

Gestión logística en almacenes con análisis ABC

Warehouse Logistics Management with ABC Analysis

Rafael Granillo-Macías ^a*, Isaías Simón-Marmolejo ^b, Oscar E. García-Ramírez ^c

Abstract:

The supply chain is the network where all the activities of acquisition, transformation, and delivery of goods and services are integrated. In the supply chain, inventory has the function of satisfying customer demand, supporting the supply in production, and at the same time, offering protection to the inputs used in the manufacture of the product. In this work, inventory management is analysed through a case study in a company in the food sector. Considering that it is essential to take advantage of the space where the raw material is stored, to reduce operating times and to minimize the loss of perishable products, this article considers the use of techniques based on an ABC analysis and the application of a genetic algorithm. A configuration of the warehouse distribution is proposed considering variables such as the volume and frequency of entry of products into the company. The results of this study show the optimal route for the collection and management of inventory within the warehouse, minimizing the transfer distances, contributing to the improvement in the level of service in the company's operations.

Keywords:

Warehouse, distribution, ABC analysis, facility location, optimization

Resumen:

La cadena de suministro es la red donde se integran todas las actividades de adquisición, transformación y entrega de bienes y servicios. En la cadena de suministro, el inventario tiene la función de satisfacer la demanda del cliente, dando soporte al abasteciendo en la producción, y que, al mismo tiempo, ofrecer protección a los insumos que se emplean en la fabricación del producto. En este trabajo se analiza la administración de los inventarios a través de un caso de estudio en una empresa del sector alimentario. Considerando que es esencial el aprovechamiento del espacio donde se almacena la materia prima, la reducción de los tiempos de operación y minimizando las pérdidas de los productos perecederos, en este artículo se plantea el uso de técnicas basadas en un análisis ABC y la aplicación de un algoritmo genético. Se propone una configuración de la distribución del almacén considerando variables como el volumen y la frecuencia de entrada de los productos a la empresa. Los resultados de este estudio muestran la ruta óptima para la recolección y el manejo de inventario dentro del almacén, minimizando las distancias de traslado, contribuyendo a la mejora en el nivel de servicio en las operaciones de la empresa.

Palabras Clave:

Almacén, distribución, análisis ABC, localización de instalaciones, optimización

Introducción

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0002-1015-667X>, Email: rafaelgm@uaeh.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0003-2116-6192>, Email: isaiasm@uaeh.edu.mx

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0001-9448-5173>, Email: ga352187@uaeh.edu.mx

Uno de los principales factores que afectan a las operaciones logísticas son aquellos relacionados con el almacenamiento. El impacto que tiene el almacenamiento para el costo y la eficiencia de las empresas es un elemento crítico para la cadena de suministro. Diferentes estudios realizados alrededor de la administración de inventarios muestran que las operaciones de almacenamiento en una empresa representan aproximadamente un 23% de los costos logísticos en el caso de países como Estados Unidos y hasta un 39% para el caso de Europa (Fumi et al., 2013).

Dentro del almacén la preparación y recolección de productos que conforman una orden de producción o de venta, representan una porción importante de los costos de almacenamiento (Díaz y Cadena, 2013).

La problemática en las operaciones de preparación y recolección surge como efecto de diferentes condiciones como: (1) el tamaño de los lotes de producción bajo un enfoque "personalizado", lo que conlleva a generar cantidades pequeñas y con alta frecuencia, y (2) las políticas de inventario basadas en la pronta respuesta a la demanda de los clientes en un menor tiempo. Factores asociados a la reducción de tiempos de respuesta de procesamiento de órdenes personalizadas y el aumento en la diversidad de productos han provocado el crecimiento en la complejidad para la administración de las operaciones de preparación y recolección (De Koster et al., 1999).

La eficiencia en la preparación de órdenes de producción o de compra depende de factores relacionados con el sistema de abastecimiento y en la distribución del almacén (Díaz y Cadena, 2013).

Existen tres factores principales sobre los que se puede diseñar un modelo óptimo para la preparación y recolección de pedidos. El primero se basa en identificar la política de almacenamiento que se adapte a los requerimientos de la empresa, por ejemplo, el almacenamiento por familias de productos. Como segundo factor se encuentra la política de ruteo, la cual indica la secuencia de operaciones sobre la cual se deberán recolectar los productos e insumos necesarios para la producción (Henn & Schmid, 2013; Pazour & Carlo, 2015). Por último, la colocación de lotes integrados con el propósito de agregar órdenes de compra o producción para recogerlos en un mismo tour de recolección.

Para la solución de los problemas relacionados con la preparación y recolección de pedidos se han propuesto diferentes estrategias basadas en métodos heurísticos,

los cuales son ampliamente aceptados por ofrecer soluciones factibles para su implementación (Cano et al., 2018).

Por ejemplo, existen propuestas de autores como (Venkitasubramony & Adil, 2017) que proponen un algoritmo de optimización de enjambre para diseñar un almacén multinivel de carga unitaria que emplea almacenamiento basado en clases con el fin de reducir el tiempo de preparación de pedidos.

(Cardona et al., 2016) planean también, modelos de optimización no lineal para minimizar la distancia de viaje esperada del almacén y utilizan métodos analíticos para resolverlo basándose en la política de almacenamiento ABC. Otras contribuciones como la de (Khojasteh & Son, 2016) incluyen el reducir la distancia con ayuda de modelos de programación no lineal de un robot el cual maneja múltiples artículos para un solo cliente.

Espinoza et al., (2016) incluyen dentro de sus propuestas para la administración de inventarios, la distribución de planta para aprovechar al máximo el espacio disponible con ayuda de logaritmos genéticos y obtener una asignación de productos óptima.

En el caso de problemas de preparación de pedidos las propuestas de solución tienen como objetivo reducir los costos de transporte y satisfacer las expectativas de los clientes. Estos problemas se conocen como NP- duros, los cuales son resueltos principalmente por heurísticas como algoritmo genético (GA) los cuales ofrecen solución al problema en orden de recolección bi-objetivo (Kiris et al., 2017).

Bajo la problemática planteada anteriormente, el objetivo de este artículo es proponer diferentes técnicas basadas en mapeos de procesos y análisis ABC como política de almacenamiento y posteriormente a través del problema del agente viajero aplicar un algoritmo genético para determinar la mejor ruta para la recolección de productos.

La hipótesis de este trabajo fue que mediante diferentes herramientas de análisis es posible seleccionar una política de almacenamiento y rutas de recolección óptimas para mejorar el desempeño logístico de una empresa.

Metodología

A. Descripción del almacén y mapeo de procesos

El caso de estudio sobre el que se realiza la propuesta se basó en una empresa del sector alimentario la cual concentra la mayor parte de sus materiales en el almacén de materia prima.

Dentro del almacén de materia prima de la empresa de estudio, se manejan un alto volumen de materiales agrupados por nueve familias que en conjunto representan 231 materiales (SKU's, por sus siglas en ingles). Las familias de productos están conformadas por materiales plásticos, químicos, instrumentos de laboratorio, concentrados y algunos ingredientes perecederos, los cuales son almacenados en diferentes presentaciones como sacos y garrafones y contenedores.

El espacio de almacenamiento está constituido por diversas áreas donde corresponden a las diferentes familias de productos como se muestra en la Figura. 1, todo el material es almacenado en racks con su respectiva tarima y otros únicamente son colocados sobre el piso con su área limitada. Se designó un espacio para el material no conforme ya que en algunas situaciones la materia prima que llega a la empresa no cumple con los estándares de calidad o no es entregada en la cantidad correcta por lo que es rechazada por el área de control de calidad. Además, la empresa considera en su distribución del almacén de materias primas el aspecto de seguridad protegiendo en un área específica los residuos peligrosos.

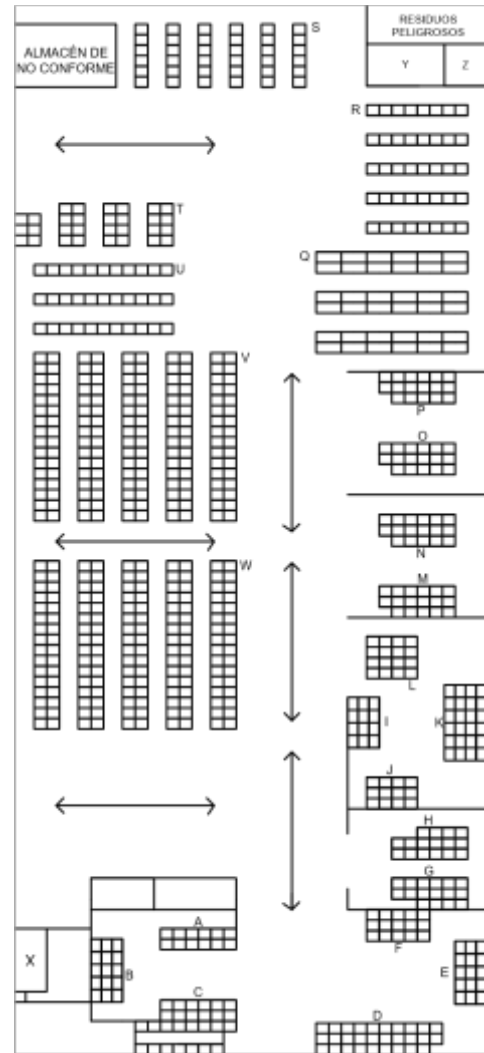


Figura 1. Distribución de la empresa (actual).
(Elaboración propia)

Las ubicaciones en rack se identifican físicamente en el almacén, de la posición A hasta la posición P, como se muestran en la Figura 1. Las ubicaciones en piso generalmente no tienen una posición asignada, por lo que puede distribuirse en diferentes lugares de acuerdo a las necesidades y demandas de producción.

Dentro de este almacén existe el problema en cuanto al alistamiento de pedidos de los diversos materiales a causa de la inexistencia de una secuencia de recolección, lo que causa retrasos, tiempo ocioso y aumento del costo logístico.

Para identificar los materiales en el almacén, se realizó un mapeo de procesos para cada familia de materiales. Por ejemplo, la Figura.2 muestra el mapeo para una familia en específico, el cual inicia por el departamento de recepción y vigilancia que procederá a notificar al Líder de materia prima (LMP) acerca de la llegada de materiales a la

empresa. El LMP es la persona que autoriza el ingreso a planta, posteriormente, el operador del transporte se registra con el LMP para entregar orden de traspaso de materia prima y sus certificados de calidad correspondientes para verificarlos y autorizar vía equipo de manejo de materiales (montacargas) la descarga del material.

Posteriormente, el departamento de calidad analiza el cargamento para verificar que no se presente material defectuoso en la entrega, y en caso, autorizar si continua descargando el material. Si no existen problemas de calidad, el operador del montacargas realiza la descarga de materiales. En el caso de encontrar material que no cumpla con los requisitos, el producto se regresará al transporte. Una vez que el operador del montacargas concluye la descarga, este notifica al LMP acerca de las cantidades recibidas. El operador del transporte pasara con el LMP para recibir documentos de la entrega. Finalmente, el LMP realiza el registro en el sistema.



Figura 2. Mapeo de procesos. (Elaboración propia)

sentido, con el propósito de tener el espacio disponible para maniobrar, colocar y coleccionar productos.

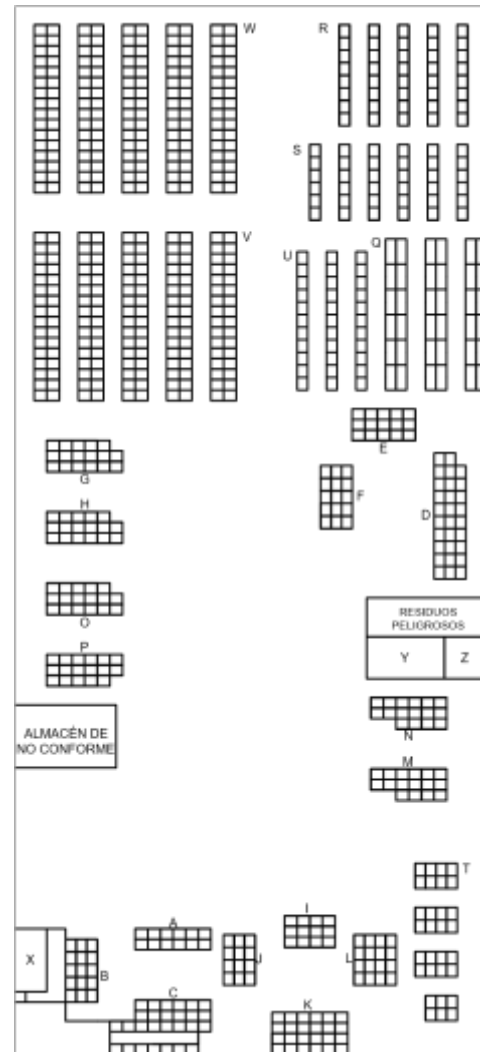


Figura 3. Configuración 1. (Elaboración propia)

Con el propósito de evaluar la conveniencia de la distribución en el almacén, se realizaron cuatro configuraciones incluyendo la distribución actual, como propuesta.

Cada una de estas configuraciones (Figura.3-5) representa un acomodo en el almacén de acuerdo a las propias sugerencias emitidas por la empresa. Se cambió algunos espacios de las ubicaciones de racks y piso. Se consideró ubicar materiales con alta rotación cerca de la los accesos. Además el almacén de no conforme se colocó cerca de la entrada del almacén, de este modo cualquier producto defectuoso tendría la disponibilidad de ser despachado para su regreso. Por último las áreas que ocupan mayor espacio en el almacén, fueron colocadas de forma contigua y en algunos casos estas áreas fueron colocadas de tal modo que los pasillos tuvieran el mismo

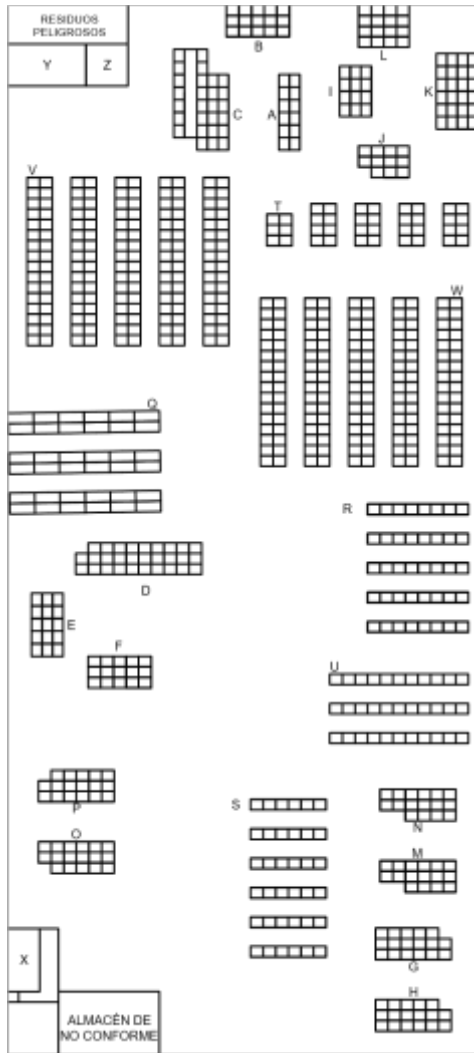


Figura 4. Configuración 2. (Elaboración propia)

Las configuraciones se basan en diferentes acomodos de las familias, para lo cual se analizaron los diferentes mapeos de procesos para el flujo de materiales. Las áreas de materiales en piso y en racks fueron analizadas en la configuración.

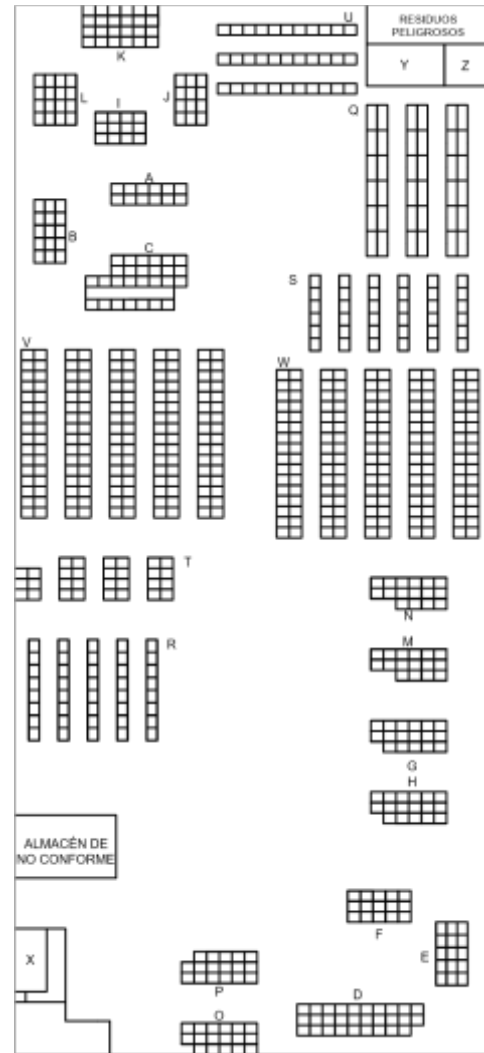


Figura 5. Configuración 3. (Elaboración propia)

B. Análisis ABC

En la solución de este problema se realizó un análisis ABC recursivo tomando dos consideraciones: (1) los materiales que tienen una mayor frecuencia de entrada y (2) el volumen que ocupan en el almacén. En ambos casos y de acuerdo a los propios requerimientos de la empresa se analizaron las familias de productos que cumplían estas consideraciones.

Con respecto a su frecuencia de entrada, el análisis ABC arrojó los siguientes resultados: 42 productos tipo A, 26 productos tipo B y 163 productos tipo C. De la misma forma, y considerando su volumen, se clasificaron de la siguiente manera: 41 productos tipo A, 23 productos tipo B y 167 productos tipo C.

Posteriormente se realizó una doble clasificación, es decir se ubicaron los productos A con mayor frecuencia de entrada y que a su vez se encuentren clasificados como A por el volumen que ocupan en el almacén.

Como se muestra en la Figura. 6, se determinaron 27 productos con clasificación AA, 11 productos con clasificación BB y los restantes con clasificación CC.

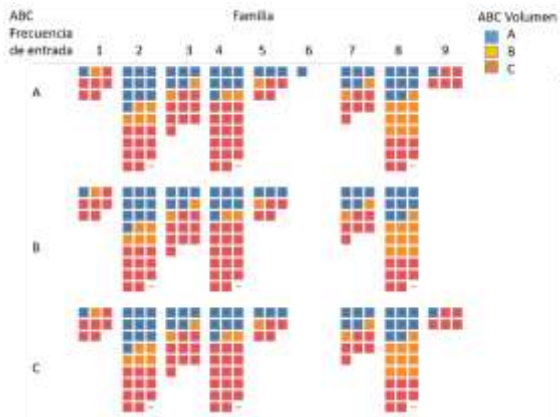


Figura 6. Representación del análisis ABC doble frecuencia de entrada y volumen. (Elaboración propia)

C. Localización del punto de recolección.

Con el propósito de determinar la ubicación del punto de recolección que minimice las distancias de traslado y la posterior operación del almacén, a través del problema de ubicación de instalaciones se minimizaron los puntos $a^1, \dots, a^m \in R^2$ donde a representa una ubicación dentro del almacén. En este caso se seleccionó un orden de producción incluyendo 20 SKU's y con base en esta se ubicaron los materiales necesarios dentro del almacén.

Usando las distancias euclidianas entre puntos, el cálculo para la ubicación del punto de recolección se utilizó la Ecuación (1).

$$(1) \quad d_2^2(x, a^i) := (x_1 - a_1^i)^2 + (x_2 - a_2^i)^2$$

Para todo $(x_1, x_2) \in R^2$ y todo $a^i := (a_1^i, a_2^i), i = 1, \dots, m$

La ecuación (2) muestra la expresión para el cálculo

$$(2) \quad \sum_{i=1}^m v_i \cdot d_2^2(x, a^i) = \sum_{i=1}^m v_i \cdot ((x_1 - a_1^i)^2 + (x_2 - a_2^i)^2)$$

Donde $v_1, \dots, v_m \in R$ son ponderaciones que se asigna a las ubicaciones de acuerdo a la clasificación ABC. Las ponderaciones para cada clasificación se muestran en la Tabla 1.

Clasificación	Ponderación
A	10
B	5
C	1

Tabla 1. Ponderaciones. (Elaboración propia)

Posteriormente el punto de recolección para cada una de las configuraciones propuestas fue calculado utilizando el software de MATLAB, en total se analizaron las tres posibles configuraciones del almacén sugeridas por la empresa. En cada uno de estos se obtuvo el punto de recolección, por ejemplo, para el caso de la configuración actual, gráficamente el punto se muestra en la Figura 7.

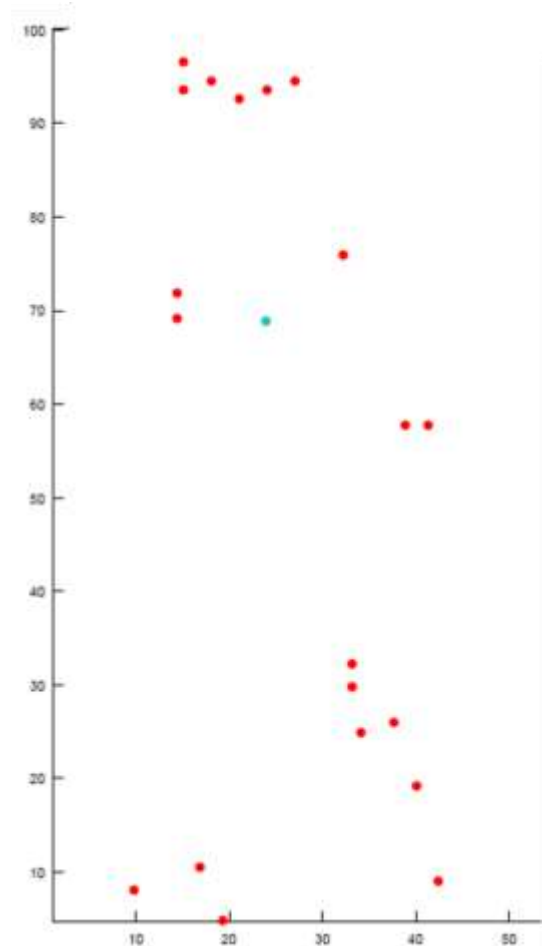


Figura 7. Localización de punto óptimo para la distribución. (Elaboración propia)

D. Rutas de recolección

El Problema del agente viajero (TSP) es un problema clásico NP Hard en el cual se requiere llegar a n ciudades en orden para vender determinados productos basado en distancias conocidas. Esencialmente, en el TSP se busca encontrar la ruta con la menor distancia de traslados.

En este caso, con base en el problema del TSP el modelo para optimizar la ruta de recolección quedó definido con n artículos de un pedido que se realizan mediante una secuencia de recorridos en la cual existe una distancia de recorrido y considera la función objetivo de:

$$\min D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 (j = 1, \dots, n)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 (i = 1, \dots, n)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} (i, j = 1, \dots, n)$$

Resultados

Debido a que el TSP se considera dentro de los problemas NP-Hard, en este caso se aplicó una heurística de algoritmo genético para lograr una buena aproximación a la solución óptima. El algoritmo genético ejecuta una búsqueda simultánea en diferentes regiones del espacio factible, realiza una intensificación sobre algunas de ellas y explora otros subespacios a través de un intercambio de información entre configuraciones. Los datos utilizados por este algoritmo fueron:

Población inicial	100 cromosomas (aleatorio)
Número de genes por cromosoma	En función del tamaño de la configuración
Proceso de selección	Esquema de la ruleta
Tipo de crossover	Punto simple
Tasa de crossover	0.9
Tasa de mutación	0.04
Máximo número de generación	1000
Criterio de parada	Máximo número de generaciones

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2 donde se observa que la mejor propuesta es aquella con la menor distancia recorrida, gráficamente la solución se muestra en la Figura. 8

Configuración	Mejor resultado (en metros)
Distribución actual	247.29
Configuración 1	274.99
Configuración 2	292.01
Configuración 3	293.68

Tabla 2. Resultados. (Elaboración propia)

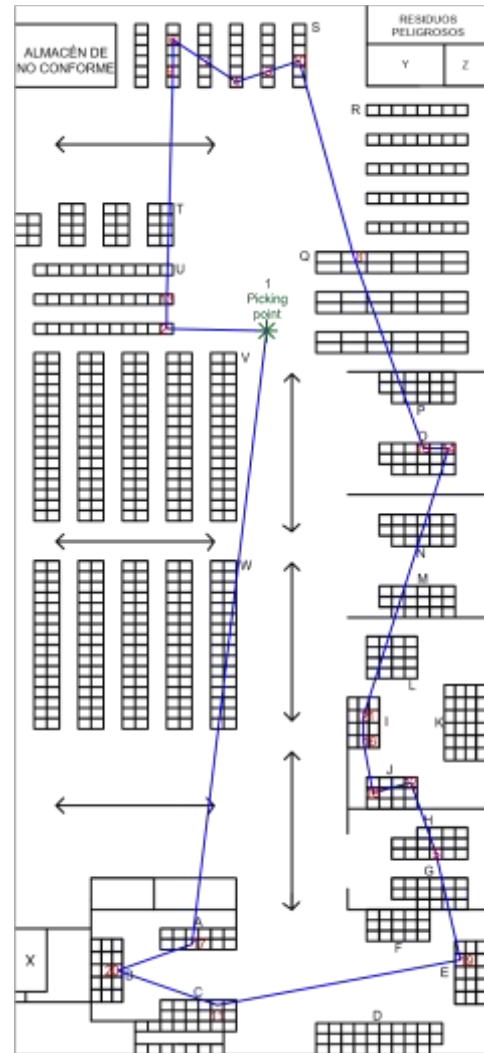


Figura 8. Localización de punto óptimo para la distribución actual. (Elaboración propia)

Conclusiones

El aprovechamiento de espacios en el cual se realizan las funciones de almacenamiento así como la reducción de tiempos de operación son algunos de los principales problemas que se enfrentan en la administración de almacenes. Mediante esta propuesta y utilizando un ABC recursivo se logró identificar los productos en el almacén de acuerdo a su frecuencia de entrada y volumen, posteriormente mediante el modelo clásico de TSP con algoritmo genético se diseñó una ruta de recolección. Los resultados de este estudio muestran que es posible configurar una ruta óptima, con base en las ponderaciones ABC de los productos, y a su vez minimizar las distancias de traslado. De acuerdo al análisis propuesto en este caso de estudio, la configuración actual del almacén, es la adecuada para optimizar las operaciones logísticas de recolección de productos en la empresa.

Agradecimientos

Los autores expresan su reconocimiento al PRODEP por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto.

Referencias

- Cano, J. A., Correa-Espinal, A. A., & Gómez-Montoya, R. A. (2018). Solución del Problema de Conformación de Lotes en Almacenes utilizando Algoritmos Genéticos. *Información Tecnológica*, 29(6), 235–244. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600235>
- Cardona, L. F., Rivera, L., & Jairo Martínez, H. (2016). Analytical Optimization for the Warehouse Sizing Problem Under Class-Based Storage Policy. *Ingeniería y Ciencia*, 12(24), 221–248. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.12.24.10>
- De Koster, M. B. M., Van der Poort, E. S., & Wolters, M. (1999). Efficient orderbatching methods in warehouses. *International Journal of Production Research*, 37(7), 1479–1504. <https://doi.org/10.1080/002075499191094>
- Diaz, C.E., & Cadena, J.A. (2013). Decisiones fundamentales para estudiar el proceso de alistamiento de pedidos: revision de literatura. *Gerenc. Technol. Inform.* 12(34), 17-28.
- Espinoza, M., Aguilar, A., & Moras, C. (2016). Diseño de instalaciones y asignación de productos con algoritmo genéticos para un empresa cafetalera. *Revista de la Ingeniería Industrial*, ISSN 1940-2163, 10(1), 8-21.
- Fumi, A., Scarabotti, L., & Schiraldi, M. M. (2013). The Effect of Slot-Code Optimization in Warehouse Order Picking. *International Journal of Engineering Business Management*, 5, 20. <https://doi.org/10.5772/56803>
- Henn, S., & Schmid, V. (2013). Metaheuristics for order batching and sequencing in manual order picking systems. *Computers & Industrial Engineering*, 66(2), 338–351. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.07.003>
- Kiris, S., Deliktas, D & Ustun, O. (2017). Order Picking Problem in a Warehouse with Bi-Objective Genetic Algorithm Approach: Case Study. *The 15th International Logistics and Supply Chain Congress (LMSCM)*, 19-20.
- Khojasteh, Y., & Son, J.-D. (2016). A travel time model for order picking systems in automated warehouses. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 86(5–8), 2219–2229. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8340-y>
- Pazour, J. A., & Carlo, H. J. (2015). Warehouse reshuffling: Insights and optimization. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 73, 207–226. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.11.002>
- Venkatasubramony, R., & Adil, G. K. (2017). Design of an order-picking warehouse factoring vertical travel and space sharing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(5–8), 1921–1934. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9879-3>