

ARTÍCULO ORIGINAL



# Transformación digital en las empresas de comercio electrónico: Una mirada desde la optimización de rutas

*Digital Transformation in E-Commerce Companies:  
A Route Optimization Perspective*



*Luis Suárez González*

*lsuarezgo@ceis.cujae.edu.cu* • <https://orcid.org/0000-0001-7194-6117>

*Ana Camila Pérez Pérez*

*acperezp@ceis.cujae.edu.cu* • <https://orcid.org/0000-0003-4190-1705>

*Cynthia Porras Nodarse*

*cporrasn@ceis.cujae.edu.cu* • <https://orcid.org/0000-0002-4557-1961>

*Humberto Díaz Pando*

*hdiazp@ceis.cujae.edu.cu* • <https://orcid.org/0000-0003-1591-8781>

*Eduardo Sánchez Ansola*

*esancheza@ceis.cujae.edu.cu* • <https://orcid.org/0000-0001-5977-1633>

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA HABANA "JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA", CUJAE, CUBA

*Gilberto Luis Díaz Valdés*

*gilbeldv@cimex.com.cu* • <https://orcid.org/0000-0002-1515-4825>

DATA CIMEX, CUBA

Recibido: 2022-04-19 • Aceptado: 2022-07-27

## RESUMEN

En la actualidad, las entidades cubanas se han comprometido con un proceso de transformación digital. Esto permite una evolución en su gestión logística, a partir del uso eficiente de los recursos y datos con los que cuentan. El comercio electrónico en Cuba ha ganado auge, y entidades como Citmatel y CIMEX son ejemplos de esto. En la distribución de los productos de este tipo de comercio surge la necesidad de una planificación eficiente. En estas líneas, se describe la aplicación de una herramienta que se basa en la optimización de rutas y la geocodificación para aportar beneficios a las entidades mencionadas anteriormente, donde ya ha sido desplegada. Luego de su despliegue, se comprobó un ahorro promedio de 78 % en la distancia recorrida para la distribución de la plataforma TuEnvío.



**PALABRAS CLAVE:** comercio electrónico, optimización de rutas, geocodificación, problema de planificación de rutas de vehículos, transformación digital.

## ABSTRACT

*Nowadays, Cuban entities have committed to a process of computerization and evolution in their logistics, which can be promoted with efficient use of resources and data that they have. Electronic commerce (e-commerce) has gained momentum, entities such as Citmatel and CIMEX are examples of that. In the distribution of the products, the need for the efficient planning of this distribution arises. In this work, the application of a tool is described, which with the use of route optimization and geocoding, provides benefits to the entities mentioned above, where it has already been deployed. After its deployment, an average distance savings of 78% was achieved for the distribution of the TuEnvio platform.*

**KEYWORDS:** e-commerce, routes optimization, geocodification, vehicle routing problem, digital transformation.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la sociedad cubana ha evolucionado hacia la informatización, y en igual medida lo han hecho las empresas y entidades que la conforman. Como parte de este proceso, varias han sido las empresas que han implementado el comercio electrónico, lo cual ayuda a mejorar su productividad y rentabilidad (Amoroso Fernández, Reyes Olmedo & Saarenpää, 2020; Delgado Fernández, 2021; C.L. Pan *et al.*, 2021). El término “comercio electrónico” se refiere a la distribución, compra o venta de bienes y servicios por medios electrónicos (Rosário & Raimundo, 2021). Este es un campo importante en el proceso de transformación digital, el cual con el uso de los beneficios que ofrece la Internet, ayuda a conseguir un desarrollo sostenible de la economía y la sociedad, así como un mejor aprovechamiento de los recursos (Pan *et al.*, 2021). Actualmente las empresas cuentan con un volumen considerable de datos que pueden ser utilizados en la optimización de estos procesos, pero no son aprovechados en la mayoría de los casos (Rosete Suárez, Moreno Espino, Sánchez Ansola & Porras Nodarse, 2020). En el contexto del comercio electrónico con servicio de entrega a domicilio, resulta de vital importancia la optimización de rutas de distribución. Entre las principales ventajas operativas están el ahorro de recursos limitados, como es el caso del combustible y la reducción de los tiempos de entrega, y el agrupamiento de las entregas de forma que más de un vehículo no visite una misma localidad, entre otros.

Dos entidades a la vanguardia en este modelo de negocio son las empresas Citmatel (Citmatel, 2021) y CIMEX (Cimex Corporation, 2021) mediante las plataformas SuperFácil (Centro Comercial Super Fácil, 2021) y TuEnvío (TuEnvío, 2021) respectivamente. El uso y la aceptación en la población de estas plataformas se ha visto incrementado con las medidas tomadas para mitigar la pandemia desde el año 2020. Una parte fundamental del negocio que implementan estas empresas es la distribución de las compras efectuadas por los clientes en la plataforma, por lo que realizar una planificación eficiente de las rutas se convierte en una necesidad. Las empresas Citmatel y CIMEX, en sus inicios, no tenían implementado un mecanismo eficiente para la planificación de las rutas de distribución. Este proceso se realizaba de forma manual o semiautomática, sin considerar ninguna métrica de calidad de la ruta. Sin embargo, desde sus inicios cuentan con información relevante de los usuarios que, de ser analizada y procesada apropiadamente, puede ser muy útil para las entidades (Rosete Suárez *et al.*, 2020). Hoy existen tecnologías cuya aplicación en las empresas cubanas pudiera ser muy beneficiosa. En ocasiones, las empresas tienen los datos y los recursos para su implementación, pero no hacen uso de estas (Rosete Suárez *et al.*, 2020). Una de ellas es el uso de la optimización de rutas, la cual puede venir acompañada de la geocodificación como primer paso para procesar los datos que tiene la empresa y que estos puedan ser utilizados.

El escenario de las empresas de comercio electrónico puede ser representado mediante un problema de optimización, que se conoce como problema de planificación de rutas de vehículos (VRP, por sus siglas en inglés) (Cattaruzza, Absi, Feillet & Gonzalez-Feliu, 2017), el cual se define a partir de un conjunto de vehículos de capacidad limitada, a los cuales es necesario añadir un conjunto de clientes que deben ser visitados con el menor costo posible. La solución final del VRP brinda un conjunto de rutas, donde cada una es recorrida por un vehículo de la flota; en esta se indican los recursos que deben ser despachados, por cuál vehículo deben ser trasladados, en qué puntos deben ser entregados y el orden en que se deben visitar esos puntos (Li & Fu, 2002). Esto resulta intratable ya que generaliza el problema del agente viajero, considerado NP-Duros al no existir un algoritmo que le dé solución exacta en un tiempo polinomial (Ralphs, Kopman, Pulleyblank & Trotter, 2003).

Para la aplicación del VRP en las empresas que implementan el comercio electrónico, es necesario contar con cierta información, como es el caso de las coordenadas geográficas del centro de distribución, los vehículos disponibles y su capacidad, así como las coordenadas geográficas de cada uno de los clientes que deben recibir un producto. Usualmente las entidades cuentan con esta información en un formato textual, que necesita ser procesado mediante la geocodificación de direcciones postales, para obtener el par de coordenadas de cada uno de los clientes. Una vez procesados los datos es posible aplicar la optimización de rutas.

El objetivo de este artículo es mostrar cómo, aplicando dos de las estrategias analizadas en Rosete Suárez *et al.* (2020), específicamente la optimización de rutas acompañada de la geocodificación de direcciones, se pueden obtener beneficios para las entidades cubanas. Además, se muestran resultados reales de la aplicación de esas estrategias en la empresa plataforma TuEnvío, con las rutas generadas en un mes de ventas.

## TRABAJOS PREVIOS

En la práctica, el principal reto para la aplicación del VRP es la obtención de las coordenadas geográficas de los clientes, lo que permite determinar el costo de las posibles rutas para ir de un punto a otro. Este problema está dado, porque en la mayoría de las entidades la dirección de los clientes es almacenada de manera textual o en formato estructurado, que impide conocer la ubicación exacta de los lugares de entrega desde el punto de vista computacional. Esta práctica a su vez trae dificultades asociadas a la escritura incorrecta de las direcciones, ya sea por falta de homogenización del formato de las direcciones o porque el usuario agregue información adicional que no forma parte de esta. Para resolver este problema, lo común es recurrir a un servicio de geocodificación de direcciones (De Armas García & Gutiérrez Cruz, 2013), lo que permite, a partir de una dirección en formato estructurado, conseguir las coordenadas geográficas asociadas.

Teniendo en cuenta esto, el proceso para la obtención de rutas de distribución óptimas es necesario lograr: 1) la lista de clientes que deben ser enrutados; 2) las coordenadas geográficas de cada uno de los clientes; 3) las rutas de distribución asociadas a cada uno, a partir de los vehículos disponibles.

### GEOCODIFICACIÓN DE DIRECCIONES POSTALES

La geocodificación es el proceso de generación de coordenadas geográficas, a partir de una dirección postal existente, y usualmente es el primer paso que debe seguir cualquier aplicación que haga uso de servicios basados en la localización (Oracle, 2007). La información espacial proporcionada por las coordenadas geográficas se denomina localización explícita y, en general, no está disponible en la mayoría de las bases de datos operativas. Históricamente, e incluso hoy, la caracterización espacial de objetos y fenómenos en un gran grupo de actividades se basa en el uso de direcciones postales. A esto se le ha llamado localización implícita, y aunque realmente representa una variable espacial, no sirve a los propósitos descritos anteriormente, al menos no de forma directa (De Armas García & Gutiérrez Cruz, 2013).

El amplio abanico de modelos de direcciones postales en Cuba impide el uso de servicios de geocodificación globalmente estandarizados, como ArcGis, Google Maps, Open Street Maps y muchos otros (De Armas García & Gutiérrez Cruz, 2013). Por tanto, para resolver este problema se puede recurrir a una solución nacional inicialmente propuesta en De Armas García & Gutiérrez Cruz (2013), que constituye un servicio web regido bajo el estándar OpenLS, que permite la obtención de las coordenadas geográficas para las direcciones con una alta precisión y una muy baja ocurrencia de falsos positivos. Este *software* (Rosete Suárez *et al.*, 2020) es una de las soluciones generadas en la Universidad Tecnológica de La Habana, que vino a encontrar su uso práctico años después en el contexto del comercio electrónico en Cuba, particularmente en el ámbito de la optimización de rutas, como un elemento clave para posibilitar su automatización.

Otra solución nacional para la georreferenciación es propuesta por el Grupo Empresarial GEOCUBA, a través del servicio de geocodificación Nominatim (GEOCUBA, 2021). Este constituye un sistema de geocodificación interactiva, donde el usuario es capaz de seleccionar paso a paso los elementos que componen la dirección (provincia, municipio, localidad, calles)

y seleccionar el lugar preciso de su residencia. Esta propuesta tiene la ventaja de que si una dirección no se encuentra en la base de datos de información espacial, el usuario puede georreferenciar su dirección de forma manual con la ayuda de un mapa.

## METODOLOGÍA

Contando con las coordenadas geográficas de los clientes, para incluir en la planificación de rutas y la información de los vehículos disponibles que permita realizar las entregas, es posible generar una ruta para cada vehículo, que parta desde un depósito común y recorra cada uno de los clientes asignados. Con el objetivo de solucionar este problema se aplica un enfoque de agrupar primero y enrutar segundo (CFRS), donde los clientes son agrupados en su ruta correspondiente, teniendo en cuenta la proximidad entre ellos y después se determina la secuencia de recorrido de cada cliente en la ruta asignada. Uno de los enfoques aplicados en la literatura para la solución del VRP es su adaptación al problema P-Median Capacitado (CPMP), para el agrupamiento de los clientes y resolver el problema TSP asociado a cada grupo.

El problema CPMP se define a partir de un conjunto de instalaciones candidatas  $J$  y un conjunto de nodos de demanda  $I$  con un peso  $a_i$ , donde el objetivo es seleccionar  $p$  de las  $J$  instalaciones, de forma que se minimice la distancia entre las instalaciones seleccionadas y los nodos de demanda asignados a estas (Daskin & Maass, 2015).

### Parámetros:

- $I, i$ : Conjunto e índice de los nodos de demanda
- $J, j$ : Conjunto e índice de instalaciones
- $d_{ij}$ : Distancia entre el nodo  $i$  y la instalación  $j$
- $a_i$ : Peso del nodo de demanda  $i$
- $C_j$ : Capacidad de la instalación ubicada en  $j$
- $p$ : Cantidad de instalaciones para ubicar

### Variables de decisión:

- $x_j$ : 1 si hay una instalación ubicada en  $j$ , 0 en caso contrario
- $y_{ij}$ : 1 si el nodo de demanda  $i$  es asignado a la instalación ubicada en  $j$ , 0 en caso contrario

### Función objetivo:

$$1. \text{ Min } Z = \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} y_{ij} d_{ij}$$

Sujeto a:

$$2. \sum_j x_j \leq p$$

$$3. \sum_{i \in I} y_{ij} a_i \leq C_j x_j \quad \forall j \in J$$

$$4. \sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I$$

En la formulación comentada, la función objetivo descrita por la ecuación 1 intenta minimizar la distancia entre las instalaciones seleccionadas y los nodos de demanda asignados. La ecuación 2 garantiza que solo sean seleccionadas  $p$  instalaciones. La ecuación 3 garantiza que no se exceda la capacidad de las instalaciones y que los nodos de demanda sean asignados solo a instalaciones seleccionadas. Finalmente, la ecuación 4 garantiza que cada nodo de demanda sea asignado solo a una instalación.

El TSP asociado a cada grupo se define a partir de un conjunto de clientes donde el objetivo es visitar cada uno una sola vez en un recorrido que inicia y termina en un depósito, de forma que se minimice la distancia recorrida.

**Parámetros:**

- $n$ : Cantidad de clientes
- $d_{ij}$ : Menor distancia desde el cliente  $i$  al cliente  $j$ , donde  $i=0$  constituye el depósito

**Variables de decisión:**

- $x_{ij}$ : Indica si se selecciona el camino desde el cliente  $i$  hacia el cliente  $j$

**Función objetivo:**

•  $\text{Min } Z = \sum_{i \in n} \sum_{j \in n} x_{ij} d_{ij}$

Sujeto a:

- $\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \forall j \in n, j > 0$
- $\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \forall i \in n, i > 0$

En el modelo presentado, la función objetivo descrita en la ecuación 1 busca minimizar la distancia del recorrido, mientras que las restricciones 2 y 3 garantizan que todas las ciudades sean incluidas en el recorrido solo una vez.

Dada la complejidad para la solución de estos problemas, en Suárez González *et al.* (2021) se propone un enfoque divide y vencerás, para la solución de grandes instancias del problema. Las subinstancias obtenidas son resueltas mediante una combinación de los problemas CPMP y TSP. En la figura 1 se describe el proceso propuesto en Suárez González *et al.* (2021) para la obtención de rutas de distribución.

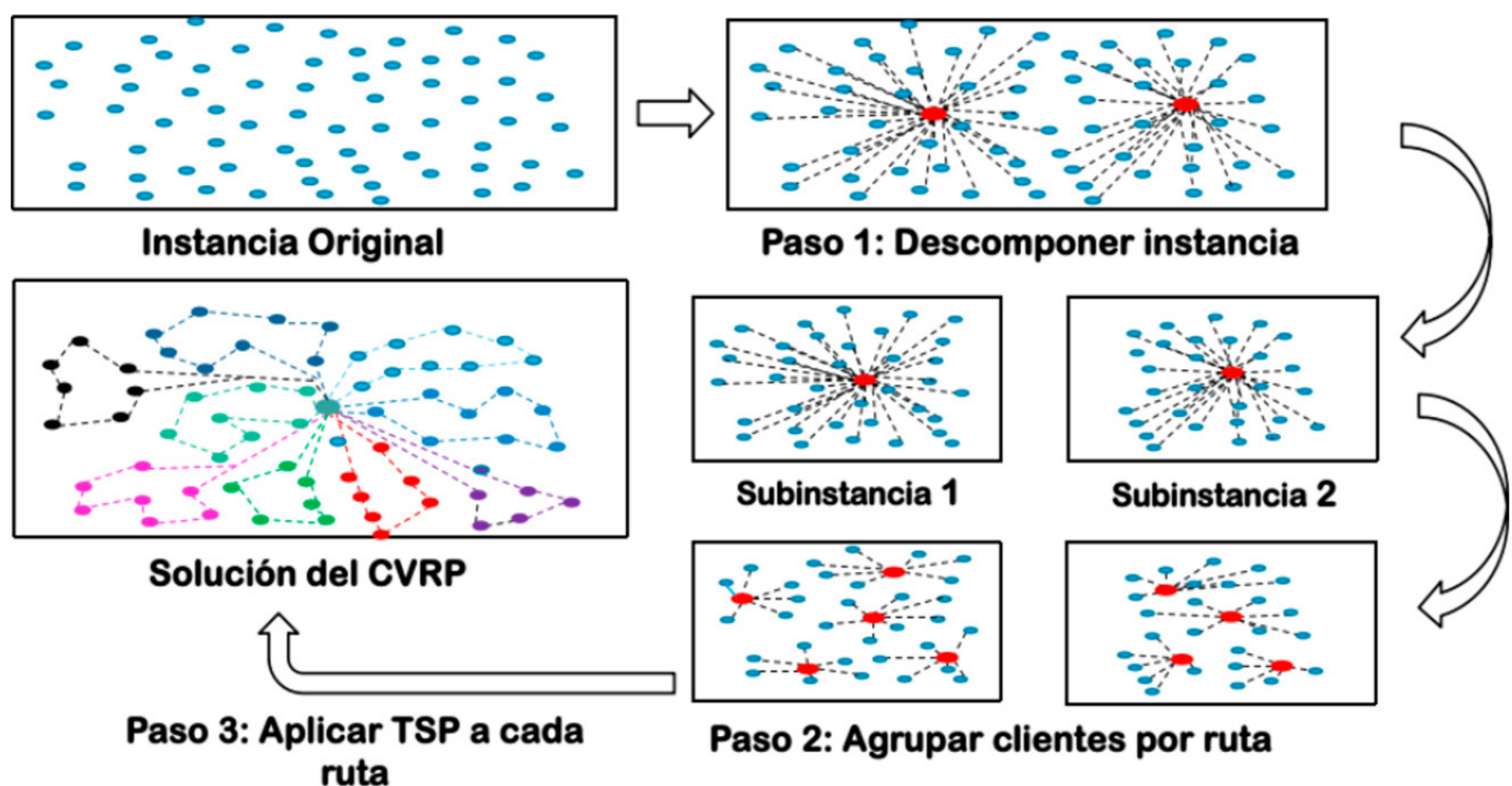


Figura 1. Descripción del proceso de optimización de rutas (Suárez González *et al.*, 2021).

Dada la dificultad para la obtención de soluciones óptimas a este problema de optimización combinatoria, se recurre al uso de algoritmos metaheurísticos, particularmente de la Búsqueda Local Iterada (ILS) (Talbi, 2009). Para ello se usa el *framework* metaheurístico BiCIAM, que permite el modelado y la solución de problemas de optimización, y provee la implementación de metaheurísticas populares, como la utilizada para resolver este problema (Fajardo, Masegosa & Pelta, 2016). En el trabajo propuesto por Suárez González *et al.* (2021) se describen las heurísticas empleadas en la solución de cada una de las fases.

Para la aplicación de este modelo de optimización de rutas al contexto del comercio electrónico fue necesario considerar, además, restricciones operativas vinculadas al modelo de negocio de la tienda virtual TuEnvío de CIMEX, así como al de las plataformas de comercio electrónico pertenecientes a la empresa Citmatel. Entre las principales restricciones consideradas están las características de la flota de vehículos con las que cuenta cada empresa en términos de volumen de transporte y la autonomía, así como la transportación de productos que requieren vehículos con características específicas. En la tabla 1 se resumen las restricciones que se tomaron en cuenta para el modelo de optimización aplicado en las plataformas TuEnvío y SuperFácil. Entre las restricciones listadas en la tabla, la restricción de autonomía no es considerada directamente en el modelo de optimización. Para manejar esta limitante, el *software* se limita a eliminar los últimos clientes de aquellas rutas en que la longitud del recorrido excede la autonomía del vehículo, hasta que la restricción es satisfecha.

Tabla 1. Comparación de herramientas para el tratamiento de calidad de datos.

Restricción	Descripción
Tipo de flota	Homogénea (todos los vehículos tienen la misma capacidad). Heterogénea (se cuenta con vehículos de distinta capacidad).
Origen y destino final de los vehículos	El origen del vehículo es el depósito y el destino final de los vehículos puede ser una ubicación distinta al depósito.
Autonomía	Existen vehículos con autonomía limitada (por ejemplo: vehículos eléctricos).
Preferencia de transporte por tipo de producto	Algunos productos solo pueden ser transportados en un tipo de vehículo específico.

## INTEGRACIÓN DEL COMPONENTE DE ENRUTAMIENTO A LAS PLATAFORMAS DE COMERCIO ELECTRÓNICO

La incorporación del componente de optimización de rutas a las plataformas de comercio electrónico se lleva a cabo cuando gran parte del proceso de gestión se encontraba automatizado. Por esta razón, la vía por defecto de integración del componente es a través de una API REST (Aulkemeier, Paramartha, Iacob & van Hillegersberg, 2016) que permite la interoperabilidad entre los sistemas existentes, para las plataformas de comercio electrónico. Este es el estándar de facto para la integración de sistemas, logrando interoperabilidad y un bajo acoplamiento, a la vez que requiere un menor esfuerzo para su uso por otros sistemas independientemente de la tecnología en la que hayan sido desarrollados. El uso de estándar permite que las empresas adopten nuevos paradigmas en la automatización de sus procesos de negocio con el mínimo de cambios en sus procesos existentes. Para la API de optimización de rutas, se sigue una arquitectura de microservicio (figura 2) donde se separa la interfaz de comunicación y el componente para la generación de rutas, usando el servidor de mensajería RabbitMQ (Bayramcavus, Kaya & Dogru, 2021).

El diseño empleado permite dar una mayor estabilidad al servicio bajo un volumen grande de peticiones, a la vez que facilita su escalado (Hong, Yang & Kim, 2018). Otra razón para el diseño seleccionado del servicio es que el costo de la obtención de buenas rutas implica un

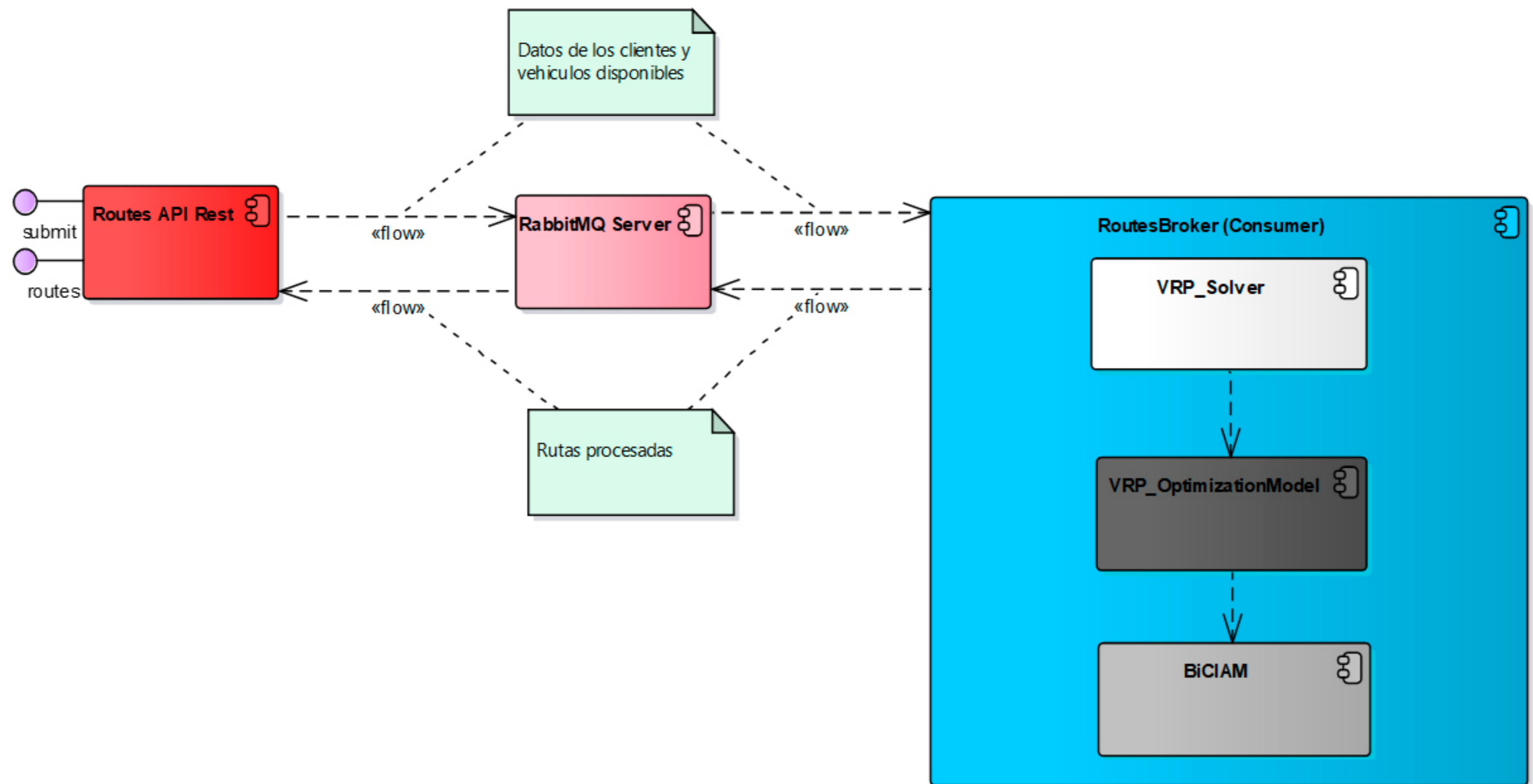


Figura 2. Arquitectura del servicio web para la optimización de rutas.

mayor tiempo de procesamiento, el cual, para grandes volúmenes de datos, puede exceder el tiempo de espera del protocolo HTTP. Por esta razón, el servicio fue diseñado de forma que las peticiones para la optimización de rutas puedan ser enviadas y la respuesta del servicio pueda recuperarse en otra petición, cuando el procesamiento de las rutas haya concluido.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presenta un análisis de los resultados obtenidos con el uso de la herramienta propuesta para la optimización de rutas, en un mes de ventas de la plataforma TuEnvío. En la figura 3 se muestran las rutas planificadas en el municipio Centro Habana para un problema, con un total de 12 000 órdenes distribuidas en 298 rutas, disponible en el repositorio de Github [suarez96/Instancias\\_TuEnvio \(github.com\)](https://github.com/suarez96/Instancias_TuEnvio)<sup>1</sup>. En esta se puede apreciar la solución alcanzada por dos variantes diferentes, una con la solución propuesta (derecha) y otra con el procedimiento semiautomático utilizado previamente en las rutas de distribución de TuEnvío (izquierda). En la versión optimizada, los clientes en cada ruta (diferenciadas por colores) se encuentran más agrupados, con lo que se reducen de esta manera las rutas que se solapan. Este agrupamiento puede ofrecer la ventaja de que, en caso de no poder entregar la orden, el mensajero pueda continuar la repartición de los paquetes a otros clientes y recircular por los faltantes, recorriendo una menor distancia. Otro aspecto que se debe notar es que, en la solución no optimizada, las rutas recorren el municipio de extremo a extremo, resultando rutas mucho más largas. Esto se evidencia en que la solución optimizada presenta menos cortes entre las líneas de cada ruta, que representan las trayectorias que van a seguir.

<sup>1</sup> Para proteger el anonimato de los clientes de la plataforma, las coordenadas fueron desplazadas x cantidad de grados.



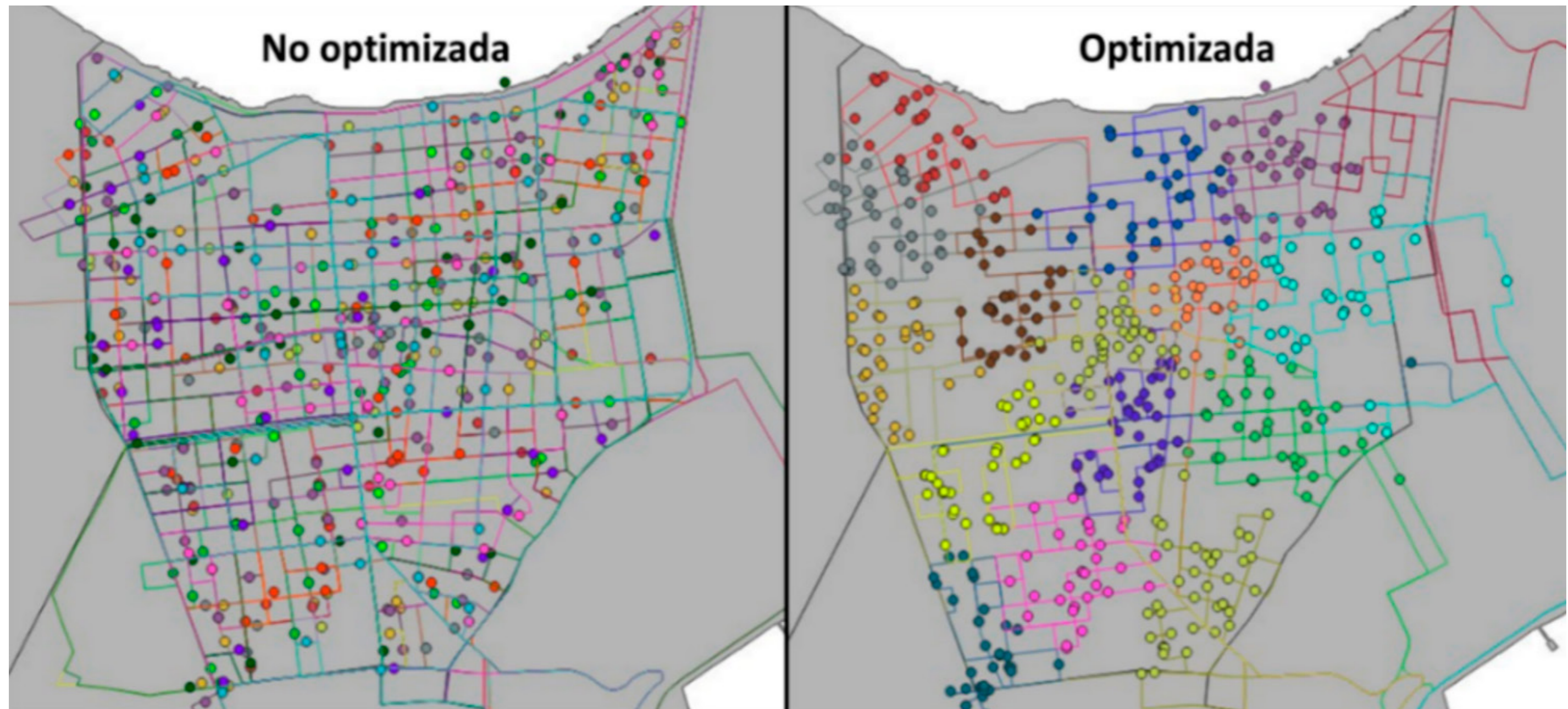


Figura 3. Rutas obtenidas en el municipio Centro Habana.

Luego del despliegue del *software* para su uso por la plataforma TuEnvío, se realiza un análisis de 31 instancias que habían sido generadas por esa plataforma TuEnvío correspondientes al mes de agosto del año 2021. Para este conjunto de instancias se realizó un procesamiento con la solución generada manualmente y se comparó con la solución propuesta para la distribución de compras de la plataforma TuEnvío.

En la figura 4 se muestran las estadísticas de las rutas generadas por el componente en el período de 31 días de venta. La solución propuesta introduce un ahorro promedio de 78 % respecto a la solución previa generada manualmente en términos de distancia total para recorrer. Dicho de otra manera, la solución que se propone obtiene resultados que representan un costo de la cuarta parte de la versión tradicional. Un ahorro en distancia implica un ahorro en igual proporción de combustible, de gastos en insumos para los vehículos y, por tanto, de gastos económicos para las compras de estos.



Figura 4. Distancia diaria que se debe recorrer por mecanismo de generación de rutas.

## ACEPTACIÓN DE LA SOLUCIÓN INFORMÁTICA

La incorporación de nuevas tecnologías a todo proceso productivo implica una transformación digital que trae consigo ventajas y desventajas, en especial, aquellas que disrumpen el esquema habitual del proceso. Al ponerse en funcionamiento el componente para la optimización de rutas en la plataforma TuEnvío, se evidenciaron inmediatamente mejoras en el proceso de distribución, entre ellas:

- Se minimiza el número de vehículos que reparten productos en una misma localidad, cuando anteriormente, en un mismo día, varios vehículos realizaban entregas incluso a un mismo cliente.
- Tras el análisis de los recorridos reales realizados por los vehículos, se estimó que el ahorro en distancia recorrida era como promedio de 78 % respecto al método de generación de rutas de despacho previamente existente.
- Tras el análisis de las rutas generadas, se estima que el tiempo para realizar el recorrido y entregar los productos a cada cliente no excede las 8 horas.
- Muchos choferes expresaron satisfacción, porque además de obtener los clientes que desean visitar en un orden óptimo, reciben una traza de la ruta en formato GPX que facilita la realización del recorrido en zonas con las que el transportista no se encuentra familiarizado.
- Anteriormente las órdenes eran confeccionadas de forma manual para asignarlas a un vehículo; con la integración del componente al proceso de facturación se reduce el trabajo manual que es necesario realizar.
- Tras un intercambio con los directivos de la empresa, se destacó que la solución desplegada constituye una herramienta que permite un control más riguroso de la ruta de distribución seguida por el transportista.

Aunque son varias las ventajas que ofrece el componente de optimización de rutas al comercio electrónico en el país, también existen inconvenientes. Los transportistas reportan inconformidad cuando las rutas asignadas incluyen varios municipios. Esto en parte puede ser debido a la costumbre previa de recibir las órdenes de un solo municipio, bajo el esquema de conformación de rutas previo. No obstante, este problema resulta inevitable en ocasiones, debido a la poca densidad de clientes en un municipio determinado o la existencia de clientes en puntos extremos que necesariamente hay que asignar a alguna ruta. La solución optimiza la distancia global, pero las rutas pueden quedar con diferente distancia, por lo que haría falta darle un tratamiento diferente a la carga de trabajo que se asigna, para evitar esta molestia en los que son asignados a las rutas más largas.

## CONCLUSIONES

Son muchas las soluciones a problemáticas actuales del país, que han sido tratadas desde las universidades cubanas. En este trabajo se ejemplifica cómo el vínculo universidad-empresa

puede aportar en el proceso de informatización de la empresa nacional, así como en el uso óptimo de recursos limitados. Se demuestra cómo se lleva la ciencia desarrollada en las universidades al contexto empresarial, específicamente en el contexto de la optimización de rutas de distribución para el comercio electrónico en Cuba. Para concluir se puede afirmar que:

- Se propone una solución de *software* capaz de agrupar clientes de una tienda virtual en base a su proximidad y definir el orden de reparto de sus compras, de forma que se minimice el costo del recorrido haciendo uso de técnicas de la inteligencia artificial como las metaheurísticas.
- La solución se integra a los sistemas de las tiendas virtuales, a partir de una interfaz API REST que permite la integración de un mismo sistema de optimización de rutas a diferentes tiendas virtuales, como es el caso de los modelos de negocio presentes en TuEnvío y Citmatel.
- El *software* para la optimización de rutas propuesto aporta un ahorro medio de 78,48 % en cuanto a distancia que se va a recorrer y 74,13 % en cuanto a tiempo del recorrido respecto al procedimiento previo para el enrutamiento de las órdenes.
- Con la reducción de la distancia recorrida se puede reducir el tiempo de entrega, permitiendo jornadas de trabajo más cortas.
- La solución propuesta mejora el proceso actual de obtención de rutas, y presenta posibilidades de generar ahorros importantes en recursos para las entidades Citmatel y CIMEX, y también para el país.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de la empresa Datacimex, por proveer los datos necesarios para la validación de nuestro trabajo, en especial al equipo de soporte y desarrollo de la plataforma TuEnvío. También agradecemos la colaboración de la empresa Citmatel, sobre todo el equipo de comercio electrónico.

## REFERENCIAS

- Amoroso Fernández, Y., Reyes Olmedo, P. & Saarenpää, A. (2020). La transformación digital es analógica porque está conducida por personas. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 1(2), 127-150.
- Aulkemeier, F., Paramartha, M. A., Iacob, M.-E. & van Hillegersberg, J. (2016). A pluggable service platform architecture for e-commerce. *Information Systems and e-Business Management*, 14(3), 469-489. doi:10.1007/s10257-015-0291-6
- Bayramcavus, A., Kaya, M. C. & Dogru, A. H. (2021, 25-27 Nov. 2021). *Interoperability of Microservice-Based Systems*. Paper presented at the 2021 13th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO).

- Cattaruzza, D., Absi, N., Feillet, D. & Gonzalez-Feliu, J. (2017). Vehicle Routing Problems for City Logistics. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 6, 51-79.
- Centro Comercial Super Fácil. (2021). Retrieved from <https://www.superfacil.net/>
- CimexCorporation. (2021). Retrieved from <http://www.cimex.cu/es>
- Citmatel. (2021, december, 2021). Retrieved from <http://citmatel.cu/>
- Daskin, M. S. & Maass, K. L. (2015). The p-Median Problem. In G. Laporte, S. Nickel & F. Saldanha da Gama (Eds.), *Location Science* (pp. 21-45). Cham: Springer International Publishing.
- De Armas García, C. J. & Gutiérrez Cruz, A. A. (2013). Deployment of a National Geocoding Service: Cuban Experience. *URISA Journal*, 25.
- Delgado Fernández, T. (2021). Transformación digital empresarial: modelos y mecanismos para su adopción. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 2(2), 01-08.
- Fajardo, J., Masegosa, A. D. & Pelta, D. A. (2016). An algorithm portfolio for the dynamic maximal covering location problem. *Memetic Computing*, 9(2), 141-151. doi:10.1007/s12293-016-0210-5
- GEOCUBA. (2021). Nominatim. Retrieved from <https://am.geocuba.cu/devportal/apis/9109e39f-20eb-448f-b4e3-455f5ef0346c/overview>
- Hong, X. J., Yang, H. S. & Kim, Y. H. (2018, 17-19 Oct. 2018). *Performance Analysis of RESTful API and RabbitMQ for Microservice Web Application*. Paper presented at the 2018 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC).
- Li, L. & Fu, Z. (2002). The school bus routing problem: a case study. *Journal of the Operational Research Society*, 53(5), 552-558. doi:<https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601341>
- Oracle. (2007). *Oracle Spatial 11g: Administración Avanzada de Datos Espaciales para Aplicaciones Empresariales*. United States of America.
- Pan, C. L., Bai, X., Li, D., Zhang, D., Chen, H. & Lai, Q. (2021). *How Business Intelligence Enables E-commerce: Breaking the Traditional E-commerce Mode and Driving the Transformation of Digital Economy*. Paper presented at the 2nd International Conference on E-Commerce and Internet Technology (ECIT), Hangzhou, China
- Pan, C. L., Yu, Y., Zhou, W., Zheng, W., Ou, C. & Xu, H. (2021). *Research on Digitizing and E-commerce in the Era of the Digital Economy*. Paper presented at the 2nd International Conference on E-Commerce and Internet Technology (ECIT), Hangzhou, China
- Pérez Pérez, A. C., Sánchez Ansola, E. & Rosete, A. (2021). A Metaheuristic Solution for the School Bus Routing Problem with Homogeneous Fleet and Bus Stop Selection. *Ingeniería*, 26(2), 233-253. doi:10.14483/23448393.15835
- Porras, C., Fajardo, J., Rosete, A. & Masegosa, A. D. (2021). Partial Evaluation and Efficient Discarding for the Maximal Covering Location Problem. *IEEE Access*, 9, 20542-20556. doi:10.1109/ACCESS.2021.3055295
- Ralphs, T. K., Kopman, L., Pulleyblank, W. R. & Trotter, L. E. (2003). On the capacitated vehicle routing problem. *Mathematical Programming*, 94(2), 343-359. doi:10.1007/s10107-002-

0323-0

Rosário, A. & Raimundo, R. (2021). Consumer Marketing Strategy and E-Commerce in the Last Decade: A Literature Review. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16, 3003-3024. doi:10.3390/jtaer16070164

Rosete Suárez, A., Moreno Espino, M., Sánchez Ansola, E. & Porras Nodarse, C. (2020). DIMENSIONES IMPORTANTES EN LA GESTIÓN DE LA INFORMATIZACIÓN: INTEGRACIÓN E INTELIGENCIA. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 4(2), 189-205.

Suárez González, L., Porras Nodarse, C., Diaz Pando, H., Sánchez Anzola, E., Rosete Suárez, A. & Pérez Pérez, A. C. (2021). Planificación eficiente de rutas de distribución. Caso de estudio de una tienda virtual. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(Especial UCIENCIA I), 1-15.

Talbi, E. G. (2009). *Metaheuristics: from design to implementation* (Vol. 74): John Wiley & Sons.

TuEnvio. (2021). Retrieved from <https://www.tuenvio.cu/>

Copyright © 2022 Suarez-Gonzalez, L., Perez-Perez, A. C., Porras-Nodarse, C., Diaz-Pando, H., Sanchez-Ansola, E., Diaz-Valdes, G. L.



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 Internacional