

DISEÑO DE UN MODELO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN CONJUNTA EN LA ZONA CENTRAL DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Allison Fischer Muñoz¹, Tito Coronel Montesdeoca²
Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo Velasco Km. 30.5 Vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador.
Email(s): afischer@espol.edu.ec, titacoro@espol.edu.ec

Escuela Superior Politécnica del Litoral, Fernando Sandoya, PhD., fsandoya@espol.edu.ec

Resumen

El fuerte crecimiento de las principales urbes genera un impacto importante en el sistema vial, con esto la congestión vehicular, los servicios públicos, la protección y uso del medio ambiente, las redes de distribución y los índices de accidentes acrecientan su relevancia para la planeación sustentable dentro de la planificación urbana. Con el fin de disminuir las externalidades negativas y brindar un estilo de vida de mayor calidad tomando como pilares la sociedad, el medio ambiente y la economía; se estableció la propuesta de localizar un centro de distribución conjunta en la zona de estudio, con la ayuda de los datos recolectados por los formularios proporcionados por el MIT (Massachusetts Institute of Technology). Esta información obtenida por el grupo de investigación servirá de ayuda a expertos logísticos, investigadores, autoridades y demás personas que se encuentren interesados en mejorar las actividades que se llevan a cabo dentro de la zona de estudio.

Palabras claves: *Planeación Sustentable, Centro de Distribución Urbana, Externalidades Negativas, Sistema de Distribución Conjunta, MIT, Flujo Vehicular, Disrupciones, Mercado Central, Logística.*

Abstract

The strong growth of the main cities generates a significant impact on the road system, with this the congestion, the public services, protection and use of the environment, distribution networks and accident rates increase their relevance for sustainable planning within urban planning. In order to reduce negative externalities and provide a higher quality of lifestyle, taking as pillars society, the environment and the economy; A proposal was made to locate a joint distribution center in the study area with the help of data collected by the forms provided by the Massachusetts Institute of Technology (MIT). This information obtained by the research group will help logistic experts, researchers, authorities and others who are interested in improving the activities that are carried out within the study area.

Keywords: *Sustainable Planning, Urban Distribution Center, Negative Externalities, Joint Distribution System, MIT, Vehicular Flow, Disruptions, Central Market, Logistics.*

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación se desarrolla en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, el cual tiene como finalidad optimizar la gestión del transporte urbano de carga en la ciudad de Guayaquil provincia del Guayas.

Debido al masivo flujo vehicular que en sus inicios no era tan numeroso como en la actualidad (EL UNIVERSO, 2012) al igual que las externalidades negativas que afectan a usuarios de la vía pública,

transportistas, operadores logísticos, moradores del sector, y a quienes ejercen su actividad comercial y laboral. Es así, como la distribución urbana de mercancías empezó a tornarse un problema dentro del área urbana.

En este proyecto de investigación se muestran las medidas que se optaron para disminuir el masivo flujo vehicular al igual que las externalidades negativas, buscando generar una distribución de mejor calidad, cumpliendo con las ordenanzas y leyes establecidas

por la Municipalidad de Guayaquil; para ello se ha decidido establecer un centro de distribución conjunta, lo cual añadirá valor al servicio brindado y a su vez mejorará la calidad de vida de los habitantes que se encuentran en esta zona.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El fuerte crecimiento de Guayaquil ha tenido un impacto importante en los sistemas viales, la congestión vehicular, el estado del transporte, los servicios públicos y los índices de accidentes; de hecho, el esquema urbano de Guayaquil del año 1975 muestra que ha incrementado su población 4.9 veces en apenas 42 años mientras que las estimaciones demográficas describen un crecimiento aún mayor para las próximas décadas; a lo largo de este proceso, la ciudad ha tenido paralelamente un acelerado y descontrolado crecimiento de su planta urbana, lo que ha incidido en las bajas densidades y dificultades en la dotación de los equipamientos e infraestructuras colectivas, debido al patrón de localización y ocupación del suelo urbano, agudizando el panorama de segregación socio residencial vigente (Villavicencio, 2012).

En la actualidad, se establece como movilidad sustentable a la satisfacción en tiempo y costos razonables de los desplazamientos requeridos minimizando los efectos negativos, y mejorando la calidad de vida de las personas. La movilidad sustentable en el Ecuador requiere de un mayor y más eficiente flujo interno y externo de bienes y personas (SENPLADES, 2009). Estudios realizados por el Banco de Desarrollo de América Latina muestra que para el año 2020 habrá 90 millones de habitantes adicionales en los principales centros urbanos latinoamericanos (CAF, 2011).

De tal modo que en los últimos años los encargados de la planificación urbana han empezado a brindar una mayor atención a las actividades logísticas en las ciudades (Dablanc, 2007), una de las medidas logísticas más utilizada es la de establecimiento de un sistema de entrega conjunta (JDS, por sus siglas en inglés) los cuales involucran a los transportistas cooperando en conjunto para la entrega y recolección de bienes hasta y desde clientes usando centros de consolidación urbana con el objetivo de minimizar los costos logísticos, los impactos sociales y medioambientales, el conjunto de estas medidas (JDS y Centros de Consolidación Urbana) crean los Centros de Distribución Conjunta (JDC, por sus siglas en inglés). El propósito de los JDC es el incremento de la eficiencia en la distribución de las mercancías consolidando los bienes de los diversos transportistas obteniendo una reducción en el impacto negativo ambiental, aliviando la congestión, mejorando la salud y las condiciones de seguridad en áreas urbanas (Taniguchi, 2014). Este tipo de sistemas han sido implementados en Francia, Países bajos, el Reino Unido (Taniguchi & Van der Heijden, 2000).

3. MOTIVACIÓN

El presente estudio busca disminuir las externalidades negativas y brindar un estilo de vida de mayor calidad tomando como pilares la sociedad, el medio ambiente y la economía dentro de la planeación urbana y movilidad de carga en la ciudad de Guayaquil a través de la propuesta de localización de un centro de distribución conjunta en la zona de estudio, con la ayuda de los datos recolectados por los formularios proporcionados por el MIT (Massachusetts Institute of Technology).

4. OBJETIVOS GENERALES

Efectuar un análisis para establecer un centro de distribución conjunta en el área del Mercado Central de la ciudad de Guayaquil, con el fin de optimizar el transporte urbano de carga, mejorar las actividades y el descongestionamiento vehicular, mediante la elección de la zona donde se podrá establecer el centro de distribución determinado por criterios cualitativos y cuantitativos.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar datos en tres puntos determinados por el grupo de investigación, basándonos en los formularios proporcionados por el MIT, para conocer la situación actual del área de estudio.
- Agrupar las distintas zonas dentro del área de estudio en función de características de nivel comercial y capacidad de la infraestructura vial en la plataforma del MIT.
- Establecer posibles áreas para la creación de un centro de distribución conjunta basados en criterios de factibilidad.
- Seleccionar un modelo para la elección del establecimiento del centro de distribución mediante un ruteo vehicular.

6. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La movilidad urbana en las zonas céntricas de las ciudades con alta densidad de población genera para los ciudadanos que habitan en esta zona preocupaciones y molestias tanto ambientales, como sociales a causa de las externalidades negativas que generan enfermedades causadas por las emisiones contaminantes, accidentes de tránsito y calidad de vida (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), 2011). La necesidad de realizar la distribución de mercancías crece, pero sin embargo las ciudades no se encuentran listas para este aumento de demanda (UNICEF, PMA, 2009) y a su vez, para el incremento de externalidades negativas causadas por los transportes que realizan esta distribución.

Como se ha mencionado, el estudio se integra dentro de un proyecto de investigación dirigido por

Fernando Sandoya PhD., donde se definieron 3 sectores, Alborada denominado sector 1, Mercado Central denominado sector 2 y la Perimetral denominado sector 3; por factores de tiempo y económicos que toma este análisis se estableció realizar este proyecto en el sector 2 localizado en la zona centro de la ciudad, con un área de $0,62 \text{ km}^2$ a la redonda tal como se muestra en la FIGURA 1.



FIGURA 1. Zona de estudio.
Fuente: Google Maps

7. METODOLOGÍA

La metodología seguida en este proyecto de investigación, se basa en los formularios proporcionados por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) los cuales tienen como objetivo brindarnos un perfil logístico urbano para mostrar de manera gráfica la situación logística de diferentes ciudades en el mundo, obteniendo así zonas críticas para la logística de cada ciudad y brindando conocimiento del movimiento comercial en la zona, tipos de negocios existentes, extensión, área de cada uno de estos negocios, el flujo vehicular, información de las calles, parada de autobuses, infraestructura vial, áreas de parqueo, entre otras.

Los puntos donde se realizó la recolección de información son:

Punto 1 como será denominado, está ubicado en la calle Clemente Ballén del Mercado Central debido a que es un área comercial y en la FIGURA 2 se encuentra de color verde.

Punto 2 como será llamado, está localizado en la calle Luque por ser el área hotelera y en la FIGURA 2 se distingue de color rojo.

Punto 3 como será titulado, está situado en la calle Vélez por existir tienda de víveres y restaurantes, representada de color azul en la FIGURA 2.

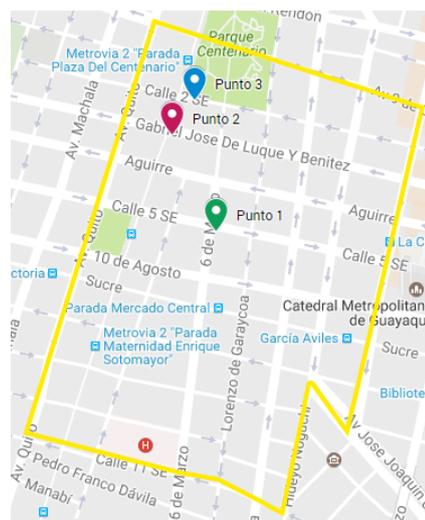


FIGURA 2. Puntos seleccionados en la zona de estudio.
Fuente: Google Maps

En la primera fase del proyecto se realizó la selección de los sectores a analizar, así como las leyes y ordenanzas municipales que rigen las actividades dentro de la ciudad de Guayaquil.

En la segunda fase se realizó la recolección de datos mediante el uso de los formularios proporcionados por el MIT:

- Formulario de recolección del conteo de tráfico (Traffic Count collection form)
- Formulario de recolección de infracciones disruptivas (Disruptive Violations collection forms)
- Formulario de inventario de tiendas (Shop Inventory collection form)
- Formulario de carreteras y sus regulaciones (Roads and Regulations collection form)

Como propuesta de mejora y parte de la tercera fase se establece un modelo separado en dos etapas. La primera etapa consiste en la selección de los posibles predios donde se podrían establecer los centros de distribución.

Dicha selección se la ha realizado de manera cualitativa seleccionando para esto, criterios como factores cualitativos de interés para la investigación. Ordenado de mayor a menor según relevancia:

- Propiedad del predio
- Infraestructura vial
- Tamaño del lote

La herramienta de programación la cual se uso para mostrar de manera gráfica los puntos seleccionados, los diferentes tipos de negocios, las rutas para cada tipo de negocio y a su vez obtener la mejor ubicación para la instalación de un centro de distribución conjunta es Wolfram Mathematica.

Una vez definido los posibles lugares junto con la información obtenida por la recopilación de la data de

los formatos presentados para el sistema del MIT como se ve en la FIGURA 3.

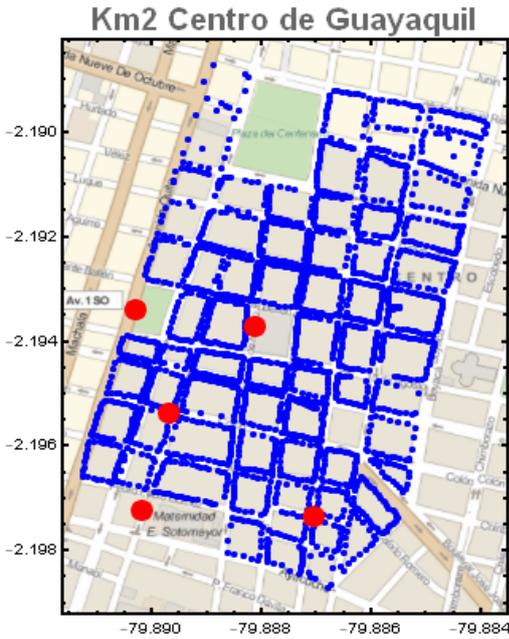


FIGURA 3. Predios seleccionados
Fuente: Elaboración propia.

Se procede a la segmentación de los negocios según la definición del tipo de negocio establecido por los formatos como muestra la Figura 4.

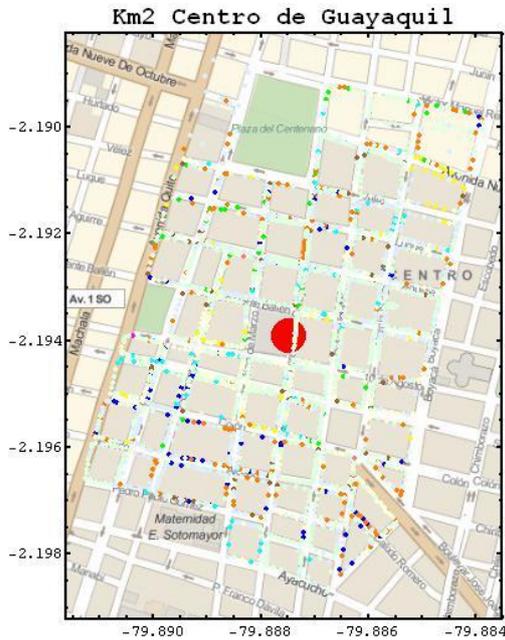


Figura 4. Segmentación por tipo de negocio
Fuente: Elaboración propia

Como siguiente paso, ya obtenida la división por grupos se procede a evaluar los posibles puntos de selección mediante la elaboración de un ruteo vehicular comparativo, el objetivo es buscar la ubicación que menos impacto cause dentro del área seleccionada y que a su vez esta reduzca el tiempo de estancia de los vehículos en dicha zona.

Una de las opciones para la elección por distancias podría ser mediante la elaboración de un modelo del tipo VRPTW. El modelo puede formularse de la siguiente manera:

$$\text{MIN} \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} C'_{ij} x_{ijk}$$

Sujeto a:

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in V} x_{ijk} = 1 \quad \forall i \in C$$

$$\sum_{i \in C} d_i \sum_{j \in V} x_{ijk} \leq q \quad \forall k \in K$$

$$\sum_{j \in V} x_{ojk} = 1 \quad \forall k \in K$$

$$\sum_{i \in V} x_{ihk} - \sum_{j \in V} x_{hjk} = 0 \quad \forall h \in C, \forall k \in K$$

$$\sum_{i \in V} x_{iok} = 1 \quad \forall k \in K$$

$$\alpha'_i \leq s'_{ik} \leq b'_i \quad \forall i \in V, \forall k \in K$$

$$\alpha_i \leq s'_{ik} \leq b'_i \quad \forall i \in V, \forall k \in K$$

$$s_{jk} + t_{ij} - s_{ik} \leq (1 - x_{ijk})M_{ijk} \quad \forall (i,j) \in A, \forall k \in K$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad (i,j) \in A, \forall k \in K$$

8. RESULTADOS

Para finalizar, se procede con el análisis de los resultados obtenidos en los puntos seleccionados dentro del área, los mismos que para nuestro caso en particular arrojaron el punto del Mercado Central como el de mejor opción para el establecimiento de un centro de distribución conjunta.

A pesar de trabajar con coordenadas geográficas se establecen los cálculos mediante la métrica de Manhattan (reemplaza el cálculo por Geodésicas) para luego por regla de tres realizar la conversión a unidades métricas como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados obtenidos

	DISTANCIAS CALCULADAS WOLFRAM MATHEMATICA	CONVERSION A UNIDADES METRICAS
Mercado Central	0,709028	162,621 Km
Lorenzo de Garaicoa y F. Campos	0,719025	164,914 Km
Parque la Victoria	0,721625	165,51 Km
Cristóbal Colon y Pio Montufar	0,731721	167,826 Km
Enrique Soto Mayor	0,758246	173,91 Km

9. CONCLUSIONES

- Se concluyó con éxito el análisis del centro de distribución urbana que complementará el sistema de distribución en el centro de la ciudad de Guayaquil.
- Se determinó de manera satisfactoria, posibles soluciones para la implementación de un centro de distribución conjunta.
- Se seleccionó la coordenada con la menor distancia recorrida en el ruteo vehicular, que pueda satisfacer de manera óptima a todos los comerciantes de la zona de estudio, con la ayuda de la información recolectada con los formularios proporcionados por el MIT (Massachusetts Institute of Technology).
- Se efectuó la segmentación de zonas en función de características de nivel comercial dentro del área de estudio.
- Se realizó la selección del área para la creación del centro de distribución conjunta.

10. RECOMENDACIONES

- El presente estudio se ha considerado y presentado como una solución para mejorar las actividades y el descongestionamiento vehicular en zonas con masivo flujo vehicular.
- Tomar en consideración la creación del centro de distribución urbana, con el fin de optimizar el transporte urbano de cargas en zonas comerciales.
- Ciertos factores como la intervención de las autoridades para impulsar y promover políticas que generen restricciones de ingreso y salida vehicular, tarifas de estacionamiento y multas por parqueo deberán ser considerados.
- Realizar un análisis exhaustivo de más puntos y factores a considerar para la localización del centro de distribución.

- Garantizar que se cumplan las normas y horarios establecidos por la Municipalidad de Guayaquil.

11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] CAF. (2011). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. Norma Color Panamá.
- [2] Cortés Rodríguez, C. J., Olaya Escobar, E. S., & Duarte Velasco, O. G. (2005). *Ingeniería e Investigación*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64325105>
- [3] Dablanc, L. (2007). Transportation Research Part A. En *Goods transport in large European cities* (págs. 280-285). Washintong D.C.
- [4] Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2011). *Transporte Urbano y Salud*. Eschborn: Dominik Schmid.
- [5] EL UNIVERSO. (19 de Noviembre de 2012). *El otro Guayaquil*. Obtenido de El otro Guayaquil: <http://especiales.eluniverso.com/otroguayaquil/transito/>
- [6] SENPLADES. (2009). *PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR*. Quito.
- [7] T. E., & Van der Heijden. (2000). An evaluation methodology for city logistics. *Transport Reviews*, 65-90.
- [8] Taniguchi, E. (2014). *Concepts of city logistics for sustainable and liveable cities*. Kyoto: Elsevier Ltd.
- [9] UNICEF, PMA. (2009). *Crecimiento demográfico y rápida urbanización*. New York.
- [10] Villavicencio, G. (2012). Políticas públicas y renovación urbana en Guayaquil: las administraciones social cristianas(1992-200). *UNIVERSITAS*, 69-88.