esta aplicación fue que la dimensión Económica tiene el mayor peso con un 55,4%, es el aspecto más importante cuando se realiza un proyecto, considerando el nivel de

inversión que sebera realizar, el segundo aspecto es el tiempo de implementación 29,2% y por último el factor social con un 15.4%, cabe destacar que, en la zona que se seleccionó, se encuentran alrededor de 105.000 habitantes ubicados en cerca de 29.800 viviendas. Con el uso de la información anterior, se tomaron las tres zonas objeto de estudio junto con las tres dimensiones propuestas. La Tabla 6 presenta la matriz inicial para la aplicación del TOPSIS, con el fin de obtener el ranking para la selección de la zona a ser considerada en la presente investigación.

Tabla 6. Matriz inicial (zonas) para uso de la metodología TOPSIS

W	55.4%	29.2%	15.4%
	C1	C2	C3
Zona 1 (A1)	0.64	2.73	4.73
Zona 5 (A2)	0.61	2.73	3.73
Zona 7 (A3)	0.61	2.73	4.73

Tabla 7. Orden de prioridad para las zonas seleccionadas

	Ri	Ránking
A1	1.000	1
A2	0.619	2
A3	0.369	3

La Tabla 7 ilustra el resultado obtenido al finalizar la metodología, ésta indica que se debe trabajar en la zona 1, de acuerdo con las dimensiones económicas, técnicas y sociales, facilitando el trabajo para ubicar la zona de carga y descarga en la ciudad de Cali. Las características de este tipo de zonas son: Una densidad poblacional baja por ser industrial y comercial, densidad urbana media, densidad de redes media-alta y un uso de suelo alto, entre otras.

3.2.2 Uso De MCDA: Ahp-Topsis (Propuestas)

La utilización de herramienta de trabajo para el análisis de zonas “Initiative Selector Tool for Improving Freight System Performance” dio como resultado una lista de siete propuestas (A1, A2..., A7) de acuerdo a todos los parámetros de estudio, el resultado se muestra en la Tabla 8.

Se analizaron las iniciativas, teniendo en cuenta las tres dimensiones; económica, técnica y social para todas las alternativas aplicando el modelo de selección y jerarquización con el fin de obtener un ranking de acciones a seguir en la zona elegida de trabajo. La Tabla 9 representa la matriz para la aplicación de los diferentes pasos en la metodología TOPSIS.

Tabla 8. Iniciativas propuestas para la zona seleccionada

Propuesta	Descripción
A1	Clústers de carga
A2	Códigos de construcción mejorados
A3	Ventanas de tiempo para entregas/recogidas para altos generadores de tráfico
A4	Programa voluntario de entregas fuera de hora
A5	Programa de horas de trabajo escalonada
A6	Programa cambio de modo
A7	Reubicación de altos generadores de tráfico

Tabla 9. Matriz inicial (iniciativas) para uso de la metodología TOPSIS

W	55.4%	29.2%	15.4%
	C1	C2	C3
A1	1.00	1.00	0.50
A2	0.25	0.66	0.25
A3	0.25	0.33	0.25

A4	0.50	0.66	0.50
A5	0.25	0.66	0.25
A6	0.50	0.66	0.25
A7	1.00	1.00	1.00

La Tabla 10 representa el resultado del TOPSIS para la priorización de iniciativas:

Tabla 10. Orden de prioridad para las iniciativas seleccionadas

	Ri	Ránking
A7	1.000	1
A1	0.826	2
A4	0.348	3
A6	0.325	4
A5	0.146	5
A2	0.145	6
A3	0.001	7

Con base a estos resultados se indica que el primer aspecto a considerar es la reubicación de los altos generadores de tráfico identificados en esta zona, seguido de la conformación de clústeres de carga.

4. Conclusiones

Teniendo en cuenta que la mayoría de las iniciativas del sector público dirigidas a la carga urbana buscando reducir sus impactos sociales y ambientales negativos, se propone una metodología considerando el análisis territorial y el concepto de logística urbana, con la ayuda de metodologías de Análisis de Decisión Multicriterio (MCDA) para establecer las bases de las decisiones sobre logística urbana. La combinación del MCDA y la herramienta "Initiative selector" permite una consideración simultánea para la selección de los criterios a considerar en este tipo de proyectos. El resultado de la evaluación y selección de zonas arrojó que la zona seleccionada fue la zona No. 1, esta zona es industrial y comercial, con un uso de suelo muy alto y densidad urbana media. En cuanto a

la selección de propuestas para esta área, la alternativa correspondiente a la iniciativa relacionada con la "Reubicación de generadores de alto tráfico", seguido de "conformación de clústeres de carga", considerando criterios como nivel de inversión, tiempo de implementación y riesgo de consecuencias no identificadas. La aplicación del MCDA para priorizar las propuestas permite al grupo decisor contar con un ordenamiento de las diferentes propuestas, así, podrán irse aplicando en la medida de las posibilidades, teniendo en cuenta que el grupo decisor puede incluir aspectos adicionales como el de políticas públicas, presupuesto, planes territoriales, entre otros, ampliando el número de criterios en las dimensiones propuestas. Es por esto que esta propuesta puede servir de base para trabajos futuros que incluyan los aspectos anteriormente relacionados y que permitan al grupo decisor tomar decisiones de mediano y largo plazo sobre el abastecimiento de las ciudades.

5. Declaración de financiación

El autor o autores no recibieron financiación específica para este trabajo

6. Referencias

1. Andersson D, Norrman A. Procurement of logistics services a minutes work or a multi-year project? *Eur J Purch Supply Manag.* 2002;8(1):3–14.
2. Kirby C, Brosa N. La logística como factor de competitividad de Las Pymes en las Americas [Internet]. Santo Domingo. República Dominicana; 2011. Available from: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-logística-como-factor-de-competitividad-de-las-Pymes-en-las-Américas.pdf>
3. Von Der Gracht HA, Darkow IL. Scenarios for the logistics services industry: A

Delphi-based analysis for 2025. *Int J Prod Econ*. 2010;127(1):46–59.

4. Zhou G, Hui Y Van, Liang L. Strategic alliance in freight consolidation. *Transp Res Part E Logist Transp Rev*. 2011;47(1):18–29.

5. Tyan JC, Wang FK, Du TC. An evaluation of freight consolidation policies in global third party logistics. *Omega*. 2003;31(1):55–62.

6. Bookbinder JH, Higginson JK. Probabilistic modeling of freight consolidation by private carriage. *Transp Res Part E Logist Transp Rev*. 2002;38(5):305–18.

7. Hall R. Consolidation Strategy: Inventory, Vehicles and Terminals. *J Bus Logist*. 1987;8(2).

8. POOLEY J, STENGER A, Stenger A. Modeling and Evaluating Shipment Consolidation in a Logistics System. *J Bus Logist*. 1992;

9. Crainic TG, Ricciardi N, Storchi G. Advanced freight transportation systems for congested urban areas. *Transp Res Part C Emerg Technol*. 2004;12(2):119–37.

10. Holguín-Veras J, Aros-Vera F, Browne M. Agent interactions and the response of supply chains to pricing and incentives. *Econ Transp*. 2015;4(3):147–55.

11. Holguín-Veras J, Sánchez-Díaz I, Browne M. Sustainable Urban Freight Systems and Freight Demand Management. *Transp Res Procedia*. 2016;12:40–52.

12. Taniguchi E, Thompson RG. Modeling city logistics. *Transp Res Rec*. 2002;(1790):45–51.

13. Taniguchi E, Thompson RG, Yamada T. Emerging Techniques for Enhancing the Practical Application of City Logistics Models. *Procedia - Soc Behav Sci*. 2012;39:3–18.

14. Grosso R, Muñuzuri J, Cortes P, Carrillo J. City logistics: Are sustainability policies really sustainable? *Dir y Organ*. 2014;53:45–50.

15. Vásquez E. Historia del desarrollo económico y urbano en Cali. *Boletín socioeconómico* [Internet]. 1990;(20):28. Available from: [https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/5486/Historia del desarrollo historico y urbano en Cali.pdf;jsessionid=5125DC3F3B8131176DA3F4FD6B498FF8?sequence=1](https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/5486/Historia%20del%20desarrollo%20historico%20y%20urbano%20en%20Cali.pdf;jsessionid=5125DC3F3B8131176DA3F4FD6B498FF8?sequence=1)

16. Watróbski J, Małecki K, Kijewska K, Iwan S, Karczmarczyk A, Thompson RG. Multi-Criteria analysis of electric vans for city logistics. *Sustain*. 2017;9(8).

17. Buldeo Rai H, van Lier T, Meers D, Macharis C. Improving urban freight transport sustainability: Policy assessment framework and case study. *Res Transp Econ* [Internet]. 2017;64:26–35. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.08.005>

18. Bjerkan KY, Sund AB, Nordtømme ME. Stakeholder responses to measures green and efficient urban freight. *Res Transp Bus Manag*. 2014;11:32–42.

19. Congreso de Colombia. Ley 142 - LEY DE SERVICIOS PUBLICOS. Colombia; 1994.

20. Ducret R, Lemarié B, Roset A. Cluster Analysis and Spatial Modeling for Urban Freight. Identifying Homogeneous Urban Zones Based on Urban Form and Logistics Characteristics. *Transp Res Procedia*. 2016;12:301–13.

21. VREF Center of Excellence for Sustainable Urban Freight Systems. Initiative Selector Tool [Internet]. Available from: <http://transp.rpi.edu/~InitiativeSelector/assessment.htm>