



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

“OPTIMIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN
LOGÍSTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS DEL
GRUPO SUPERIOR S.A, CANTÓN SALINAS, ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

GONZABAY VERA DARWIN XAVIER

TUTOR:

Ing. BERMEO GARCÍA MARCO VINICIO, MSc.

La Libertad, Ecuador

2023

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL**

TEMA:

**“OPTIMIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN
LOGÍSTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS DEL
GRUPO SUPERIOR S.A, CANTÓN SALINAS, ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

GONZABAY VERA DARWIN XAVIER

TUTOR:

Ing. BERMEO GARCÍA MARCO VINICIO, MSc.

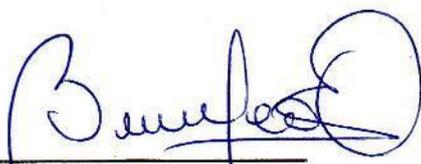
LA LIBERTAD – ECUADOR

UPSE

CERTIFICACIÓN

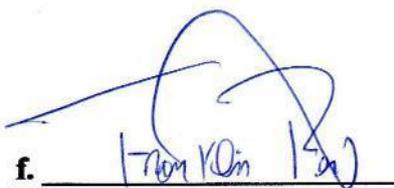
Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **GONZABAY VERA DARWIN XAVIER**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

TUTOR

f. 

Ing. Bermeo García Marco Vinicio, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Ing. Reyes Soriano Franklin Enrique, MSc.

La Libertad, a los 8 días del mes de agosto del año 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “OPTIMIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS DEL GRUPO SUPERIOR S.A, CANTÓN SALINAS, ECUADOR”, elaborado por el Sr. GONZABAY VERA DARWIN XAVIER, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

f. 
Ing. Bermeo García Marco Vinicio, MSc.

La Libertad, a los 8 días del mes de agosto del año 2023

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Gonzabay Vera Darwin Xavier**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Optimización de los métodos de distribución logística para el abastecimiento de productos del Grupo Superior S.A, Cantón Salinas, Ecuador** previo a la obtención del título de **Ingeniero Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 8 días del mes de agosto del año 2023

AUTOR

f. 
Gonzabay Vera Darwin Xavier

AUTORIZACIÓN

Yo, **Gonzabay Vera Darwin Xavier**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **Optimización de los métodos de distribución logística para el abastecimiento de productos del Grupo Superior S.A, Cantón Salinas, Ecuador** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 8 días del mes de agosto del año 2023

AUTOR:

f. 
Gonzabay Vera Darwin Xavier

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**OPTIMIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS DEL GRUPO SUPERIOR S.A, CANTÓN SALINAS, ECUADOR**”, elaborado por el Sr. **GONZABAY VERA DARWIN XAVIER**, egresado de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, se encuentra con un 2% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister	Trabajo de Integración Curricular - Gonzabay Vera Darwin (1)	2% Similitudes	 < 1% 0% similitudes entre comillas 3% Idioma no reconocido
Nombre del documento: Trabajo de Integración Curricular - Gonzabay Vera Darwin (1).docx ID del documento: b8a2d3fca17398bbb5888129858340f1ac092d1d Tamaño del documento original: 3,54 MB	Depositante: MARCO VINICIO BERMEO GARCIA Fecha de depósito: 3/8/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 3/8/2023	Número de palabras: 17.270 Número de caracteres: 113.039	

TUTOR

f. 
Ing. Bermeo García Marco Vinicio, MSc.
C.C.:1707326813

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Salinas, 3 de agosto del 2023

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Yo, NANCY TERESA MUÑOZ VERA, MAESTRA EN ADMINISTRACIÓN DE LA EDUCACIÓN, con registro de la SENESCYT No. 6043147062, por medio del presente certifico que:

He leído, revisado y corregido la redacción en la concordancia, sintaxis y la ortografía del contenido del trabajo de titulación "**OPTIMIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS DEL GRUPO SUPERIOR S.A, CANTÓN SALINAS, ECUADOR**". Elaborado por **DARWIN XAVIER GONZABAY VERA** previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Debo indicar, además, que es de exclusiva responsabilidad que el autor cumpla con las sugerencias y recomendaciones dadas en la corrección del trabajo de titulación impreso.

Sin otro particular, es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los interesados, hacer uso del presente como estimen conveniente.

Atentamente,



NANCY TERESA MUÑOZ VERA, MSc.

C.I. 0907260897

SENESCYT REGISTRO No. 6043147062

CORREO: teremunoz_123@hotmail.com

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme gozar de buena salud y darme fuerza de voluntad para superar los obstáculos en mi camino. A mi madre y mi padre por darme el apoyo incondicional durante esta etapa universitaria, a mis hermanos y hermana por animarme en los momentos difíciles durante la carrera. A los docentes que me inculcaron conocimientos para mi vida profesional y a mis amigos porque siempre puedo contar con ellos ante cualquier adversidad.

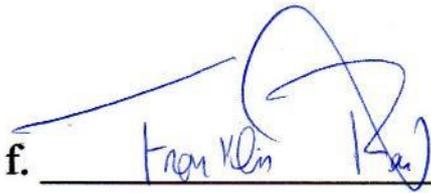
Darwin Gonzabay Vera

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a mis padres y hermanos/a que siempre me han dado buenos consejos durante toda mi etapa universitaria. A los amigos que conocí en el transcurso de la carrera por siempre apoyarnos en los momentos difíciles.

Darwin Gonzabay Vera

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.  _____

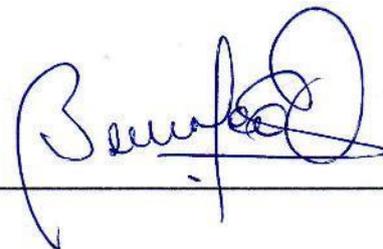
Ing. Reyes Soriano Franklin Enrique, MSc.

DIRECTOR DE CARRERA

f.  _____

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD.

DOCENTE ESPECIALISTA

f.  _____

Ing. Bermeo García Marco Vinicio, MSc.

DOCENTE TUTOR

f.  _____

Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, MEng.

DOCENTE GUÍA DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	v
AUTORIZACIÓN	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
DEDICATORIA	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xi
ÍNDICE GENERAL	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	8
MARCO TEÓRICO	8
1.1 Antecedentes investigativos.....	8
1.2 Estado del arte.....	9
1.2.1 Variable independiente: Métodos de distribución logística.....	16
1.2.2 Variable dependiente: Abastecimiento de productos	18
1.3 Fundamentos teóricos	19
1.4 Recapitulación del capítulo I	21
CAPÍTULO II	22
MARCO METODOLÓGICO	22

2.1	Algoritmos heurísticos	22
2.1.1	Algoritmo genético	22
2.1.2	Algoritmo de ahorro	22
2.1.3	Algoritmo colonia de hormigas	23
2.2	Enfoque de investigación	24
2.3	Diseño de investigación	25
2.4	Procedimiento metodológico	26
2.5	Censo	27
2.6	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	27
2.6.1	Métodos de recolección de los datos	27
2.6.2	Técnicas de recolección de los datos	28
2.6.3	Instrumentos de recolección de los datos	29
2.7	Variables del estudio	29
2.7.1	Operacionalización de las variables	30
2.8	Procedimiento para la recolección de los datos	31
2.9	Recapitulación del capítulo II	32
CAPÍTULO III		33
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN		33
3.1	Marco de resultados	33
3.1.1	Plan de evaluación	33
3.1.2	Análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach.....	42
3.1.3	Verificación de hipótesis mediante la correlación de Pearson.....	44
3.2	Diagnóstico del proceso de distribución actual de la empresa	45
3.2.1	Proceso logístico área de distribución	45
3.2.2	Rutas de distribución actual.....	46
3.3	Aplicación de algoritmo heurístico	46
3.3.1	Centro de distribución o nodo de inicio	47

3.3.2	Formulación matemática	47
3.3.3	Solución del modelo	49
3.3.4	Ruta Salinas	50
3.3.5	Ruta La Libertad.....	55
3.3.6	Resultados.....	61
3.4	Presupuesto	62
3.5	Retorno de inversión.....	62
3.6	Marco de discusión	64
CONCLUSIONES		65
RECOMENDACIONES		66
ANEXOS		67
BIBLIOGRAFÍA		75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo del problema de investigación	4
Figura 2: Diagrama de flujo de la selección de artículos analizados	11
Figura 3: Agrupación de palabras claves de los artículos	15
Figura 4: Etapas del algoritmo genético.....	22
Figura 5: Etapas del algoritmo de ahorros Clarke and Wright.....	23
Figura 6: Etapas del algoritmo colonia de hormigas.....	24
Figura 7: Plan de evaluación	26
Figura 8: Plan de recolección de datos	28
Figura 9: Fases de la metodología Ábaco de Régnier.....	29
Figura 10: Porcentaje de pregunta 1.....	35
Figura 11: Porcentaje de pregunta 2.....	36
Figura 12: Porcentaje de pregunta 3.....	37
Figura 13: Porcentaje de pregunta 4.....	37
Figura 14: Porcentaje de pregunta 5.....	38
Figura 15: Porcentaje de pregunta 6.....	39
Figura 16: Porcentaje de pregunta 7.....	39
Figura 17: Porcentaje de pregunta 8.....	40
Figura 18: Porcentaje de pregunta 9.....	41
Figura 19: Porcentaje de pregunta 10.....	41
Figura 20: Proceso logístico.....	46
Figura 21: Rutas iniciales 1 y 2 Salinas	51
Figura 22: Rutas optimizadas (Salinas).....	55
Figura 23: Rutas iniciales 1 y 2 La Libertad	57
Figura 24: Rutas optimizadas (La Libertad)	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios de inclusión / exclusión	10
Tabla 2: Artículos de la revisión sistemática	12
Tabla 3: Distribución de artículos revisados por revista.....	16
Tabla 4: Estratificación de la población	27
Tabla 5: Operacionalización de variables	30
Tabla 6: Plan de análisis de resultados	31
Tabla 7: Validación por parte de los expertos	34
Tabla 8: Análisis de frecuencia de la validación.....	34
Tabla 9: Resumen de procesamiento de casos.....	43
Tabla 10: Estadísticas de fiabilidad	43
Tabla 11: Interpretación de la magnitud del coeficiente de	44
Tabla 12: Correlación de variables	45
Tabla 13: Ubicación y demanda de los clientes.....	50
Tabla 14: Distancia entre clientes (Kilómetros)	51
Tabla 15: Detalle de las rutas iniciales Salinas.....	52
Tabla 16: Matriz de ahorro para cada pareja de clientes (Kilómetros).....	53
Tabla 17: Orden descendente de los ahorros	53
Tabla 18: Solución de algoritmo de ahorro Clarke y Wright.....	55
Tabla 19: Ubicación y demanda de los clientes La Libertad.....	56
Tabla 20: Distancia entre clientes (Kilómetros)	56
Tabla 21: Detalle de las rutas iniciales La Libertad.....	57
Tabla 22: Matriz de ahorro para cada pareja de clientes (Kilómetros).....	58
Tabla 23: Resumen de Orden descendente de los ahorros.....	59

Tabla 24: Solución de algoritmo de ahorro Clarke y Wright.....	60
Tabla 25: Presupuesto.....	62
Tabla 26: Flujo de efectivo, valor actualizado y acumulado	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Validación por expertos	67
Anexo B: Tratamiento de datos Ábaco de Regnier	68
Anexo C: Cuestionario de censo	69
Anexo D: Tratamiento de datos en IBM SPSS Statistics	71
Anexo E: Solicitud para realizar investigación	73
Anexo F: Matriz de distancias en Wolfram Mathematica.....	74
Anexo G: Matriz de ahorros en Wolfram Mathematica.....	74

“OPTIMIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS DEL GRUPO SUPERIOR S.A, CANTÓN SALINAS, ECUADOR”

Autor: Gonzabay Vera Darwin Xavier

Tutor: Ing. Bermeo García Marco Vinicio

RESUMEN

La distribución logística es uno de los factores que afectan la eficiencia de una empresa, en la actualidad existen varios métodos para resolver este tipo de problemas entre los cuales se destacan los métodos heurísticos, estos ayudan a intervenir de manera rápida con resultados factibles. El objetivo de este trabajo de investigación es aplicar el algoritmo de ahorros de Clarke y Wright para resolver el problema de ruteo de vehículos. La metodología del estudio se aplicó bajo el enfoque cuantitativo, con un diseño de investigación descriptivo y correlacional. Además, el estudio se sostuvo bajo la metodología Ábaco de Regnier y con la ayuda del software estadístico IBM SPSS. Como resultado se presentó las rutas optimizadas para las dos ciudades evaluadas, las cuales fueron Salinas y La Libertad, cada una con un porcentaje de mejora de 11,67% y 3,60% respectivamente. Se concluye que el algoritmo de ahorros permite analizar la situación de las rutas iniciales y permite lograr una mejora en base a los kilómetros recorridos.

Palabras claves: *(Optimización, logística, Ruta de distribución, algoritmo de ahorros, transporte, distribución)*

“OPTIMIZATION OF LOGISTIC DISTRIBUTION METHODS FOR THE SUPPLY OF PRODUCTS OF GRUPO SUPERIOR S.A., SALINAS CANTON, ECUADOR”.

Author: Gonzabay Vera Darwin Xavier

Tutor: Ing. Bermeo García Marco Vinicio

ABSTRACT

The logistic distribution is one of the factors that affect the efficiency of a company, nowadays there are several methods to solve this type of problems among which the heuristic methods stand out, these help to intervene in a fast way with feasible results. The objective of this research work is to apply Clarke and Wright's savings algorithm to solve the vehicle routing problem. The methodology of the study was applied under the quantitative approach, with a descriptive and correlational research design. In addition, the study was sustained under Regnier's Abacus methodology and with the help of IBM SPSS statistical software. As a result, the optimized routes were presented for the two cities evaluated, which were Salinas and La Libertad, each with an improvement percentage of 11.67% and 3.60%, respectively. It is concluded that the savings algorithm allows analyzing the situation of the initial routes and allows achieving an improvement based on the kilometers traveled.

Key words: *(Optimization, logistics, distribution route, savings algorithm, transportation, distribution).*

INTRODUCCIÓN

A nivel global la distribución logística cumple un papel esencial dentro de los procesos de una organización, además de ayudar al comercio internacional, se ha hecho notar significativamente en la gestión empresarial debido a su incidencia en los sectores de la producción. Su correcto control y gestión evita gastos innecesarios para la empresa promoviendo una excelente relación con los clientes (Mauricio Gámez-Albán et al., 2017). Un sistema de distribución tiene que ser eficiente, ya que de él depende la estabilidad económica de la compañía y la satisfacción a las necesidades de compra de sus clientes. Además, es fundamental que exista un intercambio de información entre el mercado y la empresa, esto hace que el sistema reaccione de manera adecuada para tener resultados eficientes.

En Latinoamérica la logística es crucial para el éxito empresarial, ya que teniendo un sistema de control logístico permite garantizar la calidad y un manejo apropiado de producción (Rodríguez et al., 2022). El índice de desempeño logístico ha presentado un gran avance para países de América Latina, liderando Chile con un puntaje de 3,32 concediéndole el puesto 34, seguido de Panamá que ocupa el puesto 38, México se encuentra el 51 y Colombia en el 58. Los países con un puntaje más bajo de desempeño logístico fueron Bolivia y Venezuela, con los puestos 131 y 142 respectivamente. (Calatayud & Montes, 2021).

Es evidente que los países de primer mundo tienen una gran ventaja sobre los latinoamericanos, pues la mayoría de los países en Latinoamérica no poseen un modelo de logística. Actualmente, es trascendental contar con un modelo logístico, ya que muchas

empresas enfrentan dificultades en la operación de sus procesos logísticos, esto hace que el abastecimiento, producción y distribución sea un poco tedioso para ellas.

En Ecuador, el crecimiento económico se apoya del desempeño logístico, el cual es fundamental para impulsar tanto el sector manufacturero como el comercio a nivel nacional e internacional. En ese sentido la logística fortalece la relación entre las empresas y los consumidores, gestionando la movilización de mercancía con el propósito de aumentar la producción nacional. No obstante, la economía se vio afectada en el año 2020 a causa de la pandemia originada por el Covid-19, las actividades productivas se suspendieron temporalmente, tal es así que muchas empresas logísticas se vieron en la necesidad de hacer recortes de personal. El sector logístico tuvo que adaptarse rápidamente para seguir ofreciendo sus servicios y evitar perder a gran cantidad de sus clientes. (Efraín Capurro-Tapia, 2020).

La estructura logística nacional del Ecuador se centraliza en las ciudades principales, como Guayaquil y Quito. Otras ciudades que destacan son Cuenca y Manta, pero estas actúan como nodos intermedios de distribución. Por esta razón, el índice del desempeño logístico ha incrementado en el país, otorgándole el puesto 62 en el ranking mundial (Farromeque Rafael, 2016).

Planteamiento del problema

Abordando de manera global, en las empresas han surgido problemas en el sector logístico y el alto costo de distribución. Es por esto por lo que ejercen diferentes métodos que les permite de alguna u otra manera coordinar sus actividades entre empresa y cliente. La logística y el canal de distribución son elementos claves para elevar o mantener la economía de una empresa, pues estos tienen como objetivo mejorar el nivel de servicio al cliente. (Mejía Moreira et al., 2018)

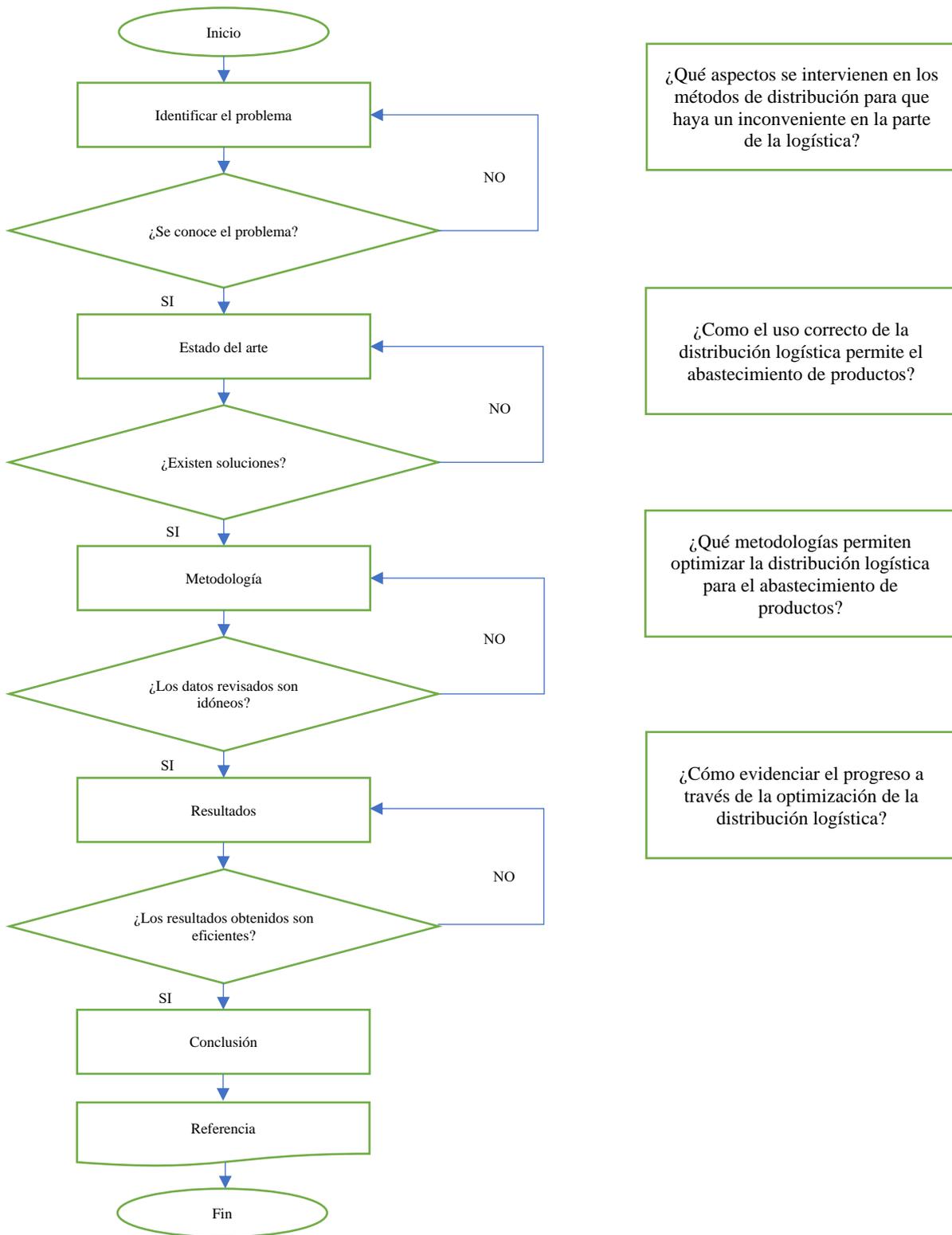
Zheng et al., (2022) indicó que un número mayor de empresas se encontraron con un problema de producción durante la pandemia, lo que tuvo un impacto negativo en la logística. Esta situación condujo a la industria a analizar, adaptar e innovar sus procesos para evitar afectaciones drásticas en el mercado. Fue un duro golpe a la industria, ya que muchas empresas se vieron afectadas alrededor del mundo, conmoviendo un gran impacto en sus ventas.

A nivel de Latinoamérica el desempeño logístico en cualquier tipo de organización se mantiene fuertemente relacionada con un conjunto de capacidades y competencias humanas. La logística de distribución incluye la gestión de los flujos físicos como DFI (Distribución Física Internacional), es decir, los productos son situados en el mercado internacional y cumplen con los términos establecidos entre el vendedor y comprador (Hidalgo Torres et al., 2018).

En el Ecuador, las empresas enfrentan una importante tarea de asegurar la satisfacción de sus clientes al garantizar la entrega puntual y satisfactoria de los productos o servicios que solicitan. Ecuador es uno de los países más favorables en cuanto a logística y transporte se refiere. Exporta a nivel internacional productos agrícolas, de floricultura y pescadería, esto quiere decir que depende estrechamente de los procesos logísticos.

En consecuencia, a lo antes mencionado, el problema reside en que la sucursal del Grupo Superior S.A, la cual se encuentra ubicada en el cantón Salinas, provincia de Santa Elena, posee costumbres que no son del todo eficientes en cuanto a la logística, tales como problemas con el transporte, entregas que no llegan a tiempo al cliente, incorrecta distribución del producto. Esto genera inconvenientes en inventario y por lo tanto no es apto para el bienestar de la empresa.

Figura 1: Diagrama de flujo del problema de investigación



Nota: Elaborado por autor

Alcance de la Investigación

El área de aplicación para la siguiente investigación se enfoca en el campo de la producción y su aplicación práctica se llevará a cabo en la sucursal del Grupo Superior, la cual se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, específicamente en el cantón Salinas. Las limitaciones para la investigación serán establecidas por la empresa, ya que en ciertos lugares solo el personal autorizado puede acceder. Además, la investigación se ajustará al horario en el cual opera la empresa y a los lugares de entrega de los productos, para obtener un conocimiento de la satisfacción de sus clientes. La empresa se dedica a la producción y comercialización de productos derivados del trigo, y se ha ido expandiendo, diversificando sus productos a nivel nacional.

Dentro del sector alimenticio, el Grupo Superior tiene como objetivo servir eficientemente a sus consumidores contando con la infraestructura adecuada. Además, se compromete con el desarrollo de la pequeña y mediana industria alimenticia. Esta empresa tiene funcionando por más de 40 años en el mercado y se inició con el nombre de Molino Corona y sus dueños eran extranjeros, con el transcurso del tiempo la empresa ha crecido y se ha expandido, asegurando procesos y prácticas de fabricación que producen productos con los estándares de calidad más altos, lo que beneficia a los mercados en los que se desenvuelve o vende. En lo que respecta a la distribución logística, se refiere al proceso de gestión y planificación de la entrega de productos a los clientes, este proceso incluye la recepción de pedidos, la preparación de los productos, la asignación de rutas y horarios de entrega, así como la coordinación y el seguimiento de la entrega a los clientes finales.

En ese contexto el inventario o proceso logístico es uno de los recursos más grandes e importantes de la empresa, por lo que requiere una adecuada gestión. Esto permite seguir

la trazabilidad de un producto a través de un conjunto de técnicas que reducen los tiempos, disminuyen los costos de almacenamiento y transporte, y aseguran que el producto llegue al destinatario final en el momento en que lo necesita (Pacheco B., 2019).

Justificación de la investigación

Debido a que el enrutamiento es uno de los problemas más comunes en las empresas, el estudio sería factible de realizar. Esto se debe a que se puede emplear una solución heurística con la utilización de algoritmos de optimización para determinar la solución óptima, dada la magnitud del problema que representa en la actualidad y la necesidad de resolverlo de manera eficiente. El VRP se refiere al servicio de una empresa de entrega en el que se deben entregar productos desde uno o más depósitos. Estos depósitos cuentan con un conjunto determinado de vehículos y son operados por un grupo de conductores que se desplazan en una red de carreteras determinada para llegar a un conjunto de clientes. El método de Clarke-Wright, también conocido como el algoritmo de los ahorros, es un método heurístico para resolver problemas de rutas de vehículos con varios tipos de limitaciones, este método se basa en la creación de las rutas elementales de viaje, las cuales son gradualmente combinados en iteraciones individuales de tal manera que las rutas recién creadas puedan cumplir con los parámetros restrictivos del problema (Šedivý & Čejka, 2021).

De acuerdo con esto la investigación es necesaria debido a que la empresa tiene unos cuantos problemas logísticos entre los cuales resalta la gran carga de stock de productos que no tienen rotación en el mercado local, es decir estos productos no logran venderse satisfactoriamente como la empresa espera, lo cual conlleva a que los productos caduquen eventualmente y entren al proceso de devolución, estos productos son trasladados hasta

la bodega que se encuentra en Guayllabamba. El estudio será beneficioso para el Grupo Superior porque la investigación se llevará a cabo en una de sus sucursales.

Objetivo general

Optimizar los métodos de distribución logística para el abastecimiento de productos del Grupo Superior S.A, cantón Salinas, Ecuador.

Objetivos específicos

- Realizar el estado del arte mediante análisis bibliométrico para evaluar los modelos más utilizados en el ruteo vehicular
- Organizar un marco metodológico, mediante la aplicación de algoritmos heurísticos y herramientas computacionales que ayuden en el proceso de optimización.
- Interpretar la información obtenida permitiendo tomar las decisiones óptimas para la distribución logística de la empresa.

Hipótesis

Los métodos de distribución logística inciden en el abastecimiento de productos en las empresas distribuidoras de la provincia de Santa Elena

Variable independiente

Métodos de distribución logística

Variable dependiente

Abastecimiento de productos

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

Villarreal Meza et al., (2022) manifestó que la logística es determinante para conseguir la satisfacción del cliente, pues esta es aplicada a través de distintos procesos logrando que un producto sea entregado a tiempo y en un lugar en específico para garantizar un mínimo valor de distribución. También indicó que para lograr optimizar la logística es necesario laborar con la metodología 7 C's la cual representa siete peticiones claves para el éxito de una compañía que son, producto correcto, cantidad correcta, condiciones correctas, lugar correcto, tiempo correcto, cliente y costo correctos. Como conclusión se detalla que la logística es una herramienta que aplicándola adecuadamente puede provocar beneficios y viabilidad para cualquier empresa.

X. Ma & Wang, (2022) presenta en su estudio, optimización de rutas de distribución logística basada en tecnología RFID (Identificación por Radio Frecuencia) y sensores, con el objetivo de diseñar un esquema de distribución razonable, el cual también incluye las condiciones en las que se encuentre el transporte, el tipo de mercadería que se transporta, tiempo de transporte y peso de las mercancías. Como resultados se muestra que el tiempo óptimo para satisfacer las necesidades de la logística es de menos de 2 minutos a comparación del proceso tradicional.

Urzúa-Morales et al., (2020) planteó un sistema de distribución logística para observar y medir la dinámica de los métodos logísticos y hacer un análisis logístico urbano, la investigación se realizó a través de la recolección de datos y la caracterización del sector a estudiar, este sistema permitió optimizar la eficiencia del proceso de distribución y

abastecimiento comercial, además de minimizar el impacto ambiental. Los resultados obtenidos permitieron reducir 1103 horas de interrupciones por año en lo que respecta a la congestión vehicular del sector estudiado.

En el estudio de Jeong & Lee, (2019) se detalla que, con el avance de la tecnología, las compañías de logística se mantienen utilizando varios medios de transporte para la distribución de mercadería mejorando así la calidad de servicio al cliente. El modelo matemático que se propone en este estudio tiene como objetivo reducir el tiempo de entrega y costo operativo. Además, se hizo un análisis comparativo en relación con otros modelos anteriores y se determinó que, los resultados fueron aceptables logrando ahorrar significativamente el tiempo y costo de entrega mejorando la eficiencia logística.

1.2 Estado del arte

Para la revisión sistemática se ha investigado a un grupo de artículos científicos para lo cual se procedió a la combinación de términos para las ecuaciones de búsqueda, (Logística AND optimización AND heurísticas), (Distribución logística AND heurística AND optimización AND abastecimiento de productos). Esta búsqueda ofreció una cantidad significativa de resultados en las distintas plataformas las cuales fueron, Scopus, ScienceDirect, Redalyc, Dimensions y Proquest.

Para reducir los resultados de investigación se limitó a un rango de datos de búsqueda entre los años 2019 al 2023 y solo artículos científicos, con base a ese criterio y aplicando filtros de búsqueda se obtuvo un total de cada plataforma: 283 Scopus, 124 ScienceDirect, 40 Redalyc, 57 Dimensions y 111 Proquest, dando como resultado un total de 615 documentos relacionados al tema de investigación.

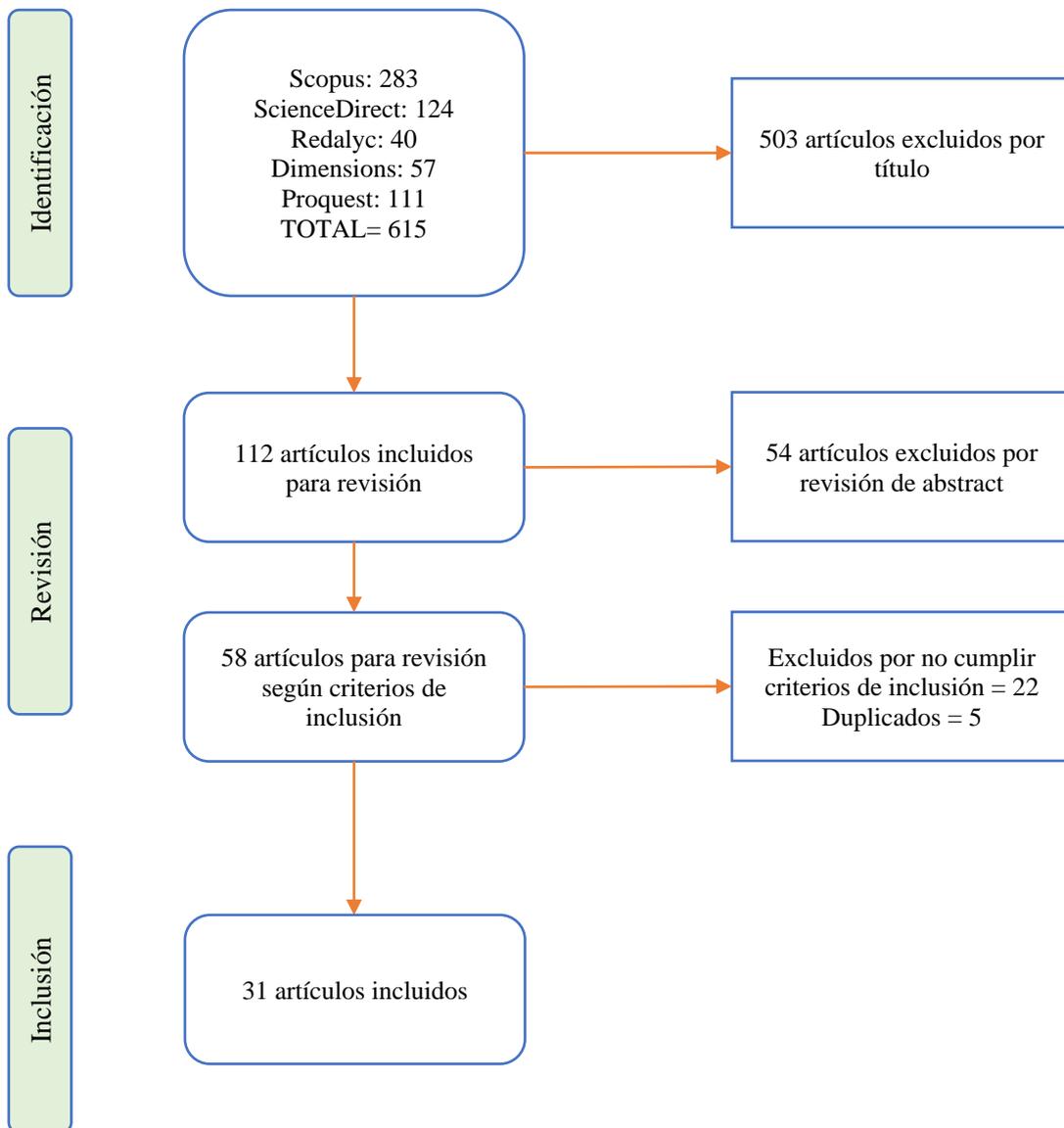
Tabla 1: Criterios de inclusión / exclusión

Criterios de inclusión
Los documentos solo deben ser artículos científicos
Dar prioridad a los artículos con menos de 5 años
Los artículos deben estar relacionados con la optimización o con la distribución logística
Criterios de exclusión
Se excluyeron artículos que no tengan que ver con los términos de búsqueda
Los artículos duplicados
Artículos que no estén disponibles en su totalidad

Nota: Elaborado por autor

En el Figura 2, se evidencia cómo se fue filtrando los artículos seleccionados bajo los criterios de inclusión y exclusión. Primero, se seleccionaron los artículos por su título, incluyendo 112 para una posterior revisión, luego se los seleccionó bajo la revisión del abstract teniendo 58 artículos incluidos. Finalmente, se descartaron los documentos que no cumplían los criterios de investigación y los que estaban duplicados, teniendo un total de 31 artículos.

Figura 2: Diagrama de flujo de la selección de artículos analizados



Nota: Elaborado por autor

En cuanto a las heurísticas aplicadas al problema del VRP, se ha encontrado que las más utilizadas son algoritmos basados en búsqueda local, modelos matemáticos, la optimización por colonia de hormigas, entre otras. Estas heurísticas permiten encontrar soluciones óptimas o subóptimas en un tiempo razonable y con una alta eficiencia. A continuación, en la Tabla 2, se detallan los artículos científicos revisados tanto como la metodología usada y sus resultados obtenidos.

Tabla 2: Artículos de la revisión sistemática

Nº	Motor de búsqueda	Metodología	Autor	Resultados
1	SCOPUS	Modelos de programación	(Seda, 2022)	Se logró el estudio del problema de asignación y sus modificaciones con aplicaciones logísticas, en tareas de enrutamiento, distribución y programación
2		Algoritmo híbrido de colonia de hormigas y genética mejorada	(K. Shi et al., 2022)	Se logró encontrar el camino óptimo con la longitud más corta y también un camino más suave
3		Algoritmo heurístico	(X. Shi et al., 2022)	El algoritmo propuesto funciona al menos un 35% mejor en las instancias prácticas y simulación establecidas.
4		Heurística	(Kunnapapdeelert & Thawern, 2021)	Se demuestra que el algoritmo proporciona resultados superiores a la experiencia del planificador de rutas.
5		Investigativo	(Wang & Bae, 2021)	El resultado de la investigación es que se logró mejorar la eficiencia de la logística y distribución urbana.
6		Modelo de optimización (algoritmo heurístico)	(Han et al., 2021)	Se ayudó a los conductores de camiones de logística a elegir la mejor ruta en tiempo real.
7		Heurísticas	(Pacheco & Laguna, 2020)	Se permitió ahorrar tiempos en planificación de rutas.
8		Modelo de optimización	(Z. Ma et al., 2022)	El resultado demostró que las rutas de camiones de logística tienen un gran impacto en los costos sociales.
9	SCIENCEDIRECT	Heurística	(Yuan, Cattaruzza, et al., 2021)	Se mostró que el algoritmo propuesto es eficiente y obtiene soluciones alta calidad, minimizando el costo de viaje.
10		Método heurístico	(Yavari & Geraleli, 2019)	Los resultados indican que los efectos de la vida útil de los productos varían según los objetivos de costo y contaminación ambiental.
11		Modelo de optimización (programación)	(Zhang & Chen, 2020)	Se encontró las rutas que representan el costo mínimo de entrega basado en las características de productos alimenticios congelados.
12		Algoritmo y modelo de programación	(Lei, 2022)	Se optimizó el proceso de distribución y se propuso una estrategia de distribución eficiente ante una gran cantidad de datos.
13		Algoritmo heurístico	(Cárdenas-Barrón et al., 2019)	Se demostró que el algoritmo es efectivo y eficiente en instancias con hasta 300 nodos fuentes.
14		Programación lineal	(Karagiannis et al., 2022)	Los resultados fueron alentadores ya que los costos generales de almacenamiento y distribución se redujeron en un 10,84% en comparación con la forma que opera la empresa.
15		Modelo matemático y algoritmo heurístico	(Wehbi et al., 2022)	Se obtuvo que el uso de transporte de cargas genera ahorros de tiempo y carbono de hasta un 89% dependiendo del número de clientes atendidos.

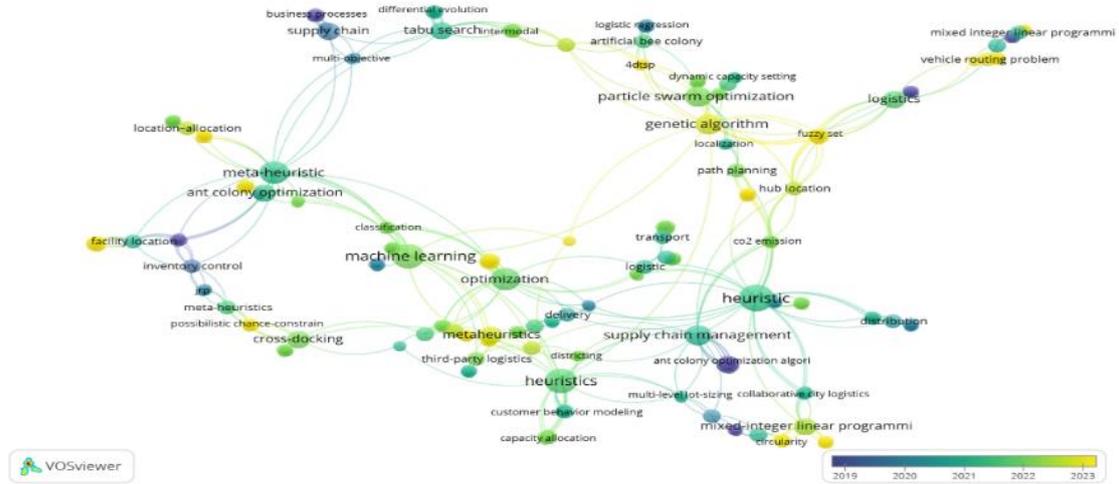
16	REDALYC	Modelo de optimización	(Ballesteros-Riveros et al., 2019)	La aplicación del algoritmo produjo una asignación completa de productos en cada periodo y mejora la eficiencia de costos de almacén.
17		Modelo de optimización basado en VRP	(Zapata, 2020)	Reducción en un 53% de los costos de distribución y se disminuyó los impactos negativos del transporte en la comunidad y ambiente.
18		Modelo de simulación	(Bolaños-Zúñiga & Vidal-Holguín, 2021)	Se analizaron diferentes estrategias para incluir costos de mantenimiento de inventario en la ejecución del modelo.
19		Modelo de inventario	(Zapata-Cortes et al., 2018)	Se permitió generar un proceso de reducir los costos en comparación a la realización de los planes de cada cliente y genera una reducción en el número de viajes.
20		Metodología computacional	(Suárez Luis, 2021a)	El resultado obtenido indicó que se obtuvieron rutas con menor recorrido o de longitud aceptable.
21	DIMENSIONS	Modelo de optimización	(Li, 2022)	Se concluyó que el sistema de distribución logística es capaz de compartir en tiempo real la información de ubicación logística y aumenta el esquema de selección de rutas.
22		Modelo de Sistema de Transporte Logístico	(Yuan, Li, et al., 2021)	A diferencia de los métodos matemáticos frecuentes, se redujo la distancia de conducción en un 60,71%
23		Algoritmo de recocido simulado	(Aydemir & Karagul, 2020)	El algoritmo de recocido brinda una mejor calidad a comparación con el algoritmo de ahorros de Matlab en cuanto solución y tiempo
24		Algoritmo heurístico	(Zhu et al., 2020)	Se demostró que el algoritmo propuesto tiene un buen rendimiento a comparación de otros resultados publicados en lo que respecta a problemas de enrutamiento de vehículos.
25	PROQUEST	Método de reparación heurística	(Chen et al., 2021)	El método de reparación heurística demostró que es capaz de aumentar el 50% la capacidad de fijación de un operador de búsqueda, al eliminar varios puntos intermedios en la ruta.
26		Modelo de optimización	(Liu et al., 2023)	Los resultados mostraron que se puede reducir los costos de distribución de vehículos proporcionando una referencia para la toma de decisiones para la logística de la empresa.
27		Modelo de optimización	(Al Theeb et al., 2019)	El modelo proporciona una ruta óptima para cada vehículo minimizando el costo total de distribución.
28		Optimización multiobjetivo	(Jayarathna et al., 2021)	Se demostró de los aspectos ambientales y económicos son el contexto principal en la cadena de suministro y logística.

29	Modelo matemático	(Normasari et al., 2019)	Los resultados mostraron que el modelo es capaz de obtener buenas soluciones en un tiempo razonable y minimiza la distancia total recorrida por vehículo.
30	Modelo matemático	(Mehrbakhsh & Ghezavati, 2020)	El resultado muestra que se debe evitar demandas de pedidos atrasados de productos a raíz de pagar más costos.
31	Método heurístico	(Soysal et al., 2022)	Se demostró que la colaboración horizontal entre clientes no siempre genera ganancias, y se proporcionó una evaluación detallada de los costos e ingresos relacionados.

Nota: Elaborado por autor

A través de la herramienta VOSviewer se pudo visualizar la relación entre los temas que abordan cuando se investiga sobre la optimización de distribución logística, este software también permite ver la diversidad de autores que han investigado sobre el mismo tema, en esta ocasión solo se muestra la agrupación de palabras claves entre los años 2019 al 2023. Como se puede apreciar en la Figura 3, existe una relación continua entre las palabras optimización, logística, heurística y transporte, esto se debe a que, para optimizar la distribución logística es necesario evaluar la sustentabilidad de los métodos de abastecimiento.

Figura 3: Agrupación de palabras claves de los artículos



Nota: Elaborado por autor

De los 31 documentos revisados, se pudo deducir que 28 artículos estuvieron presentes en las publicaciones de acuerdo con el tema de investigación. Como se muestra en la Tabla 3, las revistas Computational Intelligence and Neuroscience y DYNA (Colombia) aportan con 3 y 2 artículos respectivamente, mientras que las demás revistas aportaron con un artículo para este trabajo.

Tabla 3: Distribución de artículos revisados por revista

Revista	Artículos
Computational Intelligence and Neuroscience	3
Journal of Heuristics	1
Journal of Advanced Transportation	1
Complexity	1
Journal of System and Management Sciences	1
IEEE Transactions on Automation Science and Engineering	1
Frontiers in Bioengineering and Biotechnology	1
Algorithms	1
Transportation Research Part D: Transport and Environment	1
IFAC-PapersOnLine	1
International Journal of Production Economics	1
Alexandria Engineering Journal	1
Journal of Applied Research and Technology	1
Journal of Cleaner Production	1
Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	1
Revista Cubana de Ciencias Informáticas	1
DYNA (Colombia)	2
Revista Facultad de Ingeniería	1
Investigación Administrativa	1
The Open Transportation Journal	1
Environmental Science and Pollution Research	1
Mathematical Problems in Engineering	1
Sustainability	1
Energies	1
Bundesvereinigung Logistik	1
Multimedia Tools and Applications	1
IEEE Access	1
Brazilian Journal of Operations & Production Management	1
TOTAL	31

Nota: Elaborado por autor

1.2.1 Variable independiente: Métodos de distribución logística

Yuan, Li, et al., (2021) menciona que la demanda logística continúa creciendo cada vez más, esto se debe a que los clientes les parece razonable los servicios de logística con precios bajos y velocidades de entrega rápidas. También hace mención que el sistema de transporte inteligente se ha convertido en una solución con altas perspectivas de

aplicación, ya que usa tecnología avanzada de detección, informática y comunicación para fortalecer sus operaciones.

Liu et al., (2023) indica que la creciente demanda de logística y distribución ha causado una congestión vehicular, debido a la falta de planificación de las rutas, lo que afecta directamente a las empresas. Sin embargo, el autor utilizó un método adecuado para la logística con el objetivo de reducir los costos de distribución, permitiendo que las empresas obtengan una ventaja competitiva. Los resultados obtenidos demuestran que se puede minimizar los costos, además de proporcionar una referencia para la toma de decisiones en las empresas de logística.

K. Shi et al., (2022) plantea el algoritmo colonia de hormigas como un método para la optimización de rutas de vehículos, este algoritmo se basa en el comportamiento de las hormigas en busca de comida, al encontrar obstáculos en el camino las hormigas buscan un camino factible, al encontrarlo dejan una alta concentración de feromonas para que la siguiente hormiga adopte por ir por el nuevo camino. A comparación con otros algoritmos para la planificación de rutas el algoritmo de optimización por colonias de hormigas es más suave y el camino es más corto.

Wang & Bae, (2021) detalla que, en el ámbito del transporte y la planificación urbana, el transporte de mercancías es esencial, pues contribuye al crecimiento económico de las ciudades y permite el flujo constante de bienes y suministros entre ellas.

En otro estudio se menciona que el transporte logístico tiende a ocasionar problemas urbanos como congestión del tráfico y la contaminación ambiental, esto afecta la vida social de las personas, así como el desarrollo sostenible de las ciudades (Han et al., 2021).

1.2.2 Variable dependiente: Abastecimiento de productos

La cadena de suministro tiene una conexión fundamental con el almacén, por lo cual está estrechamente relacionado con el rendimiento de la compañía. La asignación de pedidos y la asignación de estantes son los dos problemas básicos que ocurren durante el proceso de preparación de pedidos, esta actividad se refiere al proceso de preparar los productos requeridos por los clientes para su envío como pedidos (X. Shi et al., 2022).

Mehrbakhsh & Ghezavati, (2020) indican que la competencia en el mercado es la inquietud que más destaca en las empresas que distribuyen productos, la razón es que los clientes buscan productos de calidad y a menor precio. En este estudio se plantea un modelo matemático el cual tiene como objetivo equilibrar el nivel de inventario en todas las etapas de la red de distribución optimizando el uso de las materias primas. Dentro de las estrategias exponen que se invita a que los gerentes tengan un mayor control en la tasa de productos defectuosos para mejorar el uso de la capacidad del modelo propuesto.

Por medio del abastecimiento es viable dar solución a las necesidades de los pedidos de clientes, este proceso comprende tres subprocesos los cuales están ligados con los clientes y empresa que son, actividades con el proveedor, compromiso del personal de abastecimientos y los procesos internos. En ese sentido se puede decir que el abastecimiento está relacionado con la planeación, el flujo efectivo de los costos, el almacenamiento de materia prima, programación de compras e inventario de productos (Lámbarry-Vilchis & Avilés-Sánchez, 2022).

Kunnapapdeelert & Thawnern, (2021) menciona que varias empresas pagan muchos costos por trasladar sus productos de un lugar a otro, esto se debe a que no tienen un diseño de rutas de vehículos. Tener un buen sistema de logística puede reducir los gastos

de transporte, ya que mejora la capacidad de servicio y a la vez aumenta el nivel de satisfacción del cliente.

Seda, (2022) detalla que la mayoría de las heurísticas están inspiradas en el comportamiento de animales como lo es el caso de la colonia de hormigas, sin embargo, también hay enfoques basados en métodos deterministas. En lugar del enfoque tradicional se centra más en modelos programación a través del software GAMS (General Algebraic Modeling System) el cual no requiere de configuraciones complejas. La única desventaja de este programa es que no contiene herramientas gráficas y sus resultados los expresa en forma de texto.

1.3 Fundamentos teóricos

Modelo de optimización: Es una representación de existente de un problema, el cual su objetivo principal es maximizar o minimizar funciones lineales en algunas variables con restricciones, esto se convierte en un proceso cuantitativo para la toma de decisiones de cara a situaciones complejas (García, 2020).

Logística: La logística desempeña un papel crucial en el ámbito comercial, pues engloba un conjunto de actividades que actúan como un puente entre la producción y los mercados, los cuales pueden encontrarse distanciados en términos de tiempo y espacio (Pelayo, 2019).

Algoritmo heurístico: Busca solucionar problemas de manera rápida y adecuada que las demás técnicas tradicionales proporcionando soluciones de alta calidad con eficiencia computacional (Ben Abdellafou et al., 2021).

Transporte logístico: Asegura el movimiento de las mercancías mediante un medio de transporte ya sea de manera aérea, terrestre o marítima, además brinda a las compañías

que se dedican distribución de productos a garantizar un desarrollo económico (Filippova & Voronina, 2021).

Ruta de distribución: Se refiere al camino o trayectoria que sigue un producto o mercancía desde su origen o punto de producción hasta su destino final, que puede ser un almacén, un centro de distribución, un punto de venta o directamente al consumidor final (Suárez Luis, 2021b).

1.4 Recapitulación del capítulo I

La distribución logística se refiere al proceso de mover productos o bienes desde su origen hasta su destino final de manera eficiente y efectiva. Este proceso implica la gestión de actividades como el transporte, almacenamiento, manipulación de productos, gestión de inventario, empaquetado y etiquetado, coordinación de información y documentación relacionada.

Mediante la revisión sistemática se expone las publicaciones más relevantes, los autores más influyentes y las revistas de mayor impacto en la investigación. Además, la revisión sistemática permite abordar preguntas específicas como: “¿Qué aspectos se intervienen en los métodos de distribución para que haya un inconveniente en la parte de la logística? ¿Qué metodologías permiten optimizar la distribución logística para el abastecimiento de productos?”. Bajo ese contexto, se demostró la importancia de contar con una buena distribución logística para la eficiencia del sistema productivo mediante modelados y herramientas que permitieron su optimización.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

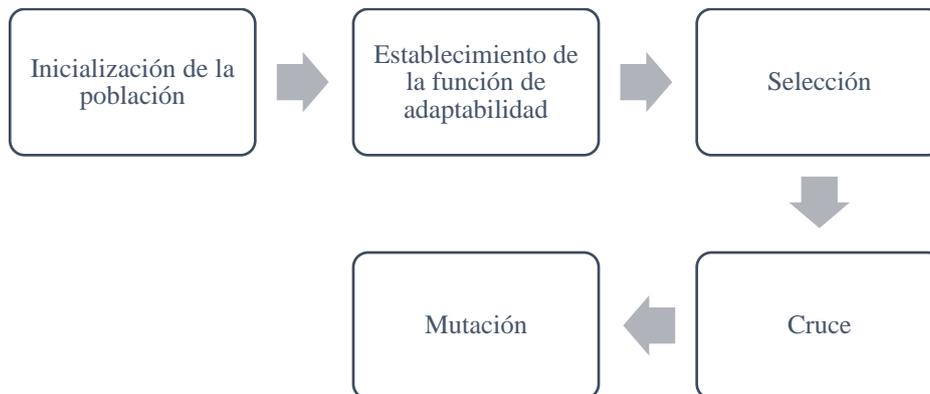
2.1 Algoritmos heurísticos

2.1.1 Algoritmo genético

Este tipo de algoritmo están inspirados en el principio de selección natural y como interviene la genética en ella, su función es buscar óptimas soluciones en un espacio amplio de búsqueda, además de resolver problemas complejos que contengan una gran cantidad de elementos (Neicer et al., 2021).

Según K. Shi et al., (2022) el algoritmo genético cuenta con las siguientes etapas:

Figura 4: Etapas del algoritmo genético

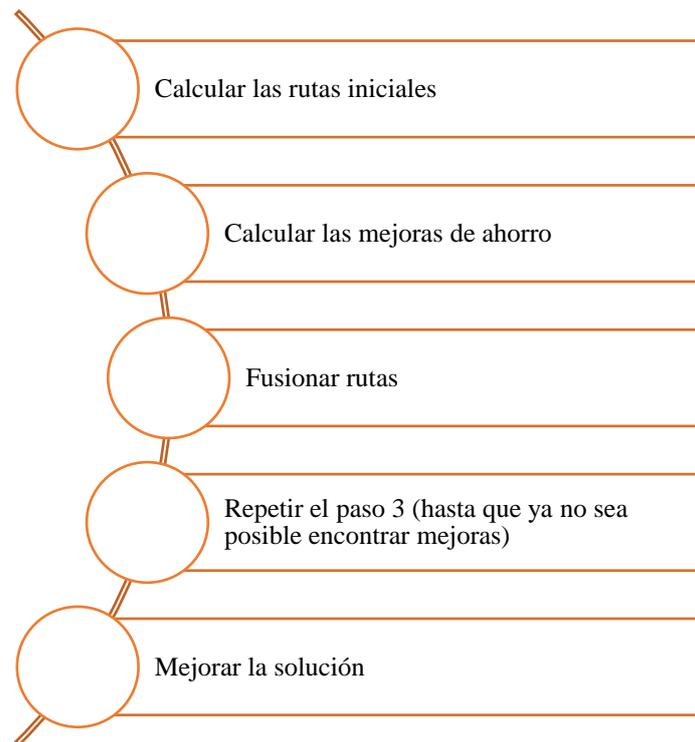


Nota: Elaborado por autor basado en (K. Shi et al., 2022)

2.1.2 Algoritmo de ahorro

El método Clarke & Wright o conocido como método de ahorros se utiliza para resolver problemas de ruteo vehicular, el objetivo del algoritmo es minimizar la distancia total recorrida por todos los vehículos o el tiempo requerido en cuanto se realizan las entregas en las distintas ubicaciones (Kunnapapdeelert & Thawner, 2021).

Figura 5: Etapas del algoritmo de ahorros Clarke and Wright



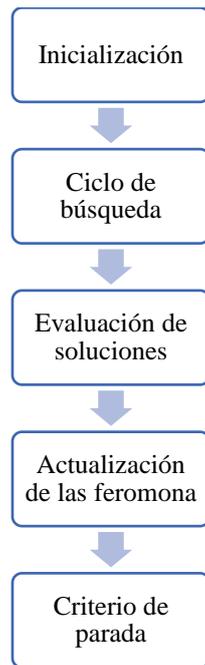
Nota: Elaborado por autor basado en (Kunnapapdeelert & Thawner, 2021)

2.1.3 Algoritmo colonia de hormigas

Como menciona Neicer et al., (2021) el algoritmo colonia de hormigas permite buscar soluciones de forma conjunta y efectiva, este algoritmo reduce la posibilidad de quedar estancado en un punto además de optimizar la capacidad de búsqueda. Como lo dice su nombre este algoritmo se basa en el comportamiento colectivo de las hormigas en busca de caminos hasta una fuente de alimento. El algoritmo colonia de hormigas se utiliza comúnmente para problemas de enrutamiento o de optimización combinatoria.

En base a Stodola et al., (2022) los pasos para elaborar el algoritmo colonia de hormigas serían los siguientes:

Figura 6: Etapas del algoritmo colonia de hormigas



Nota: Elaborado por autor basado en (Stodola et al., 2022)

2.2 Enfoque de investigación

Como bien explican Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018) el enfoque de investigación se puede abordar desde tres paradigmas o alternativas metodológicas: cuantitativa, cualitativa y mixta. Aunque cada enfoque metodológico se basa en supuestos distintos y cuenta con sus propias reglas y formas fundamentales de operar, ninguna ruta es mejor que otra, sino solo más adecuada para llegar al lugar que se desea indagar dependiendo del problema de investigación.

El presente trabajo de investigación es de tipo cuantitativo, ya que permitió la recolección de datos sobre la problemática existente de la empresa, proporcionando información sobre las variables propuestas para comprobar la hipótesis.

El enfoque cuantitativo se caracteriza por utilizar métodos que involucra la recopilación de datos objetivos y medibles a través de técnicas como encuestas, experimentos, análisis de datos secundarios, cuestionarios estructurados, entre otros (Alexander et al., 2021).

Finalmente, la investigación es tipo descriptiva – correlacional debido a que se pudo detallar las particularidades y eventos relevantes que tienen un impacto positivo o negativo en las variables, la distribución logística y el abastecimiento de productos.

2.3 Diseño de investigación

Descriptiva: Permitió definir las características y sucesos más significativos del problema de investigación en base a sus variables, con el objetivo de identificar la situación actual que se está llevando a cabo (Pucha et al., 2019).

Correlacional: Examinó la relación o asociación que existe entre las variables de estudio para determinar el grado de relación estadística en que se encuentran, en este caso los métodos de distribución logística (variable independiente) y el abastecimiento de productos (variable dependiente), este tipo de investigación se limita en medir las variables en su entorno natural sin intervenir en ellas (Ramos-Galarza, 2020).

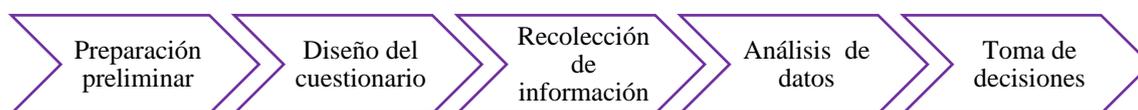
Documental: A través de esta investigación, se recopiló, seleccionó e interpretó información de estudios previos que sirvieron como base para el desarrollo de la investigación actual. Teniendo como objetivo un seguimiento del proceso de distribución y utilizar los hallazgos anteriores para el presente estudio.

2.4 Procedimiento metodológico

Es importante la utilización de procedimientos metodológicos, ya que desempeñan un papel fundamental en la consecución de una investigación con el propósito de demostrar el empleo conveniente de la estrategia utilizada (Casadiego & Seijas, 2020).

En ese sentido se emplearon criterios para la recolección de datos para realizar un adecuado procedimiento metodológico el cual se detalla en la Figura 4.

Figura 7: Plan de evaluación



Nota: Elaborado por autor basado en (Burgos-Martínez et al., 2021)

Fase 1: Con la finalidad de sistematizar el trabajo en base al tema central, se indaga por información que sea pertinente para el investigador.

Fase 2: Para la elaboración del cuestionario se tuvo en cuenta un diagnóstico estratégico denominado Ábaco de Régnier con la finalidad de la consulta de expertos.

Fase 3: El cuestionario fue dirigido a los trabajadores de la empresa y posteriormente la información se registró en el software IBM SPSS Statistics.

Fase 4: El software proporcionó una herramienta de análisis estadístico sofisticada que presenta tablas y gráficos, facilitando una visualización rápida y precisa de los datos recopilados.

Fase 5: En esta fase se procedió a la toma de decisiones en torno al proceso de evaluación, con el objetivo final de seleccionar una propuesta de mejora que guiará el desarrollo de la investigación.

2.5 Censo

Se tuvo en cuenta a una población de 17 trabajadores que representan el grupo de personas estudiadas en relación con el proceso de distribución de productos. Estos representan a las áreas comercial y de logística, los cuales tienen distintos cargos como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Estratificación de la población

Áreas	Frecuencia	Porcentaje
Logística	7	41%
Ventas	7	41%
Bodega	2	12%
Facturación	1	6%
TOTAL	17	100%

Nota: Elaborado por autor

Debido a que la población es muy limitada no se aplicará el cálculo de la muestra, ya que se tomará en cuenta a los 17 trabajadores que operan dentro de las actividades comerciales de la empresa.

2.6 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

2.6.1 Métodos de recolección de los datos

Deductivo: Se aplica el método deductivo ya que la investigación parte de principios y teorías generales sobre distribución logística y optimización para desarrollar recomendaciones específicas para la empresa en cuestión.

Según Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018) para llevar a cabo un plan de recolección de datos se deben tomar en cuenta las siguientes directrices:

Figura 8: Plan de recolección de datos



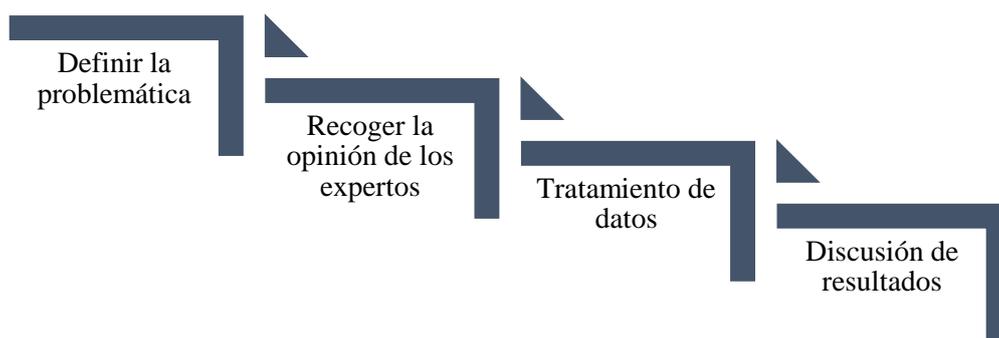
Nota: Elaborado por autor basado en Hernández Sampieri & Mendoza Torres, (2018)

2.6.2 Técnicas de recolección de los datos

Para Luz Hernández Mendoza & Duana Ávila, (2020) las técnicas proporcionan una mayor profundidad de búsqueda, por lo que estas comprenden instrucciones y actividades que le permiten al investigador conseguir información detallada para dar respuesta a las preguntas de investigación.

En este trabajo de integración curricular, se empleó la encuesta como técnica principal, la cual se aplicó a los empleados que desempeñan sus labores dentro de la organización. Esta técnica se valoró mediante el método Ábaco de Régnier, dirigido a expertos en el tema de consulta, con el fin de determinar la intensidad del problema abarcado (Martelo et al., 2017).

Figura 9: Fases de la metodología Ábaco de Régnier



Nota: Elaborado por autor basado en (Martelo et al., 2017)

2.6.3 Instrumentos de recolección de los datos

Los instrumentos de recolección de datos son recursos o medios empleados para recabar datos relevantes y necesarios durante una investigación. Estos instrumentos deben reunir tres requisitos importantes como son: fiabilidad, validez y objetividad para su correcta aplicación (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

Censo

- Cuestionario para llevar a cabo encuestas destinadas a evaluar el nivel de servicio proporcionado por la empresa.

Software IBM SPSS Statistics

2.7 Variables del estudio

Variable independiente: Métodos de distribución logística

Variable dependiente: Abastecimiento de productos

2.7.1 Operacionalización de las variables

Según indican Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018), la operacionalización es el conjunto de procedimientos y acciones que se llevan a cabo con el fin de cuantificar las variables e interpretar los datos obtenidos, tal y como se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5: Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADORES	ÍTEM	TÉCNICAS E INSTRUMENTO
Métodos de distribución logística (Variable independiente)	Los métodos de distribución logística son enfoques o estrategias utilizadas para organizar y llevar a cabo la distribución física de productos o bienes dentro de una cadena de suministro (Sánchez Suárez et al., 2021).	Distribución	1. Eficiencia de distribución 2. Factor logístico 3. Evaluación de rutas 4. Capacidad de carga 5. Volumen de pedidos	1. ¿Considera que los métodos actuales de distribución logística son eficientes? 2. ¿Qué factor logístico considera usted más importante para la empresa? 3. ¿Se evalúan las rutas de transporte para la distribución de productos hasta su destino? 4. ¿Cuál es la capacidad de carga promedio de los vehículos de distribución utilizados en la empresa? 5. ¿Cuál es el volumen promedio de los pedidos para el abastecimiento de productos?	Encuesta Cuestionario
Abastecimiento de productos (Variable dependiente)	Se refiere al proceso de obtener y asegurar la disponibilidad de los productos necesarios para satisfacer la demanda de una empresa u organización (Nugent et al., 2019).	Aprovisionamiento	6. Nivel de inventario 7. Disponibilidad de productos 8. Calidad de los productos 9. Rotación de productos 10. Tiempos de entrega	6. ¿Cómo cree que es el aprovisionamiento y control de inventario actual en la empresa? 7. ¿Con qué frecuencia la empresa experimenta escasez de productos en el inventario? 8. ¿Cuál es la causa que afecta la calidad del abastecimiento de producto? 9. ¿Cómo calificarías la rotación de los productos que se venden? 10. ¿Cuánto tiempo promedio transcurre desde que se realiza un pedido hasta que se entrega?	Encuesta Cuestionario

Nota: Elaborado por autor

2.8 Procedimiento para la recolección de los datos

Mediante el plan de análisis se puede visualizar el proceso de recolección de información a través de los objetivos planteados, las acciones correspondientes de cada objetivo, así mismo como la herramienta utilizada y finalmente los resultados esperados, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Plan de análisis de resultados

Nº	Objetivos	Acciones	Herramientas de apoyo	Resultados
1	Realizar el estado del arte mediante análisis bibliométrico para evaluar los modelos más utilizados en el ruteo vehicular.	1. Revisión de literatura 2. Modelos aplicados por autores	Revisión sistemática de la literatura	1. Tipos de herramientas utilizados en el ruteo vehicular 2. Relación entre las variables
2	Organizar un marco metodológico, mediante la aplicación de algoritmos heurísticos y herramientas computacionales que ayuden en el proceso de optimización.	1. Planeación para la recolección de datos 2. Validación del cuestionario	Metodología Ábaco de Régnier. Plan de recolección de datos	1. Censo 2. Plan metodológico
3	Interpretar la información obtenida permitiendo tomar las decisiones óptimas para la distribución logística de la empresa.	1. Análisis de datos 2. Toma de decisiones	Software IBM SPSS 25	1. Tabulación de datos recolectados 2. Minimización de costos de distribución

Nota: Elaborado por autor

2.9 Recapitulación del capítulo II

La metodología implantada en el trabajo de integración curricular tiene un enfoque cuantitativo (descriptiva – correlacional). Se planteó el procedimiento metodológico, además de los métodos y técnicas de recolección de datos, se estableció el plan de recolección de información el cual se detalla en el Capítulo III y la metodología Ábaco de Regnier, seleccionando expertos para poder validar el instrumento. Se destacó también la operacionalización de las variables las cuales corresponden a variable independiente (métodos de distribución logística) y variable dependiente (abastecimiento de productos).

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Marco de resultados

3.1.1 Plan de evaluación

El plan de evaluación se desarrolló mediante las siguientes fases ya mencionadas en el capítulo II del trabajo de integración curricular.

FASE 1. Preparación preliminar

En la fase preliminar la búsqueda de información se dirigió a la empresa del Grupo Superior S. A, del cantón Salinas, provincia de Santa Elena, la cual se dedica a distribuir productos de consumo masivo.

FASE 2. Diseño del cuestionario

Durante la segunda fase del plan de recolección de datos, se elaboró el diseño del cuestionario. No obstante, se ejecutó el método Ábaco de Regnier para la validación del mismo el cual consta de 4 pasos importantes que se detallan a continuación.

Paso 1. Definir la problemática

Se plantearon interrogantes en base a la problemática de la investigación teniendo en cuenta las variables de estudio, estas preguntas estuvieron relacionadas con la empresa para su posterior aplicación dentro de la misma.

Paso 2. Recoger la opinión de los expertos

En lo que respecta a la selección de expertos para la validación del instrumento, se tuvo en cuenta a profesionales con en el ámbito académico, el cargo y los años de experiencia.

Se contó con la colaboración de dos docentes universitarios especializados en el área de calidad, un ingeniero en telecomunicaciones y un ingeniero en marketing con 8 años de experiencia, cumpliendo así con los requisitos de la metodología.

Paso 3. Tratamiento de datos

Los datos recogidos por los expertos fueron introducidos en la plantilla del Ábaco de Regnier, para ello primero se tuvo que ingresar los nombres de los expertos, las preguntas a validar, para poder así generar el cuestionario y por último se ingresaron las respuestas de cada una de las preguntas en base a la escala cromática de colores que plantea esta metodología. Además, en esta sección se tuvo en cuenta la incertidumbre de parte de los expertos en las preguntas, para lo cual se procedió hacer un reajuste de las interrogantes para su posterior validación, tal y como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Validación por parte de los expertos

Validación				
Experto	1	2	3	4
Evaluación	✓		✓	✓
Reajuste		✓		

Nota: Elaborado por autor

Posteriormente se realizó un análisis de la evaluación por parte de los expertos como se detalla en la Tabla 8, donde se visualiza la distribución de frecuencia y el porcentaje de la validación.

Tabla 8: Análisis de frecuencia de la validación

	Frecuencia	F. Acumulada	F. Relativa	Porcentaje
Evaluación	3	3	0,75	75%
Reajuste	1	4	0,25	25%
TOTAL	4		1	100%

Nota: Elaborado por autor

Paso 4. Discusión de resultados

Luego de las respectivas correcciones se determinó que las preguntas del instrumento fueron fiables para su ejecución en la empresa, con esos parámetros se cumplió de manera íntegra la metodología Ábaco de Regnier.

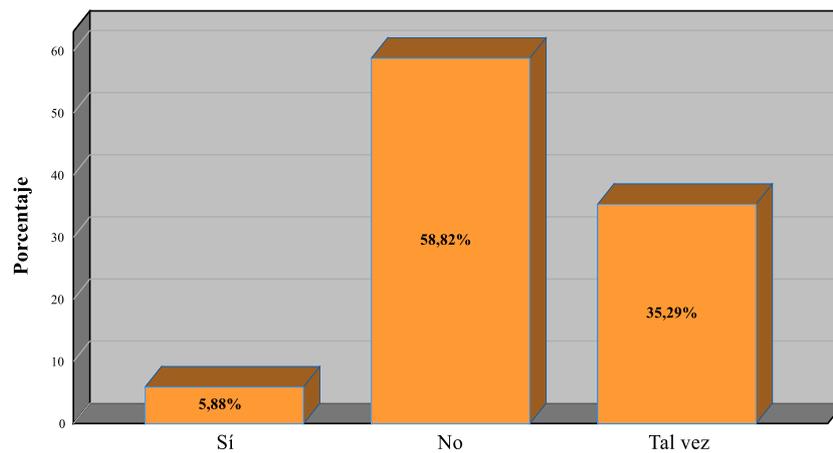
FASE 3. Recolección de información

En la recolección de información se aplicó el cuestionario a los trabajadores de la empresa la cual se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, cantón Salinas. De esta manera se cumplió con la fase 3 del plan de evaluación para posteriormente registrar los resultados al software estadístico IBM SPSS Statistics.

FASE 4. Análisis de datos

Pregunta 1: ¿Considera que los métodos actuales de distribución logística son eficientes?

Figura 10: Porcentaje de pregunta 1

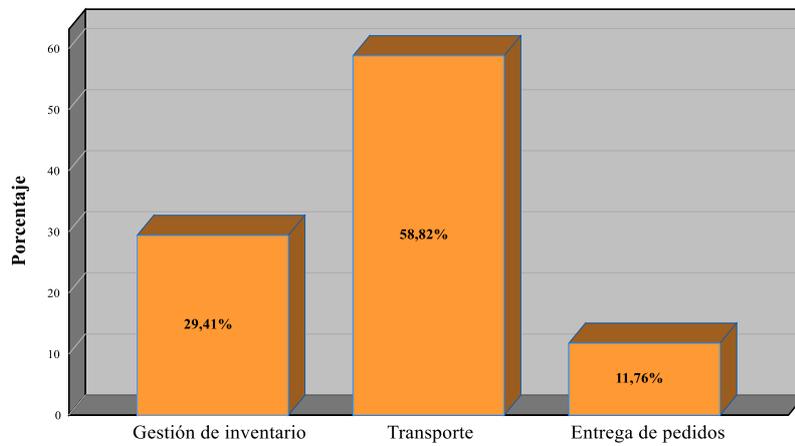


Nota: Elaborado por autor

La Figura 10, representa la eficiencia de los métodos de distribución logística en consideración de los trabajadores donde el 58,82% respondieron que no, por otro lado, el 35,29% considera que tal vez son eficientes y mientras que el 5,88% contestó que sí lo son.

Pregunta 2. ¿Qué factor logístico considera usted más importante para la empresa?

Figura 11: Porcentaje de pregunta 2

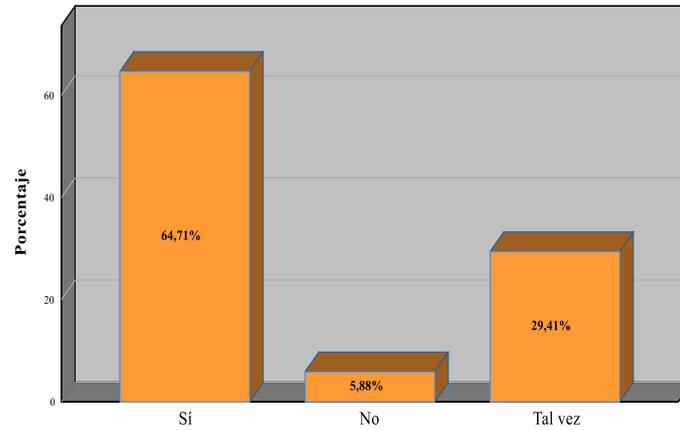


Nota: Elaborado por autor

En la Figura 11, se presenta el factor logístico que los trabajadores consideran más importante para la empresa donde el 58.82% contestaron que el más importante es el transporte, mientras que el 11,76% consideraron que el factor más importante es la gestión de inventarios y solo el 11,76% escogió el factor de entrega de pedidos.

Pregunta 3. ¿Se evalúan las rutas de transporte para la distribución de productos hasta su destino?

Figura 12: Porcentaje de pregunta 3

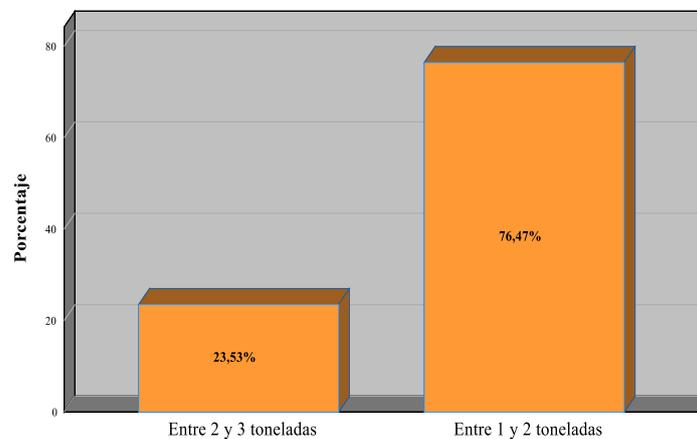


Nota: Elaborado por autor

La Figura 12, muestra si las rutas de transporte son evaluadas para la distribución de productos hasta su destino donde 11 trabajadores que corresponde al 64,71% respondieron que las rutas sí se evalúan, mientras que el 29,41% dijeron que tal vez se evalúan y otro 5,88% dijo que no se evalúan las rutas de transporte.

Pregunta 4. ¿Cuál es la capacidad de carga promedio de los vehículos de distribución utilizados en la empresa?

Figura 13: Porcentaje de pregunta 4

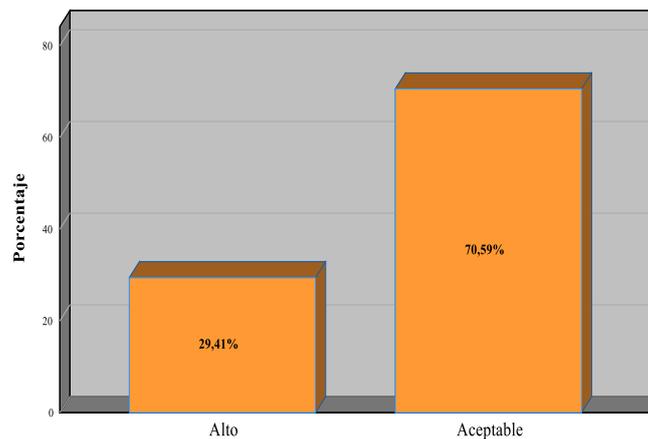


Nota: Elaborado por autor

En la Figura 13, se muestra cual es la capacidad de carga promedio que la empresa utiliza para la distribución donde el 76,47% de los trabajadores respondió que el promedio es entre 1 y 2 toneladas ya que también depende de la ruta a la que está destinado el vehículo, y el 25,53% dijo que la capacidad promedio es entre 2 y 3 toneladas.

Pregunta 5. ¿Cuál es el volumen promedio de los pedidos para el abastecimiento de productos?

Figura 14: Porcentaje de pregunta 5

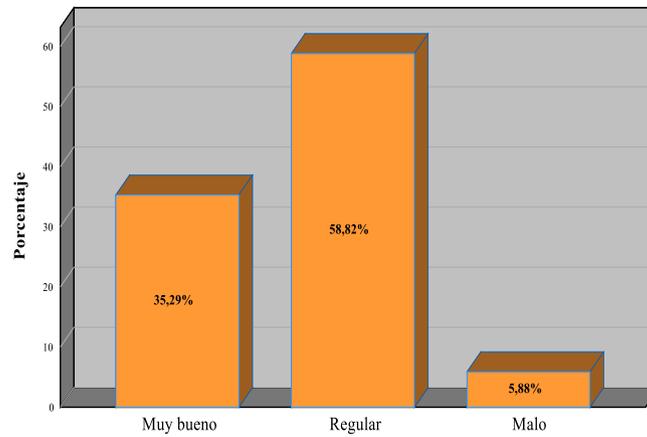


Nota: Elaborado por autor

La Figura 14, da a conocer el volumen promedio de los pedidos para el abastecimiento de productos para lo cual el 70,59% de los trabajadores contestaron que el volumen promedio es aceptable, esto se debe a que el volumen puede variar de acuerdo con el mes, mientras que el 29,41% consideran que el volumen promedio de los pedidos es alto.

Pregunta 6. ¿Cómo cree que es el aprovisionamiento y control de inventario actual en la empresa?

Figura 15: Porcentaje de pregunta 6

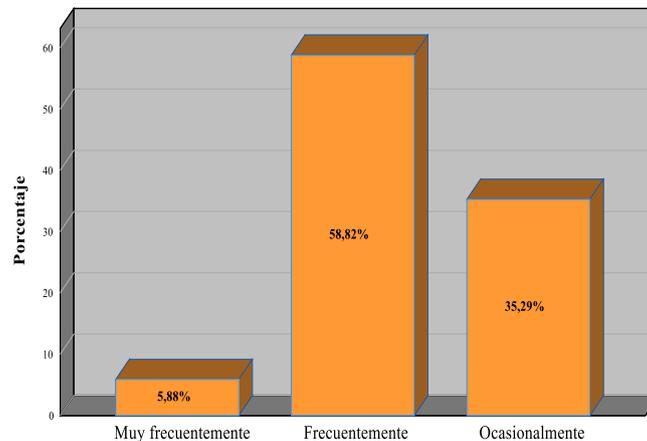


Nota: Elaborado por autor

En la Figura 15, se detalla el aprovisionamiento y control de inventario actual en la empresa en consideración de los trabajadores donde se refleja que el 58,82% señalaron que el control de inventario y aprovisionamiento es regular, por otro lado, el 35,29% optaron por la opción de muy bueno y el 5,88% consideran que es malo.

Pregunta 7. ¿Con qué frecuencia la empresa experimenta escasez de productos en el inventario?

Figura 16: Porcentaje de pregunta 7

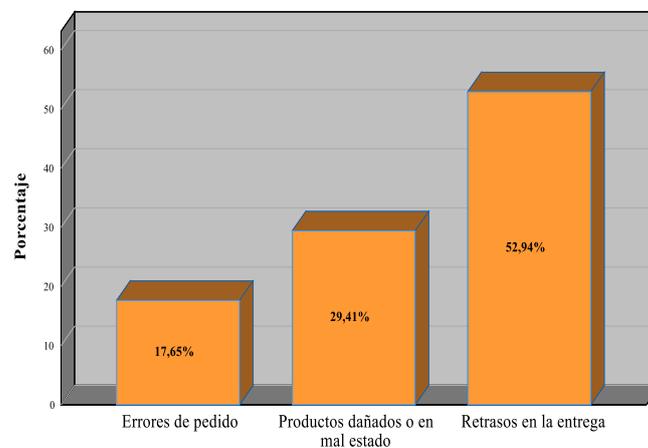


Nota: Elaborado por autor

La Figura 16, muestra la frecuencia en que la empresa experimenta escasez de productos en el inventario dando a conocer que 58,82% de los encuestados señalaron que frecuentemente la empresa experimenta escasez de productos, mientras que el 35,29% considera que ocasionalmente sucede este hecho y solo el 5,88% respondió que muy frecuentemente se presenta se experimenta escasez.

Pregunta 8. ¿Cuál es la causa que afecta la calidad del abastecimiento de producto?

Figura 17: Porcentaje de pregunta 8

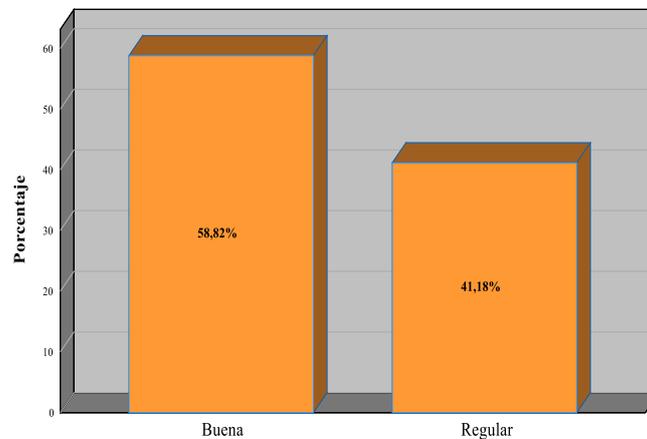


Nota: Elaborado por autor

La Figura 17, detalla la causa que afecta la calidad del abastecimiento de productos en la cual la más citada con un 52,94% representa los retrasos en la entrega, esto implica que los productos no llegan en el tiempo acordado por lo cual puede generar problemas de stock e incumplimiento en las fechas de entrega a los clientes. El 29,41% de los encuestados señalaron que la causa que afecta la calidad del abastecimiento son los productos dañados o en mal estado, mientras que el 17,65% considera son los errores de pedidos.

Pregunta 9. ¿Cómo calificarías la rotación de los productos que se venden?

Figura 18: Porcentaje de pregunta 9

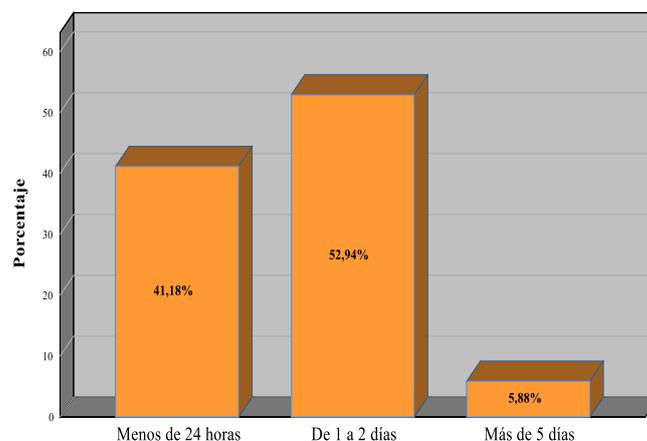


Nota: Elaborado por autor

En la Figura 18, se muestra la calificación con respecto a la rotación de los productos que la empresa vende según la opinión de los trabajadores. De acuerdo con los datos recopilados el 58,82% de los trabajadores consideró que la rotación es buena, mientras que el 41,18% indicó que la rotación de los productos que se venden es regular.

Pregunta 10. ¿Cuánto tiempo promedio transcurre desde que se realiza un pedido hasta que se entrega?

Figura 19: Porcentaje de pregunta 10



Nota: Elaborado por autor

La Figura 19, da a conocer el tiempo promedio que transcurre desde que se realiza un pedido hasta que llega a su destino donde el 52,94% de los encuestados considera que el tiempo promedio es de 1 a 2 días, mientras que el 41,18% respondió que el tiempo es de menos de 24 horas y solo el 5,88% optó por la respuesta de más de 5 días.

FASE 5. Toma de decisiones

Teniendo en cuenta el análisis de datos presentados anteriormente se puede determinar que los resultados dictaminan que hay una percepción negativa sobre la eficiencia de los métodos de distribución logística que presenta la empresa. En base a esto se puede sugerir una necesidad de evaluar y mejorar los procesos existentes para lograr una eficiencia mayor en la distribución logística.

Además, los datos proporcionados indican que el abastecimiento de productos no es del todo óptimo, esto se debe a que una de las consecuencias es que en ocasiones la empresa experimenta escasez de productos lo cual puede afectar de forma negativa la satisfacción de los clientes y la eficiencia en la gestión de inventarios. Es importante abordar estos temas que son un desafío para la empresa para mejorar el desempeño de la misma.

3.1.2 Análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach

Existen diferentes métodos para calcular la fiabilidad de un instrumento con distintas cuestiones que afectan la fiabilidad del mismo. El coeficiente Alfa de Cronbach indica que para estimar la fiabilidad de un instrumento es necesario que la respuesta a los ítems sea de dos o más opciones, un ejemplo sería respuestas basadas en escala de Likert. Además de que los datos son fáciles de computar en programas conocidos como es el caso del IBM SPSS Statistics que proporciona una serie de herramientas y también ayuda a calcular el análisis de fiabilidad (Rodríguez-Rodríguez & Reguant-Álvarez, 2020).

Respecto a la interpretación del coeficiente Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018) señalan que no hay una regla que indique que a partir de un valor no hay fiabilidad, sin embargo, establecen criterios basados en distintos autores:

- ✓ Coeficiente $0.8 < k < 0.9$ es excelente
- ✓ Coeficiente $0.5 < k < 0.8$ es aceptable
- ✓ Coeficiente $k < 0.5$ es deficiente

Con la ayuda del software IBM SPSS Statistics se pudo lograr un resumen de procesamiento de casos que estuvieron representados por los 17 trabajadores de la empresa dando un porcentaje de 100% casos totales ya que todos accedieron a realizar la encuesta como se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9: Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	17	100,0
	Excluido	0	0
	Total	17	100,0

Nota: Elaborado por autor

Además, se realizó el análisis de fiabilidad del instrumento para poder conocer el alfa de Cronbach, para poder tener una mejor fiabilidad se tuvo que excluir 3 ítems debido a sus opciones de respuestas dando finalmente un valor de 0,765 lo que significa que es el coeficiente es aceptable tal y como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10: Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,765	,794	7

Nota: Elaborado por autor

3.1.3 Verificación de hipótesis mediante la correlación de Pearson

Hipótesis nula:

Los métodos de distribución logística no inciden en el abastecimiento de productos en las empresas distribuidoras de la provincia de Santa Elena.

Hipótesis alternativa:

Los métodos de distribución logística inciden en el abastecimiento de productos en las empresas distribuidoras de la provincia de Santa Elena.

Para la verificación de hipótesis se precisó utilizar el software IBM SPSS Statistics a través de la correlación de Pearson la cual mide la relación estadística entre dos variables, en este caso la variable independiente (métodos de distribución logística) y la dependiente (abastecimiento de productos). Para comprobación de hipótesis el rango definido para el coeficiente de correlación de Pearson tiene que estar en -1 y 1, donde en la primera instancia la relación es negativa perfecta y en la segunda es positiva perfecta (Diego Hernández, 2018).

Tabla 11: Interpretación de la magnitud del coeficiente de

Rango de valores	Interpretación
$0.00 \leq r < 0.10$	Correlación nula
$0.10 \leq r < 0.30$	Correlación débil
$0.30 \leq r < 0.50$	Correlación moderada
$0.50 \leq r < 1.00$	Correlación fuerte

Nota: Elaborado por autor basado en (Diego Hernández, 2018)

En la Tabla 12 se representa la correlación de las variables dando como resultado una significancia de 0,035 la cual es menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir que es significativa con una correlación fuerte entre variables ya que se encuentra en un rango entre 0,5 a 1 como se detalla.

Tabla 12: Correlación de variables

		VI	VD
VI	Correlación de Pearson	1	,514
	Sig. (bilateral)		,035
	N	17	17
VD	Correlación de Pearson	,514	1
	Sig. (bilateral)	,035	
	N	17	17

Nota: Elaborado por autor

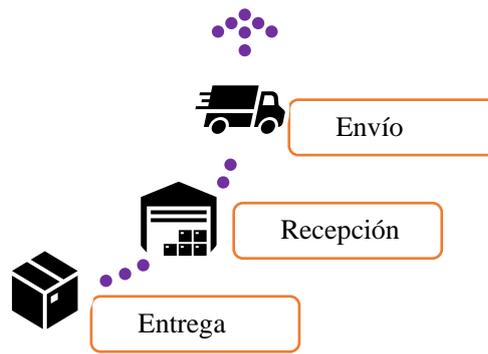
3.2 Diagnóstico del proceso de distribución actual de la empresa

La empresa lleva un control sobre sus procesos de distribución como lo es el proceso de logística y las rutas de distribución que se evalúan hasta que los productos llegan hasta su destino.

3.2.1 Proceso logístico área de distribución

En el proceso logístico se encuentran las actividades de entrega, recepción y envío. Estas actividades son fundamentales para asegurar la estabilidad económica de la empresa y el flujo adecuado de los productos. En el proceso de entrega consiste en la recepción de los productos que provienen desde la planta que se encuentra en Guayllabamba y la bodega madre situada en la ciudad de Guayaquil. En lo que respecta al proceso de recepción se verifica que los productos recibidos hayan llegado en buen estado, se registra la información correspondiente y se almacenan adecuadamente. Finalmente, en el proceso de envío los productos se preparan para luego ser distribuidos hasta los clientes, esta etapa también incluye la preparación de transporte y planificación de rutas.

Figura 20: Proceso logístico



Nota: Elaborado por autor

3.2.2 Rutas de distribución actual

Las rutas de distribución que operan en la actualidad son en las ciudades de Salinas, Santa Elena, La Libertad, Posorja, Progreso y parte de la ruta del Spondylus. En este caso la sucursal opera con dos vehículos, cada uno asignado al día y a la ruta indicada.

Para la planificación de rutas la empresa utiliza una base de datos donde se detalla la información de cada cliente y a la ruta a la cual están asignados cada uno. Esta base de datos contiene información como el código de cliente, nombre, identificación, dirección, teléfono y el día en que son visitados.

3.3 Aplicación de algoritmo heurístico

El enfoque de la presente investigación es aplicar el algoritmo heurístico de Clarke y Wright para mejorar la planificación de rutas de vehículos dedicados a la distribución de productos.

3.3.1 Centro de distribución o nodo de inicio

El centro de distribución seleccionado se encuentra ubicado en el Cantón Salinas, en la calle Carlos Espinoza K3 entre Av. 45 y 46 a un costado de Netlife, al cual se asignarán los clientes. Una de las principales restricciones es la capacidad de los vehículos la cual es de 3,5 toneladas y no debe superar esa cantidad.

3.3.2 Formulación matemática

El objetivo de la función es minimizar las distancias recorridas por cada ruta, considerando m rutas disponibles y n clientes.

Índices:

i : Cliente que se está atendiendo

j : Próximo cliente a ser atendido

r : Rutas

cap : Capacidad de vehículo 3.5 toneladas

Parámetros:

d_{ij} : Distancia entre el cliente i al cliente j

dm_i : Demanda del cliente i

x_{ijr} : Asignación de ruta r entre el cliente i al cliente j

$$MinZ = \sum_{r=1}^m \sum_{i=1, j=1}^n d_{ij} * x_{ijr}$$

La primera restricción indica que cada para cada ruta, esta debe partir en el depósito o centro de distribución.

$$\sum_{j=1}^n x_{1jr} = 1; \quad \forall j - 1 \quad \forall r$$

La segunda restricción busca garantiza que cada ruta debe terminar en el depósito o centro de distribución.

$$\sum_{i=1}^n x_{i1r} = 1; \quad \forall i - 1 \quad \forall r$$

La tercera restricción muestra que para cada cliente i este debe tener una salida de un cliente j o del depósito.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^m x_{ijr} = 1; \quad \forall i - 1$$

La cuarta restricción muestra que para cada cliente j este debe tener una llegada de un cliente i o del depósito.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^m x_{ijr} = 1; \quad \forall j - 1$$

La quinta restricción detalla que, para cada cliente en una ruta, si este tiene una conexión de salida en una ruta a su vez debe poseer una conexión de llegada.

$$\sum_{i=1}^n x_{ijr} = \sum_{j=1}^n x_{ijr}; \quad \forall j, \forall r$$

La sexta restricción detalla que la demanda no puede superar la capacidad del vehículo.

$$\sum_{j=1}^n (x_{ijr} * dm_i) \leq cap \quad \forall i - 1, \forall r$$

La séptima restricción detalla que la demanda debe ser mayor a cero.

$$\sum_{j=1}^n (x_{ijr} * dm_i) > 0 \quad \forall i - 1, \forall r$$

3.3.3 Solución del modelo

Para la aplicación del algoritmo heurístico de Clarke y Wright en el problema de ruteo de vehículos se debe seguir los siguientes pasos:

1. Calcular la matriz de distancias entre todas las estancias de los clientes incluyendo el depósito.
2. Creación de rutas iniciales.
 - ✓ Iniciar con una ruta vacía para cada vehículo.
 - ✓ Ordenar los clientes en función a su proximidad con el depósito.
 - ✓ Continuar agregando rutas hasta que todos los clientes hayan sido asignados cumpliendo con la capacidad del vehículo.
3. Calcular los ahorros.

La fórmula para calcular los ahorros es la siguiente:

$$S_{ij} = C_{i1} + C_{1j} - C_{ij}$$

4. Ordenar los ahorros de manera descendente.
5. Iniciar una ruta para cada cliente individualmente.

Donde:

- ✓ Se halla el primer arco factible (i,j) en los ahorros,
 - ✓ La suma de las demandas no exceda la capacidad del vehículo.
6. Fusionar rutas.
 - ✓ Implementar la combinación de rutas de los clientes i y j en un solo recorrido teniendo en cuenta la sumatoria de las demandas. Si la combinación es factible se fusionan las rutas.
 7. Repetir el paso 6 hasta que no sea posible ninguna mejora adicional.

3.3.4 Ruta Salinas

Los vehículos inician y terminan su ruta en el mismo depósito (T), los productos se distribuyen a 10 clientes diferentes (A – J). La demanda de los clientes y las coordenadas de ubicación se detallan en las Tablas 13.

Tabla 13: Ubicación y demanda de los clientes

Cliente	Latitud	Longitud	Demanda (Tn)
T	-2,215719	-80,950050	
A	-2,213433	-80,948760	0,76
B	-2,211838	-80,962811	0,23
C	-2,214010	-80,952303	0,82
D	-2,219642	-80,956451	0,75
E	-2,217930	-80,958180	0,85
F	-2,214724	-80,955566	0,65
G	-2,215595	-80,946563	0,8
H	-2,211540	-80,964120	0,85
I	-2,208920	-80,966010	0,25
J	-2,207593	-80,968407	0,52

Nota: Elaborado por autor

Cálculo de matriz de distancias:

En este caso se utilizó la fórmula de Haversine la cual ayuda a calcular la distancia entre dos puntos utilizando las coordenadas de latitud y longitud, donde el radio de la Tierra es aproximadamente 6731 kilómetros, obteniendo la matriz de distancia entre clientes como se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14: Distancia entre clientes (Kilómetros)

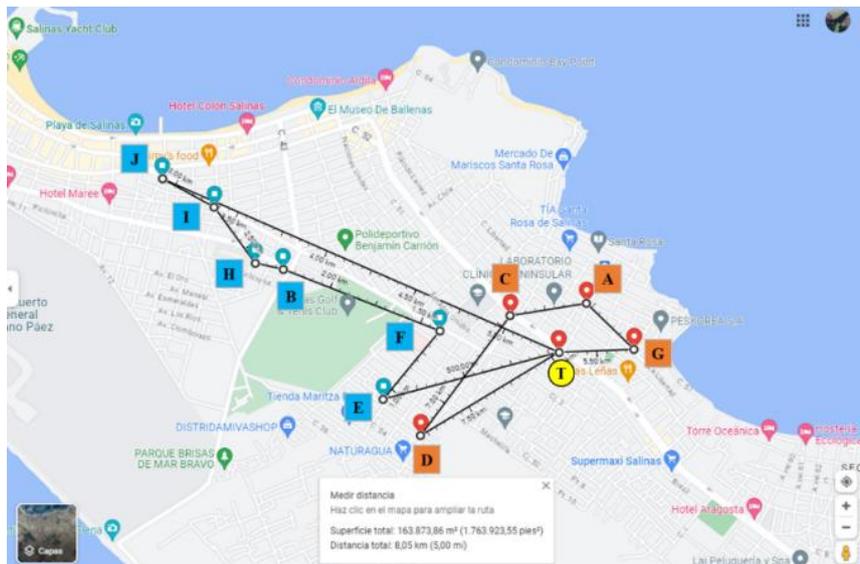
i/j	T	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
T	0	0,29	1,48	0,31	0,83	0,94	0,62	0,39	1,63	1,93	2,23
A	0,29	0	1,57	0,40	1,10	1,16	0,77	0,34	1,72	1,98	2,28
B	1,48	1,57	0	1,19	1,12	0,85	0,87	1,85	0,15	0,48	0,78
C	0,31	0,40	1,19	0	0,78	0,79	0,37	0,66	1,34	1,62	1,93
D	0,83	1,10	1,12	0,78	0	0,27	0,56	1,19	1,24	1,60	1,89
E	0,94	1,16	0,85	0,79	0,27	0	0,46	1,32	0,97	1,33	1,62
F	0,62	0,77	0,87	0,37	0,56	0,46	0	1,01	1,01	1,33	1,63
G	0,39	0,34	1,85	0,66	1,19	1,32	1,01	0	2,00	2,28	2,59
H	1,63	1,72	0,15	1,34	1,24	0,97	1,01	2,00	0	0,36	0,65
I	1,93	1,98	0,48	1,62	1,60	1,33	1,33	2,28	0,36	0	0,30
J	2,23	2,28	0,78	1,93	1,89	1,62	1,63	2,59	0,65	0,30	0

Nota: Elaborado por autor

Creación de rutas iniciales:

Conociendo la matriz de distancias se procedió a crear las rutas iniciales dependiendo de las distancias en las que se encuentra el depósito con los diferentes clientes como se muestra en la Figura 21. También se detalla en la Tabla 15 la longitud de viaje de cada ruta y la carga total de cada vehículo.

Figura 21: Rutas iniciales 1 y 2 Salinas



Nota: Elaborado por autor

Tabla 15: Detalle de las rutas iniciales Salinas

	Viaje	Longitud del viaje (Km)	Carga del vehículo (Tn)
Ruta 1	T-G-A-C-D-T	2,74	3,13
Ruta 2	T-E-F-B-H-I-J-T	5,31	3,35
	TOTAL	8,05	6,48

Nota: Elaborado por autor

Cálculo de los ahorros:

De acuerdo con la Tabla 14 la distancia entre T y A es $TA = (0,29)$, la distancia entre T y B es $TB = (1,48)$ y la distancia entre A y B es $AB = (1,57)$. Se procede a calcular la distancia de ahorro para cada par de clientes así de la misma matriz de distancia anterior.

$$S_{ij} = C_{i1} + C_{1j} - C_{ij}$$

Si los clientes A y B están en la misma ruta se ahorra la siguiente distancia:

$$TA + TB - AB = 0,29 + 1,48 - 1,57 = \mathbf{0,20}$$

Si los clientes A y C están en la misma ruta se ahorra la siguiente distancia:

$$TA + TC - AC = 0,29 + 0,31 - 0,40 = \mathbf{0,21}$$

Si los clientes B y C están en la misma ruta se ahorra la siguiente distancia:

$$TB + TC - BC = 1,48 + 0,31 - 1,19 = \mathbf{0,60}$$

Calculando en Excel para una mayor aproximación de datos se procedió hacer la matriz de ahorros, además se resalta el mayor ahorro el cual es de 3,85 kilómetros, al igual que también se hizo el cálculo en el software Wolfram Mathematica, Anexo F, y el resultado fue el mismo, tal y como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16: Matriz de ahorro para cada pareja de clientes (Kilómetros)

i/j	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	-									
B	0,20	-								
C	0,21	0,60	-							
D	0,03	1,20	0,37	-						
E	0,07	1,57	0,47	1,50	-					
F	0,14	1,24	0,57	0,90	1,10	-				
G	0,34	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01	-			
H	0,20	2,96	0,60	1,23	1,60	1,24	0,02	-		
I	0,24	2,93	0,62	1,17	1,54	1,22	0,03	3,20	-	
J	0,25	2,93	0,62	1,18	1,55	1,22	0,03	3,21	3,85	-

Nota: Elaborado por autor

Orden los ahorros de manera descendente:

Posteriormente se ordenan los ahorros de mayor a menor como se muestra en la Tabla 17, en este caso se utilizó la fórmula de K.ESIMO.MAYOR en Excel para encontrar de manera rápida el valor más grande dentro del rango de datos de la matriz de ahorros.

Tabla 17: Orden descendente de los ahorros

Ahorros de forma descendente		Iteración de nodos			Ahorros de forma descendente		Iteración de nodos		
K	K mayor	Par de nodos de la iteración K		Demanda total del par de nodos	K	K mayor	Par de nodos de la iteración K		Demanda total del par de nodos
1	3,85	J	I	0,77	24	0,60	C	B	1,05
2	3,21	J	H	1,37	25	0,60	H	C	1,67
3	3,20	I	H	1,1	26	0,57	F	C	1,47
4	2,96	H	B	1,08	27	0,47	E	C	1,67
5	2,93	J	B	0,75	28	0,37	D	C	1,57
6	2,93	I	B	0,48	29	0,34	G	A	1,56
7	1,60	H	E	1,7	30	0,25	J	A	1,28
8	1,57	E	B	1,08	31	0,24	I	A	1,01
9	1,55	J	E	1,37	32	0,21	C	A	1,58
10	1,54	I	E	1,1	33	0,20	H	A	1,61
11	1,50	E	D	1,6	34	0,20	B	A	0,99
12	1,24	H	F	1,5	35	0,14	F	A	1,41
13	1,24	F	B	0,88	36	0,07	E	A	1,61
14	1,23	H	D	1,6	37	0,04	G	C	1,62
15	1,22	I	F	0,9	38	0,03	G	D	1,55

16	1,22	J	F	1,17	39	0,03	J	G	1,32
17	1,20	D	B	0,98	40	0,03	I	G	1,05
18	1,18	J	D	1,27	41	0,03	D	A	1,51
19	1,17	I	D	1	42	0,02	G	B	1,03
20	1,10	F	E	1,5	43	0,02	H	G	1,65
21	0,90	F	D	1,4	44	0,01	G	E	1,65
22	0,62	J	C	1,34	45	0,01	G	F	1,45
23	0,62	I	C	1,07					

Nota: Elaborado por autor

Iniciar una ruta para cada cliente:

Hallando el primer arco factible de acuerdo con el mayor ahorro el cual corresponde al par de nodos de j e i . Teniendo en cuenta las restricciones anteriores y como la demanda no excede la capacidad del vehículo se procede a buscar el par de nodos siguiente para posteriormente fusionar las rutas de los pares de nodos.

Fusionar las rutas:

Fusionando las rutas la quedarían de la siguiente manera.

Ruta 1: (T – J – I – H – B – E – D – T), la distancia de ahorro es $2,23 + 0,3 + 0,36 + 0,15 + 0,85 + 0,27 + 0,83 = 4,99$ Kilómetros. La carga del vehículo para la ruta 1 es de $0,52 + 0,25 + 0,85 + 0,23 + 0,85 + 0,75 = 3,45$ Toneladas

Ruta 2: (T – F – C – A – G – T), la distancia de ahorro es $0,62 + 0,37 + 0,4 + 0,34 + 0,39 = 2,12$ Kilómetros. La carga del vehículo para la ruta 2 es de $0,65 + 0,82 + 0,76 + 0,8 = 3,03$ Toneladas

El resumen de la solución del algoritmo de Clarke y Wright se presenta en la Tabla 18.

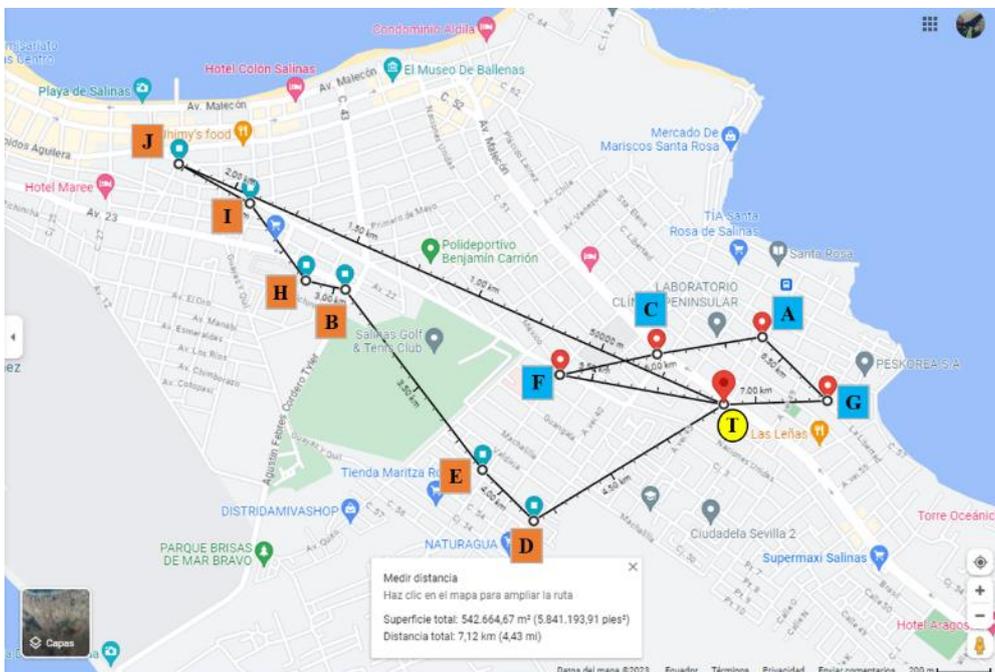
Así mismo también se muestra el recorrido optimizado de las rutas en la Figura 22.

Tabla 18: Solución de algoritmo de ahorro Clarke y Wright

	Viaje	Longitud del viaje (Km)	Carga del vehículo (Tn)
Ruta 1	T-J-I-H-B-E-D-T	4,99	3,45
Ruta 2	T-F-C-A-G-T	2,12	3,03
	TOTAL	7,11	6,48

Nota: Elaborado por autor

Figura 22: Rutas optimizadas (Salinas)



Nota: Elaborado por autor

3.3.5 Ruta La Libertad

Para la ruta de los vehículos se consideraron a 15 clientes (A – O), así mismo se tuvo en cuenta las coordenadas de ubicación de los distintos clientes como se muestra en la Tabla 19. Posteriormente con los mismos datos se obtuvo la matriz de distancias, Tabla 20.

Tabla 19: Ubicación y demanda de los clientes La Libertad

Cliente	Latitud	Longitud	Demanda (Tn)
T	-2,215719	-80,950050	
A	-2,234791	-80,907355	0,40
B	-2,234781	-80,907469	0,28
C	-2,238613	-80,907009	0,35
D	-2,232784	-80,911048	0,50
E	-2,235479	-80,907298	0,40
F	-2,236153	-80,907608	0,35
G	-2,236735	-80,909646	0,70
H	-2,233437	-80,908377	0,32
I	-2,232091	-80,908509	0,50
J	-2,233452	-80,912096	0,28
K	-2,233401	-80,910412	0,48
L	-2,235713	-80,910200	0,56
M	-2,232107	-80,907755	0,55
N	-2,237748	-80,907024	0,28
O	-2,236784	-80,909968	0,55

Nota: Elaborado por autor

Cálculo de matriz de distancias:

Tabla 20: Distancia entre clientes (Kilómetros)

i/j	T	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
T	0	5,20	5,18	5,42	4,73	5,23	5,23	5,06	5,03	4,96	4,66	4,82	4,95	5,04	5,37	5,03
A	5,20	0	0,01	0,43	0,47	0,08	0,15	0,33	0,19	0,33	0,55	0,37	0,33	0,30	0,33	0,37
B	5,18	0,01	0	0,43	0,46	0,08	0,15	0,33	0,18	0,32	0,53	0,36	0,32	0,30	0,33	0,36
C	5,42	0,43	0,43	0	0,79	0,35	0,28	0,36	0,60	0,74	0,81	0,69	0,48	0,73	0,10	0,39
D	4,73	0,47	0,46	0,79	0	0,51	0,54	0,47	0,31	0,29	0,14	0,10	0,34	0,37	0,71	0,46
E	5,23	0,08	0,08	0,35	0,51	0	0,08	0,30	0,26	0,40	0,58	0,42	0,32	0,38	0,25	0,33
F	5,23	0,15	0,15	0,28	0,54	0,08	0	0,24	0,31	0,46	0,58	0,44	0,29	0,45	0,19	0,27
G	5,06	0,33	0,33	0,36	0,47	0,30	0,24	0	0,39	0,53	0,46	0,38	0,13	0,56	0,31	0,04
H	5,03	0,19	0,18	0,60	0,31	0,26	0,31	0,39	0	0,15	0,41	0,23	0,32	0,16	0,50	0,41
I	4,96	0,33	0,32	0,74	0,29	0,40	0,46	0,53	0,15	0	0,43	0,26	0,44	0,08	0,65	0,55
J	4,66	0,55	0,53	0,81	0,14	0,58	0,58	0,46	0,41	0,43	0	0,19	0,33	0,50	0,74	0,44
K	4,82	0,37	0,36	0,69	0,10	0,42	0,44	0,38	0,23	0,26	0,19	0	0,26	0,33	0,61	0,38
L	4,95	0,33	0,32	0,48	0,34	0,32	0,29	0,13	0,32	0,44	0,33	0,26	0	0,48	0,42	0,12
M	5,04	0,30	0,30	0,73	0,37	0,38	0,45	0,56	0,16	0,08	0,50	0,33	0,48	0	0,63	0,58
N	5,37	0,33	0,33	0,10	0,71	0,25	0,19	0,31	0,50	0,65	0,74	0,61	0,42	0,63	0	0,34
O	5,03	0,37	0,36	0,39	0,46	0,33	0,27	0,04	0,41	0,55	0,44	0,38	0,12	0,58	0,34	0

Nota: Elaborado por autor

Creación de rutas iniciales:

En base a la matriz de distancias se procedió a crear las rutas iniciales como se detalla en la Figura 23 y Tabla 21.

Figura 23: Rutas iniciales 1 y 2 La Libertad



Nota: Elaborado por autor

Tabla 21: Detalle de las rutas iniciales La Libertad

	Viaje	Longitud del viaje (Km)	Carga del vehículo (Tn)
Ruta 1	T-A-B-M-I-H-K-D-J-T	10,86	3,31
Ruta 2	T-C-N-F-G-O-L-E-T	11,65	3,19
TOTAL		22,51	6,50

Nota: Elaborado por autor

Cálculo de los ahorros:

Siendo la distancia entre T y A es $TA = (5,20)$, la distancia entre T y B es $TB = (5,18)$ y la distancia entre A y B es $AB = (0,01)$.

Se procede a calcular la distancia de ahorro para cada par de clientes así de la misma matriz de distancia anterior.

$$S_{ij} = C_{i1} + C_{1j} - C_{ij}$$

Si los clientes A y B están en la misma ruta se ahorra la siguiente distancia:

$$TA + TB - AB = 5,20 + 5,18 - 0,01 = \mathbf{10,37}$$

Si los clientes A y C están en la misma ruta se ahorra la siguiente distancia:

$$TA + TC - AC = 5,20 + 5,42 - 0,43 = \mathbf{10,19}$$

Si los clientes B y C están en la misma ruta se ahorra la siguiente distancia:

$$TB + TC - BC = 5,18 + 5,42 - 0,43 = \mathbf{10,17}$$

Calculando en Excel para una mayor aproximación de datos se realizó la matriz de ahorros, además se resalta el mayor ahorro el cual es de 10,69 kilómetros, al igual que también se hizo el cálculo en el software Wolfram Mathematica y el resultado fue el mismo, tal y como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22: Matriz de ahorro para cada pareja de clientes (Kilómetros)

i/j	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
A	-														
B	10,37	-													
C	10,19	10,17	-												
D	9,46	9,46	9,36	-											
E	10,35	10,34	10,30	9,45	-										
F	10,28	10,27	10,37	9,43	10,39	-									
G	9,92	9,92	10,12	9,33	10,00	10,06	-								
H	10,04	10,04	9,85	9,46	10,01	9,95	9,70	-							
I	9,83	9,83	9,64	9,40	9,80	9,73	9,49	9,84	-						
J	9,30	9,30	9,27	9,25	9,31	9,31	9,26	9,27	9,19	-					
K	9,65	9,65	9,55	9,46	9,64	9,62	9,50	9,63	9,53	9,29	-				
L	9,82	9,82	9,89	9,35	9,86	9,90	9,89	9,66	9,47	9,28	9,52	-			
M	9,93	9,93	9,73	9,40	9,90	9,82	9,55	9,91	9,92	9,19	9,54	9,51	-		
N	10,24	10,22	10,69	9,39	10,35	10,42	10,12	9,90	9,68	9,29	9,58	9,91	9,78	-	
O	9,86	9,86	10,06	9,30	9,94	10,00	10,06	9,65	9,45	9,25	9,48	9,86	9,50	10,06	-

Nota: Elaborado por autor

Orden los ahorros de manera descendente:

Ordenando los ahorros de mayor a menor se procedió hacer resumen como se muestra en la Tabla 23 ya que los pares de nodos fueron 145 datos, trabajando para las 2 rutas se obtuvo que la primera ruta comienza en los nodos N y C, mientras que para la segunda ruta comienza en los nodos O y G

Tabla 23: Resumen de Orden descendente de los ahorros

K	K mayor	Par de nodos de la iteración K		Demanda total del par de nodos
1	10,69	N	C	0,63
21	10,06	O	G	1,25

Nota: Elaborado por autor

Fusionar rutas:

Una vez hallado el primer arco factible el cual corresponde a los nodos N y C y teniendo en cuenta las restricciones se procede hacer la fusión de rutas.

Ruta 1: (T – C – N – F – E – A – B – H – I – M – T), la distancia de ahorro es $5,42 + 0,10 + 0,19 + 0,08 + 0,08 + 0,01 + 0,18 + 0,15 + 0,08 + 5,04 = 11,33$ Kilómetros.

La carga del vehículo para la ruta 1 es de $0,35 + 0,28 + 0,35 + 0,4 + 0,4 + 0,28 + 0,32 + 0,5 + 0,55 = 3,43$ Toneladas

Ruta 2: (T – G – O – L – K – D – J – T), la distancia de ahorro es $5,06 + 0,04 + 0,12 + 0,26 + 0,10 + 0,14 + 4,66 = 10,37$ Kilómetros. La carga del vehículo para la ruta 2 es de $0,7 + 0,55 + 0,56 + 0,48 + 0,5 + 0,28 = 3,07$ Toneladas

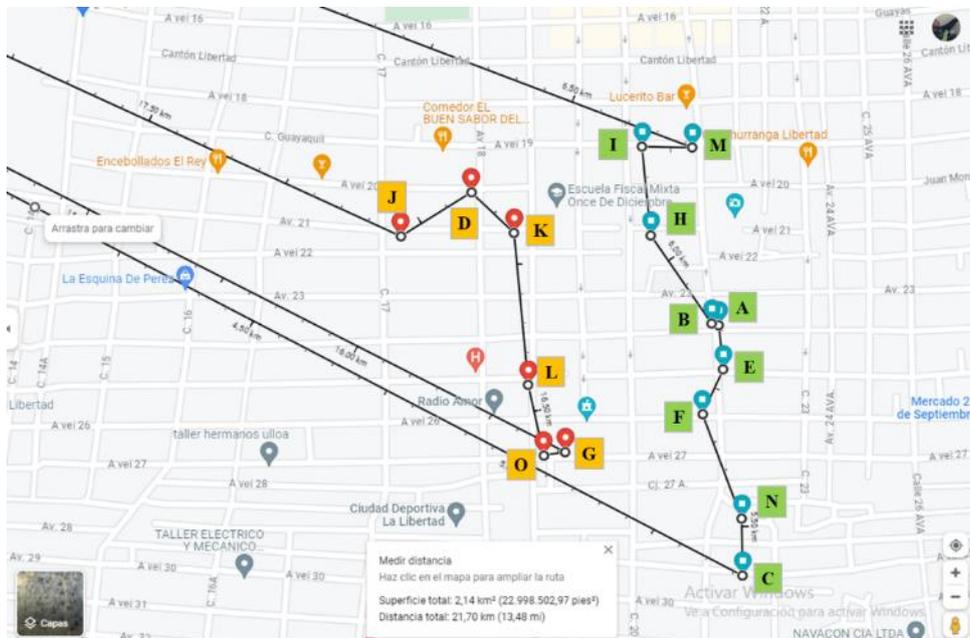
El resumen de la solución del algoritmo de Clarke y Wright para la ruta de La Libertad se presenta en la Tabla 24.

Tabla 24: Solución de algoritmo de ahorro Clarke y Wright

	Viaje	Longitud del viaje (Km)	Carga del vehículo (Tn)
Ruta 1	T-C-N-F-E-A-B-H-I-M-T	11,33	3,43
Ruta 2	T-G-O-L-K-D-J-T	10,37	3,07
	TOTAL	21,10	6,50

Nota: Elaborado por autor

Figura 24: Rutas optimizadas (La Libertad)



Nota: Elaborado por autor

3.3.6 Resultados

Los resultados logrados para las dos rutas de las ciudades se muestran continuación:

✓ Ruta Salinas

La ruta inicial para la ciudad de Salinas fue de 8,05 km, mientras que la ruta optimizada fue de 7,11 km. Por lo tanto, la diferencia de kilómetros es de:

$$8,05 \text{ km} - 7,11 \text{ km} = 0,94 \text{ Kilómetros}$$

Calculando el porcentaje de mejora es de:

$$\left(\frac{0,94 \text{ km}}{8,05 \text{ km}} \right) * 100 = \mathbf{11,67\%}$$

✓ Ruta La Libertad

La ruta inicial para la ciudad de La Libertad fue de 22,51 km, mientras que la ruta optimizada fue de 21,70 km. Por lo tanto, la diferencia de kilómetros es de:

$$22,51 \text{ km} - 21,70 \text{ km} = 0,81 \text{ Kilómetros}$$

Calculando el porcentaje de mejora es de:

$$\left(\frac{0,81 \text{ km}}{22,51 \text{ km}} \right) * 100 = \mathbf{3,60\%}$$

3.4 Presupuesto

La Tabla 25 detalla el presupuesto del proyecto el cual incluye rubros como recurso humano, tecnología, oficina, entre otros. El costo total del presupuesto corresponde al valor de \$5.275,00 ya aplicado el imprevisto y reajuste.

Tabla 25: Presupuesto

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo unitario (dólares)	Costo total (dólares)
Recurso humano	Investigador	1	\$300,00	\$300,00
Tecnología	Software	1	\$1.450,00	\$1.450,00
	Laptop	1	\$1.700,00	\$1.700,00
	Curso de capacitación	2	\$300,00	\$600,00
	Internet	2	\$50,00	\$100,00
Oficina	Suministros de oficina	1	\$15,00	\$15,00
	Servicios de impresión y copiado	1	\$25,00	\$25,00
Otros	Transporte	1	\$30,00	\$30,00
Subtotal				\$4.220,00
Imprevisto 10%				\$422,00
Reajuste 15%				\$633,00
TOTAL				\$5.275,00

Nota: Elaborado por autor

3.5 Retorno de inversión

Según Meibol et al., (2019) detalla que la evaluación de un proyecto tiene como propósito establecer cuál es su rendimiento económico. El Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno son dos métodos para evaluar el retorno de inversión, es decir para conocer la rentabilidad del proyecto.

La Tabla 26 detalla los valores del flujo de efectivo, valor actualizado y acumulado durante cinco años.

Tabla 26: Flujo de efectivo, valor actualizado y acumulado

Años	Flujo de efectivo	Valor actualizado 10%	Acumulado
0	-\$5.275,00	-\$5.275,00	-\$5.275,00
1	\$2.300,00	\$2.090,91	-\$3.184,09
2	\$2.300,00	\$1.900,83	-\$1.283,26
3	\$2.300,00	\$1.728,02	\$444,76
4	\$2.300,00	\$1.570,93	\$2.015,69
5	\$2.300,00	\$1.428,12	\$3.443,81

Nota: Elaborado por autor

Valor actual neto (VAN)

VAN = Suma de valor actualizado – Inversión

$$\text{VAN} = \$8.718,81 - \$5.275,00 = \mathbf{\$3.443,81}$$

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para calcular la TIR de manera más precisa se hizo uso de la herramienta Microsoft Excel, es este caso como resultado se obtuvo:

$$\text{TIR} = \mathbf{33\%}$$

Periodo de Recuperación (PR)

$$PR = \text{Año} - 1 - \left(\frac{\text{Flujo acumulado previo}}{\text{Valor actualizado}} \right)$$

$$PR = 3 - 1 - \left(\frac{-\$1.283,26}{\$1.728,02} \right) = \mathbf{2,74 \text{ años} = 32,88 \text{ meses}}$$

3.6 Marco de discusión

En el capítulo I se detalla la importancia de una buena distribución logística para mantener el equilibrio o balance en las empresas dedicadas a este tipo de actividades, tal como lo indica (Pacheco B., 2019). En ese sentido se buscaron diferentes métodos los cuales ayudan al proceso logístico en lo que respecta al problema de ruteo de vehículos.

En el capítulo II se aborda los métodos heurísticos más utilizados en el problema de ruteo, así mismo, también se hace mención del enfoque de investigación llevada a cabo, los métodos de recolección de datos y los instrumentos utilizados. Por lo consecuente se determinó las fases de la metodología Ábaco de Régnier. (Martelo et al., 2017)

En el capítulo III, se detalla las fases del plan de evaluación en donde en primera instancia se determinó el área hacia donde fue dirigida la investigación para la recolección de información, durante la fase dos se elaboró el diseño del cuestionario para posteriormente ser validado a través de la metodología de Ábaco de Régnier. En la fase tres se procedió hacer la recolección de información, y en base a esto se realizó la fase cuatro la cual corresponde al análisis de datos. Durante esta etapa los datos obtenidos fueron ingresados al software IBM SPSS Statistics, además este programa nos permitió conocer el análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach y así mismo, nuestra verificación de hipótesis por lo cual fue elegida la hipótesis alternativa.

Posteriormente se presentó la aplicación del algoritmo heurístico de Clarke y Wright, se prestaron los pasos para la aplicación del algoritmo, así como sus restricciones. Este algoritmo nos permitió conocer los recorridos óptimos para cada ruta, en este caso se evaluaron las rutas de Salinas y La Libertad.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática de la literatura permitió conocer los diferentes métodos usados para el problema de enrutamiento de vehículos, a través del análisis bibliométrico se conoció los 31 artículos tomados en consideración para la investigación bajo los criterios de inclusión y exclusión.

Se presentó la metodología para evaluar la problemática de la investigación mediante el plan de evaluación, permitiendo conocer la viabilidad del instrumento utilizado con la finalidad de tomar la mejor decisión en lo que respecta al ruteo de vehículos.

Se mostró la implementación del instrumento mediante la metodología Ábaco de Régnier, posteriormente se utilizó el software IBM SPSS Statistics el cual nos permitió conocer la fiabilidad del instrumento por medio del análisis de Alfa de Cronbach y la verificación de hipótesis. Se aplicó el algoritmo de ahorros de Clarke y Wright el cual reflejó mejoras significativas en cuanto a la reducción de distancias para las distintas rutas.

RECOMENDACIONES

Realizar una búsqueda exhaustiva de la literatura a través plataformas que permitan la búsqueda de artículos científicos, permitiendo obtener una muestra relevante de lo investigado para ampliar el conocimiento hacia los investigadores.

Se recomienda diseñar un plan de recolección de información identificando las variables de estudio para llevar a cabo un buen procedimiento a seguir, así como los recursos necesarios y las estrategias de evaluación de datos.

Utilizar nuevos métodos capaces de mejorar el proceso de distribución logística, además utilizar software que permitan conocer el recorrido fiable para las rutas de distribución, ya que muchos requieren de una licencia o tienen un límite de días para el uso gratuito.

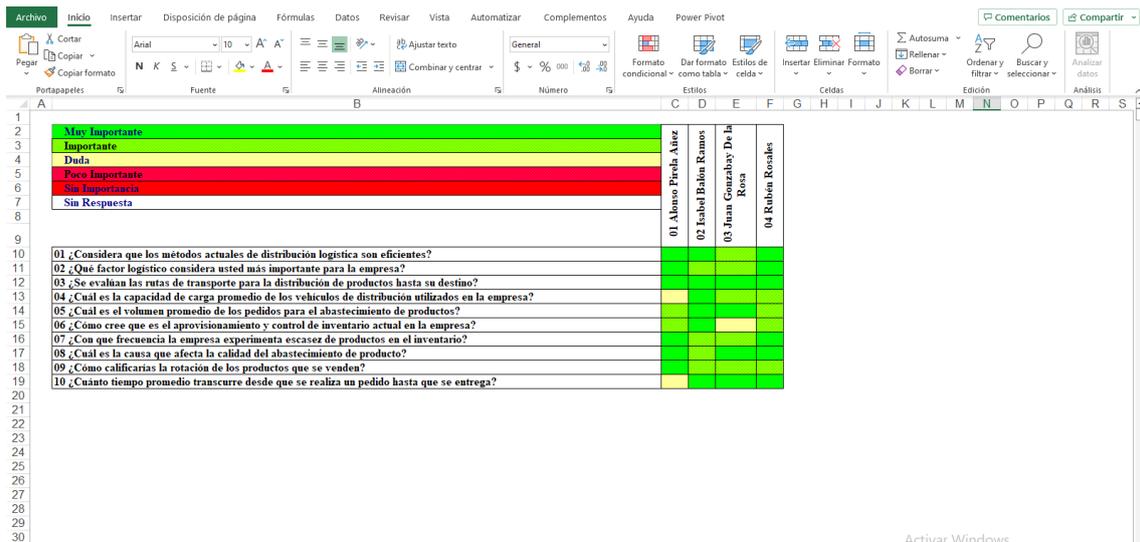
ANEXOS

Anexo A: Validación por expertos

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL 						
ASUNTO: VALIDACIÓN DE ENCUESTA POR EXPERTOS						
DATOS DEL EXPERTO:						
NOMBRE: Isabel Del Rocío Balón Ramos						
PROFESIÓN: Ingeniera Industrial						
AÑOS DE EXPERIENCIA: 15 años						
TELÉFONO: 0992995163						
CORREO: ibalon@upse.edu.ec						
TEMA:						
"OPTIMIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS DEL GRUPO SUPERIOR S.A, CANTÓN SALINAS, ECUADOR"						
Nº	PREGUNTAS	RESPUESTAS				
1	¿Considera que los métodos actuales de distribución logística son eficientes? <ul style="list-style-type: none"> • Sí • No • Tal vez 	✓				
2	¿Qué factor logístico considera usted más importante para la empresa? <ul style="list-style-type: none"> • Gestión de inventario • Transporte • Almacenamiento • Entrega de pedidos 		✓			
3	¿Se evalúan las rutas de transporte para la distribución de productos hasta su destino? <ul style="list-style-type: none"> • Si • No • Tal vez 	✓				
4	¿Cuál es la capacidad de carga promedio de los vehículos de distribución utilizados en la empresa? <ul style="list-style-type: none"> • Menos de 1 tonelada • Entre 1 y 2 toneladas • Entre 2 y 3 toneladas • Entre 3 y 4 toneladas • Más de 4 toneladas 	✓				
5	¿Cuál es el volumen promedio de los pedidos para el abastecimiento de productos? <ul style="list-style-type: none"> • Muy bajo • Bajo • Aceptable • Alto • Muy alto 	✓				
6	¿Cómo cree que es el aprovisionamiento y control de inventario actual en la empresa? <ul style="list-style-type: none"> • Excelente • Muy bueno • Regular • Malo 	✓				

7	¿Con que frecuencia la empresa experimenta escasez de productos en el inventario? <ul style="list-style-type: none"> Muy frecuentemente Frecuentemente Ocasionalmente Raramente Nunca 	✓				
8	¿Cuál es la causa que afecta la calidad del abastecimiento de producto? <ul style="list-style-type: none"> Retrasos en la entrega Productos dañados o en mal estado Errores de pedido 	✓				
9	¿Cómo calificarías la rotación de los productos que se venden? <ul style="list-style-type: none"> Muy buena Buena Regular Mala 	✓				
10	¿Cuánto tiempo promedio transcurre desde que se realiza un pedido hasta que se entrega? <ul style="list-style-type: none"> Menos de 24 horas De 1 a 2 días De 3 a 5 días Más de 5 días 	✓				
ESCALA		FIRMA:				
	Muy importante					
	Importante					
	Duda					
	Poco importante					
	Sin importancia					
	Sin respuesta					

Anexo B: Tratamiento de datos Ábaco de Regnier



		01 Alonso Prieto Anz	02 Eudiel Bahin Ramos	03 Juan Gonzalez De La Rosa	04 Rubén Rosales
1	Muy Importante				
2	Importante				
3	Duda				
4	Poco importante				
5	Sin importancia				
6	Sin Respuesta				
7					
8					
9					
10	01 ¿Considera que los métodos actuales de distribución logística son eficientes?				
11	02 ¿Qué factor logístico considera usted más importante para la empresa?				
12	03 ¿Se evalúan las rutas de transporte para la distribución de productos hasta su destino?				
13	04 ¿Cuál es la capacidad de carga promedio de los vehículos de distribución utilizados en la empresa?				
14	05 ¿Cuál es el volumen promedio de los pedidos para el abastecimiento de productos?				
15	06 ¿Cómo cree que es el aprovisionamiento y control de inventario actual en la empresa?				
16	07 ¿Con qué frecuencia la empresa experimenta escasez de productos en el inventario?				
17	08 ¿Cuál es la causa que afecta la calidad del abastecimiento de producto?				
18	09 ¿Cómo calificarías la rotación de los productos que se venden?				
19	10 ¿Cuánto tiempo promedio transcurre desde que se realiza un pedido hasta que se entrega?				
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



ENCUESTA DIRIGIDA A LOS EMPLEADOS DE LA EMPRESA

1. ¿Considera que los métodos actuales de distribución logística son eficientes?

- Sí
- No
- Tal vez

2. ¿Qué factor logístico considera usted más importante para la empresa?

- Gestión de inventario
- Transporte
- Almacenamiento
- Entrega de pedidos

3. ¿Se evalúan las rutas de transporte para la distribución de productos hasta su destino?

- Si
- No
- Tal vez

4. ¿Cuál es la capacidad de carga promedio de los vehículos de distribución utilizados en la empresa?

- Menos de 1 tonelada
- Entre 1 y 2 toneladas
- Entre 2 y 3 toneladas
- Entre 3 y 4 toneladas
- Más de 4 toneladas

5. ¿Cuál es el volumen promedio de los pedidos para el abastecimiento de productos?

- Muy bajo
- Bajo
- Aceptable
- Alto
- Muy alto

6. ¿Cómo cree que es el aprovisionamiento y control de inventario actual en la empresa?

- Excelente
- Muy bueno
- Regular
- Malo

7. ¿Con qué frecuencia la empresa experimenta escasez de productos en el inventario?

- Muy frecuentemente
- Frecuentemente
- Ocasionalmente
- Raramente
- Nunca

8. ¿Cuál es la causa que afecta la calidad del abastecimiento de producto?

- Retrasos en la entrega
- Productos dañados o en mal estado
- Errores de pedido

9. ¿Cómo calificarías la rotación de los productos que se venden?

- Muy buena
- Buena
- Regular
- Mala

10. ¿Cuánto tiempo promedio transcurre desde que se realiza un pedido hasta que se entrega?

- Menos de 24 horas
- De 1 a 2 días
- De 3 a 5 días
- Más de 5 días

Anexo D: Tratamiento de datos en IBM SPSS Statistics

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
P1	Númérico	8	0	1. ¿Considera...	(1. Sí)...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
P2	Númérico	8	0	2. ¿Qué factor l...	(1. Gestión...	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
P3	Númérico	8	0	3. ¿Se evalúan...	(1. Sí)...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
P4	Númérico	8	0	4. ¿Cuál es la...	(1. Más de...	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
P5	Númérico	8	0	5. ¿Cuál es el v...	(1. Muy abaj...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
P6	Númérico	8	0	6. ¿Cómo cre...	(1. Excelente...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
P7	Númérico	8	0	7. ¿Con qué fre...	(1. Muy frec...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
P8	Númérico	8	0	8. ¿Cuál es la...	(1. Errores...	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
P9	Númérico	8	0	9. ¿Cómo califi...	(1. Muy bus...	Ninguna	8	Derecha	Ordinal	Entrada
P10	Númérico	8	0	10. ¿Cuánto te...	(1. Menos d...	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	var							
1	2	2	1	4	3	3	2	3	2	1								
2	2	2	2	4	3	3	2	1	3	2								
3	3	1	1	4	3	2	3	2	2	1								
4	2	4	1	3	2	2	2	3	2	2								
5	2	2	3	4	3	3	3	2	2	1								
6	2	1	1	3	2	3	2	3	3	1								
7	2	2	1	3	2	2	3	1	2	1								
8	2	2	1	4	3	3	3	3	2	2								
9	2	2	1	3	2	2	2	3	2	1								
10	2	1	1	4	2	3	2	2	2	2								
11	3	2	1	4	3	3	3	2	3	2								
12	3	1	3	4	3	4	1	3	3	4								
13	1	4	1	4	3	2	2	3	3	2								
14	3	1	3	4	3	3	2	3	2	1								
15	2	2	3	4	3	2	3	1	2	2								
16	3	2	1	4	3	3	2	3	3	2								
17	3	2	3	4	3	3	2	2	3	2								
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		
32																		
33																		

Resultados - Darwin Gonzabay.spv [Documento8] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Presentar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Aplicación de búsqueda

Resultado

- Fiabilidad
 - Tabla
 - Notas ALL VARIABLE
 - Tabla
 - Resumen de
 - Estadísticas d
 - Estadísticas d
 - Estadísticas d

Fiabilidad

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

Casos	Valores	N	%
		17	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	17	100,0

^a La eliminación de los listos se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,765	,794	7

Estadísticas de elemento de resumen

	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máximo / Mínimo	Varianza	N de elementos
Medidas de elemento:	2,462	1,847	3,255	2,118	2,286	,514	7

Estadísticas de total de elemento

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos con él	Correlación múltiple al cuadrado	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
1. ¿Considera que los métodos actuales de distribución logística son eficientes?	14,84	6,559	,417	,258	,747

IBM SPSS Statistics Processor está listo. Unico de: ACTIVADO. Clásico

18/4/2023 14:31

Comprobación de hipótesis - Darwin Gonzabay.spv [Documento8] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Editar Ver Datos Transformar Presentar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Aplicación de búsqueda

Resultado

- Correlaciones
 - Tabla
 - Notas
 - Correlaciones

Correlaciones

	VI	VD
VI	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	,035
	N	17
VD	Correlación de Pearson	,514
	Sig. (bilateral)	,035
	N	17

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (Bilateral).

IBM SPSS Statistics Processor está listo. Unico de: ACTIVADO. Clásico

14:39 21/4/2023

Anexo E: Solicitud para realizar investigación



Salinas, 16 de enero del 2023

Mcs. Franklin Reyes

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

Por este medio, de parte de quienes conformamos la familia Grupo Superior S.A, me dirijo hacia usted con la finalidad de hacer de su conocimiento la aceptación de proyecto **“Optimización de los métodos de distribución logística para el abastecimiento de productos del Grupo Superior S.A, cantón Salinas, Ecuador”** a llevarse a cabo por el Sr. Gonzabay Vera Darwin Xavier, portador de la cedula número **2450420316**, estudiante perteneciente a la carrera de Ingeniería Industrial.

Sin mas por el momento, reciba cordiales saludo.

Atentamente,

Ing. Rosales Rubén
SUPERVISOR GRUPO SUPERIOR S.A

Anexo F: Matriz de distancias en Wolfram Mathematica

```

DISTANCIA ENTRE PUNTOS MATRIZ - SALINAS Job - Wolfram Mathematica 12.1
Archivo Edición Insertar Formato Celdas Gráficos Evaluación Paletas Ventanas Ayuda

(*OBTENCIÓN DE MATRIZ DE DISTANCIAS RUTA SALINAS*)

(*función para convertir grados decimales a radianes*) toRad[deg_] := deg * Pi / 180

(*función para calcular la distancia en kilómetros entre dos puntos geográficos*)
distanceInKilometers[lat1_, lon1_, lat2_, lon2_] :=
Module[{R = 6371}, {lat1Rad = toRad[lat1], lon1Rad = toRad[lon1], lat2Rad = toRad[lat2], lon2Rad = toRad[lon2]},
{theta}
2 * R * ArcSin[Sqrt[Sin[(lat2Rad - lat1Rad) / 2]^2 + Cos[lat1Rad] * Cos[lat2Rad] * Sin[(lon2Rad - lon1Rad) / 2]^2]]]

(*Coordenadas de los puntos*)
coordenadas = {{-2.215738, -80.950866}, {-2.215433, -80.948760}, {-2.215595, -80.946563}, {-2.214010, -80.952303}, {-2.216042, -80.956451}, {-2.217930, -80.958180}, {-2.214724, -80.955566},
{-2.211838, -80.962811}, {-2.211540, -80.964120}, {-2.208920, -80.966610}, {-2.207593, -80.968407}}

(*Calcula la matriz de distancias*)
distancias = Table[distanceInKilometers[coordenadas[[i, 1]], coordenadas[[i, 2]], coordenadas[[j, 1]], coordenadas[[j, 2]], {i, 1, Length[coordenadas]}, {j, 1, Length[coordenadas]}]

(*Visualiza la matriz de distancias*)
MatrixForm[distancias]

Out[2]=
{{0, 0.291810, 0.387692, 0.314293, 0.834543, 0.935196, 0.612799, 1.48212, 1.63894, 1.92778, 2.23886,
0.291810, 0., 0.342615, 0.358864, 1.80801, 1.13999, 0.789732, 1.57108, 1.75861, 1.88119, 2.27756, 0.387692, 0.342615, 0., 0.621686, 1.18726, 2.21664, 1.80502, 1.82985, 2.88212, 1.28472, 2.58589,
0.314293, 0.358864, 0.621686, 0., 0.777567, 0.785117, 0.371149, 1.19228, 1.24143, 1.62478, 1.92637, 0.834543, 1.80801, 1.13999, 1.18726, 0.777567, 0., 0.278455, 0.55627, 1.11611, 1.24005, 1.59272, 1.88675,
0.834543, 1.13999, 1.18726, 0.777567, 0., 0.459831, 0.459831, 0.808777, 1.31089, 1.01031, 0.612799, 0.789732, 1.80801, 0.371149, 0.555922, 0.459831, 0., 0.866013, 1.01825, 1.32784, 1.63232,
1.48212, 1.63232, 1.88675, 1.92228, 1.11611, 0.858671, 0.866613, 0., 0.140173, 0.481271, 0.788654, 1.63894, 1.71961, 2.88222, 1.34143, 1.24005, 0.969777, 1.81425, 0.149173, 0., 0.35913, 0.647783,
1.92778, 1.96129, 2.20472, 1.62678, 1.59672, 1.32089, 1.32784, 0.481271, 0.25913, 0., 0.384479, 2.23886, 2.27756, 2.58589, 1.92037, 1.80875, 1.61631, 1.03232, 0.788654, 0.647783, 0.384479, 0.}}

Out[3]=MatrixForm
0. 0.291810 0.387692 0.314293 0.834543 0.935196 0.612799 1.48212 1.63894 1.92778 2.23886
0.291810 0. 0.342615 0.358864 1.80801 1.13999 0.789732 1.57108 1.75861 1.88119 2.27756
0.387692 0.342615 0. 0.621686 1.18726 2.21664 1.80502 1.82985 2.88212 1.28472 2.58589
0.314293 0.358864 0.621686 0. 0.777567 0.785117 0.371149 1.19228 1.24143 1.62478 1.92637
0.834543 1.13999 1.18726 0.777567 0. 0.459831 0.459831 0.808777 1.31089 1.01031 0.612799 0.789732 1.80801 0.371149 0.555922 0.459831 0. 0.866013 1.01825 1.32784 1.63232
0.935196 0.789732 1.80801 0.785117 0.785117 0. 0.459831 0.459831 0.808777 1.31089 1.01031 0.612799 0.789732 1.80801 0.371149 0.555922 0.459831 0. 0.866013 1.01825 1.32784 1.63232
0.612799 1.57108 1.75861 1.88119 2.27756 0.612799 0. 0.149173 0.481271 0.788654 1.63894 1.71961 2.88222 1.34143 1.24005 0.969777 1.81425 0.149173 0. 0.35913 0.647783
1.48212 1.63232 1.88675 1.92228 1.11611 0.858671 0.866613 0. 0.149173 0.481271 0.788654 1.63894 1.71961 2.88222 1.34143 1.24005 0.969777 1.81425 0.149173 0. 0.35913 0.647783
1.63894 1.71961 2.88222 1.34143 1.24005 0.969777 1.81425 0.149173 0. 0.35913 0.647783

```

Anexo G: Matriz de ahorros en Wolfram Mathematica

```

MATRIZ DE AHORROS SALINAS Job - Wolfram Mathematica 12.1
Archivo Edición Insertar Formato Celdas Gráficos Evaluación Paletas Ventanas Ayuda

(*OBTENCIÓN DE MATRIZ DE AHORROS RUTA SALINAS*)

matrizDistancias = {
{0, 0.29, 1.48, 0.35, 0.83, 0.94, 0.62, 0.39, 1.63, 1.93, 2.23},
{0.29, 0, 1.57, 0.40, 1.10, 1.10, 0.77, 0.34, 1.72, 1.98, 2.28},
{1.48, 1.57, 0, 1.19, 1.12, 0.85, 0.87, 1.85, 0.15, 0.48, 0.79},
{0.35, 0.40, 1.19, 0, 0.78, 0.79, 0.37, 0.66, 1.34, 1.62, 1.93},
{0.83, 1.10, 1.12, 0.78, 0, 0.22, 0.56, 1.19, 1.24, 1.60, 1.89},
{0.94, 1.10, 0.85, 0.79, 0.22, 0, 0.46, 1.32, 0.97, 1.33, 1.62},
{0.62, 0.77, 0.87, 0.37, 0.56, 0.46, 0, 1.01, 1.01, 1.33, 1.63},
{0.39, 0.34, 1.85, 0.66, 1.19, 1.32, 1.01, 0, 2.00, 2.28, 2.59},
{1.63, 1.72, 0.15, 1.34, 1.24, 0.97, 1.01, 2.00, 0, 0.36, 0.65},
{1.93, 1.98, 0.48, 1.62, 1.60, 1.33, 1.33, 2.28, 0.36, 0, 0.30},
{2.23, 2.28, 0.78, 1.93, 1.89, 1.62, 1.63, 2.59, 0.65, 0.30, 0}};

tamaño = Length[matrizDistancias];
matrizAhorros = ConstantArray[0, {tamaño, tamaño}];

For[i = 1, i < tamaño, i++, For[j = i + 1, j < tamaño, j++, matrizAhorros[[i, j]] = matrizDistancias[[i, j]] + matrizDistancias[[j, i]] - matrizDistancias[[i, j]];];];

MatrixForm[matrizAhorros]

Out[2]=MatrixForm
0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
0. 0. 0.2 0.2 0.82 0.87 0.14 0.34 0.2 0.24 0.24
0. 0.2 0. 0.4 1.18 1.57 1.23 0.82 2.96 2.93 2.93
0. 0.2 0.5 0. 0.36 0.46 0.56 0.84 0.5 0.62 0.61
0. 0.82 1.19 0.50 0. 1.5 0.89 0.03 1.22 1.16 1.17
0. 0.87 1.57 0.40 1.5 0. 1.1 0.01 1.0 1.54 1.55
0. 1.34 1.23 0.50 0.89 1.1 0. 0. 1.26 1.22 1.22
0. 1.54 0.82 0.83 0.83 0.01 0. 0. 0.82 0.84 0.83
0. 2.24 2.96 0.4 1.22 1.6 1.24 0.82 0. 1.2 1.21
0. 2.24 2.93 0.62 1.16 1.54 1.22 0.84 3.2 0.306
0. 2.24 2.93 0.61 1.17 1.55 1.22 0.83 3.21 3.86 0

```

BIBLIOGRAFÍA

- Al Theeb, N., Al-Araidah, O., & Aljarrah, M. H. (2019). *Optimization of the Heterogeneous Vehicle Routing Problem with Cross Docking Logistic System*.
www.bvl.de/lore
- Alexander, A., Molina, S., & Murillo Garza, A. (2021). Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa. *Debates Por La Historia*, 9, 147–181. <https://orcid.org/0000-0002-5708-428X>
- Aydemir, E., & Karagul, K. (2020). Solving a Periodic Capacitated Vehicle Routing Problem using Simulated Annealing Algorithm for a Manufacturing Company. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 1–13.
<https://doi.org/10.14488/bjopm.2020.011>
- Ballesteros-Riveros, F. A., Arango-Serna, M. D., Adarme-Jaimes, W., & Zapata-Cortes, J. A. (2019). Storage allocation optimization model in a colombian company. *DYNA (Colombia)*, 86(209), 255–260. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.77527>
- Ben Abdellafou, K., Hadda, H., & Korbaa, O. (2021). Heuristic algorithms for scheduling intrees on m machines with non-availability constraints. *Operational Research*, 21(1), 55–71. <https://doi.org/10.1007/s12351-018-0432-z>
- Bolaños-Zúñiga, L., & Vidal-Holguín, C. J. (2021). El impacto de los costos de mantenimiento de inventario sobre el diseño estratégico de cadenas de suministro. *Revista Facultad de Ingeniería*, 101, 45–54.
<https://doi.org/10.17533/udea.redin.20200692>

- Burgos-Martínez, R., Argüelles-Pascual, V., & Palacios, R. H. (2021). Etapas del método estadístico. *Ciencia Huasteca Boletín Científico De La Escuela Superior De Huejutla*, 9(17), 35–36. <https://doi.org/10.29057/esh.v9i17.6703>
- Calatayud, A., & Montes, L. (2021). *Logística en América Latina y el Caribe: oportunidades, desafíos y líneas de acción*.
- Cárdenas-Barrón, L. E., González-Velarde, J. L., Treviño-Garza, G., & Garza-Nuñez, D. (2019). Heuristic algorithm based on reduce and optimize approach for a selective and periodic inventory routing problem in a waste vegetable oil collection environment. *International Journal of Production Economics*, 211, 44–59. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.026>
- Casadiago, O., & Seijas, O. (2020). Procedimientos metodológicos utilizados por los docentes en la aplicación de estrategias de enseñanza de la matemática / Methodological procedures used by teachers in the application of mathematics teaching strategies. *Revista Ciencias de La Educación*, 30(55), 320–333. <https://orcid.org/0000-0002-4870-8265>
- Chen, M., Chen, J., Yang, P., Liu, S., & Tang, K. (2021). A heuristic repair method for dial-a-ride problem in intracity logistic based on neighborhood shrinking. *Multimedia Tools and Applications*, 80(20), 30775–30787. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-08894-7>
- Diego Hernández, J. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587–595. <https://orcid.org/0000-0003->

- Efraín Capurro-Tapia, E. I. (2020). *Economic impact of logistics in Ecuador and its impact on the pandemic Impacto econômico da logística no Equador e seu impacto na pandemia*. 6, 1610–1625. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1571>
- Farromeque Rafael. (2016). *PEFIL LOGÍSTICO DE AMÉRICA LATINA (PERLOG)*. 1–20.
- Filippova, T. A., & Voronina, S. V. (2021). Organizational and Legal Aspects of Transport Logistics as a Factor of Sustainable Development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 670(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/670/1/012048>
- García, G. (2020). Diseño de un modelo de optimización para el problema de transporte en una piladora de arroz de la ciudad de Daule. *Revista Científica Aristas*.
- Han, Q., Sun, Y., Wu, Q., & Bai, Z. (2021). Research on Optimization Model of Logistics Transportation Truck Path considering Environmental Impact: Experimental Data from Xiqing District, Tianjin. *Journal of Advanced Transportation*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6665168>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (S. de C. McGraw-Hill Interamericana, Ed.; Primera edición).
- Hidalgo Torres, J., Rivadeneira Piedra, C., & Moreno Cueva, N. (2018). *Logística Empresarial. Ediciones Grupo Compás 2018*.

- Jayarathna, C. P., Agdas, D., Dawes, L., & Yigitcanlar, T. (2021). Multi-objective optimization for sustainable supply chain and logistics: A review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 24). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su132413617>
- Jeong, H. Y., & Lee, S. (2019). Optimization of vehicle-carrier routing: Mathematical model and comparison with related routing models. *Procedia Manufacturing*, 39, 307–313. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.337>
- Karagiannis, G., Minis, I., Arampantzi, C., & Dikas, G. (2022). Warehousing and distribution network design from a Third-Party Logistics (3PL) company perspective. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 3106–3111. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.206>
- Kunnapapdeelert, S., & Thawnern, C. (2021). Capacitated vehicle routing problem for thailand's steel industry via saving algorithms. *Journal of System and Management Sciences*, 11(2), 171–181. <https://doi.org/10.33168/JSMS.2021.0211>
- Lámbarry-Vilchis, F., & Avilés-Sánchez, E. (2022). Indicadores de desempeño ambiental en el proceso de abastecimiento de la industria de plástico. *Revista Universidad y Empresa*, 24(42). <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.10381>
- Lei, N. (2022). Intelligent logistics scheduling model and algorithm based on Internet of Things technology. *Alexandria Engineering Journal*, 61(1), 893–903. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.04.075>
- Li, F. (2022). Logistics Distribution Path Optimization Algorithm Based on Intelligent Management System. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3699990>

- Liu, Z., Niu, Y., Guo, C., & Jia, S. (2023). A Vehicle Routing Optimization Model for Community Group Buying Considering Carbon Emissions and Total Distribution Costs. *Energies*, *16*(2). <https://doi.org/10.3390/en16020931>
- Luz Hernández Mendoza, S., & Duana Avila, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Instituto de Ciencias Económico Administrativas*, *9*(17), 51–53. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archive>
- Ma, X., & Wang, F. (2022). Logistic Distribution Route Optimization Based on RFID and Sensor Technology. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7599539>
- Ma, Z., Yang, X., & Li, H. (2022). Intelligent Supply Chain and Logistics Route Optimization Algorithm in Wireless Sensor Network. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8161820>
- Martelo, R. J., Villabona, N., & Jiménez-Pitre, I. (2017). Guía metodológica para definir el perfil profesional de programas académicos mediante la herramienta Ábaco de Régnier. *Formacion Universitaria*, *10*(1), 15–24. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000100003>
- Mauricio Gámez-Albán, H., Mejía-Argueta, C., Arturo, R., & Espinosa, L. (2017). Diseño de una red de distribución a través de un modelo de optimización considerando agotados. *Revista Chilena de Ingeniería*, *25*(4), 619–632.
- Mehrbakhsh, S., & Ghezavati, V. (2020). Mathematical modeling for green supply chain considering product recovery capacity and uncertainty for demand. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(35), 44378–44395. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10331-z>

- Meibol, L., Vaca, F., Francisco, M., Guerrero, G., Efraín, C., Fajardo, V., Agustín, L., Leticia, X., Santillán, Z., Solís Granda, L. E., Alexandra, J., & Salazar, P. (2019). Valor Actual Neto y Tasa Interna De Retorno como parámetros de evaluación de las inversiones. *Revista Investigación Operacional*, 40(4), 469–474.
- Mejía Moreira, J. A., San Andrés Reyes, P. R., & Paredes Chévez, I. E. (2018). Logística y canales de distribución para la mejora de procesos. Estudio de Caso NEDERAGRO SA- Período 2019. *INNOVA Research Journal*, 3(6), 155–167. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n6.2018.876>
- Neicer, C. V., Carlos, C. C., Maribel, B. Z. L., & Luis, S. B. J. (2021). Métodos Algorítmicos para la optimización de rutas en el Sistema del Transporte Urbano. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2021.1.1.32>
- Normasari, N. M. E., Yu, V. F., Bachtiyar, C., & Sukoyo. (2019). A simulated annealing heuristic for the capacitated green vehicle routing problem. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2358258>
- Nugent, M., Alberto Luis, M., Quispe, T., Llave, T., Marcelino, A., Morales, F., & Alberto, J. (2019). Universidad del Zulia Venezuela Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Pacheco B., D. D. (2019). Gestión de inventario en empresas distribuidoras de materia prima del sector panadero en el estado Zulia. *Revista Enfoques*, 3(11), 188–201. <https://doi.org/10.33996/revistaenfoques.v3i11.65>

- Pacheco, J., & Laguna, M. (2020). Vehicle routing for the urgent delivery of face shields during the COVID-19 pandemic. *Journal of Heuristics*, 26(5), 619–635. <https://doi.org/10.1007/s10732-020-09456-8>
- Pelayo, J. (2019). La satisfacción en las empresas de logística internacional en Jalisco. *Investigación Administrativa*, 48(123). <http://orcid.org/0000-0003-4011-0178>
- Pucha, P., Muyulema, J., Burgos, C., & Buenaño, E. (2019). Gestión de la calidad como estructura del desempeño operacional en el sector Cooperativo Financiero del segmento cinco de la provincia de Chimborazo. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 1–28.
- Ramos-Galarza, C. A. (2020). Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1–6. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Rodríguez, J. V., Cómbita Niño, J. P., Parra Negrete, K. A., Mercado, D. C., & Fontalvo, L. A. (2022). Optimization of the distribution logistics network: a case study of the metalworking industry in Colombia. *Procedia Computer Science*, 198, 524–529. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2021.12.280>
- Rodríguez-Rodríguez, J., & Reguant-Álvarez, M. (2020). Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 13(2). <https://doi.org/10.1344/reire2020.13.230048>
- Sánchez Suárez, Y., Arlene, J., Castañeira, P., Cruz, C., & Ii, B. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro Current challenges of logistics and supply chain. *Ingeniería Industria*, 42(1). <http://orcid.org/0000-0003-1095-1865>

- Seda, M. (2022). The Assignment Problem and Its Relation to Logistics Problems. *Algorithms*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/a15100377>
- Šedivý, J., & Čejka, J. (2021). Optimisation of Distribution Routes for Branch Office of Česká pošta, s.p. (Czech Post). *Transportation Research Procedia*, 53, 252–257. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2021.02.032>
- Shi, K., Huang, L., Jiang, D., Sun, Y., Tong, X., Xie, Y., & Fang, Z. (2022). Path Planning Optimization of Intelligent Vehicle Based on Improved Genetic and Ant Colony Hybrid Algorithm. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.905983>
- Shi, X., Deng, F., Fan, Y., Ma, L., Wang, Y., & Chen, J. (2022). A Two-Stage Hybrid Heuristic Algorithm for Simultaneous Order and Rack Assignment Problems. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 19(4), 2955–2967. <https://doi.org/10.1109/TASE.2021.3100718>
- Soysal, M., Belbağ, S., & Erişkan, S. (2022). Horizontal Collaboration among SMEs through a Supply and Distribution Cooperative. *The Open Transportation Journal*, 16(1). <https://doi.org/10.2174/18744478-v16-e2208101>
- Stodola, P., Otrřisal, P., & Hasilová, K. (2022). Adaptive Ant Colony Optimization with node clustering applied to the Travelling Salesman Problem. *Swarm and Evolutionary Computation*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2022.101056>
- Suárez Luis. (2021a). Planificación eficiente de rutas de distribución. Caso de estudio de una tienda virtual. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15, 86–100. <http://rcci.uci.cu>Pág.86-100

- Suárez Luis. (2021b). Planificación eficiente de rutas de distribución. Caso de estudio de una tienda virtual. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15, 86–100. <http://rcci.uci.cu>Pág.86-100
- Urzúa-Morales, J. G., Sepulveda-Rojas, J. P., Alfaro, M., Fuertes, G., Ternero, R., & Vargas, M. (2020). Logistic modeling of the last mile: Case study Santiago, Chile. *Sustainability (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/su12020648>
- Villarreal Meza, D. C., Cevallos Vizuete, M. G., Arias Portalanza, D. C., & Moya Palacios, K. A. (2022). Optimización de los procesos de logística, su mejora y satisfacción al cliente. *ConcienciaDigital*, 5(1.3), 216–233. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i1.3.2137>
- Wang, K., & Bae, K. H. (2021). In-Depth Learning Layout and Path Optimization of Energy Service Urban Distribution Sites under e-Commerce Environment. *Complexity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6665610>
- Wehbi, L., Bektaş, T., & Iris, Ç. (2022). Optimising vehicle and on-foot porter routing in urban logistics. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103371>
- Yavari, M., & Geraeli, M. (2019). Heuristic method for robust optimization model for green closed-loop supply chain network design of perishable goods. *Journal of Cleaner Production*, 226, 282–305. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.279>
- Yuan, Y., Cattaruzza, D., Ogier, M., Semet, F., & Vigo, D. (2021). A column generation based heuristic for the generalized vehicle routing problem with time windows. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102391>

- Yuan, Y., Li, H., & Ji, L. (2021). Application of Deep Reinforcement Learning Algorithm in Uncertain Logistics Transportation Scheduling. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5672227>
- Zapata, J. (2020). Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte. *Investigación Administrativa*, 49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456063405009>
- Zapata-Cortes, J. A., Arango-Serna, M. D., & Serna-Urán, C. A. (2018). Application of the joint replenishment problem in a collaborative inventory approach to define resupply plans in urban goods distribution contexts. *DYNA (Colombia)*, 85(207), 174–182. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.72546>
- Zhang, Y., & Chen, X. D. (2020). *An Optimization Model for the Vehicle Routing Problem in Multi-product Frozen Food Delivery*.
- Zheng, M., Dong, S., Zhou, Y., & Choi, T.-M. (2022). Sourcing decisions with uncertain time-dependent supply from an unreliable supplier. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2022.11.021>
- Zhu, X., Yan, R., Huang, Z., Wei, W., Yang, J., & Kudratova, S. (2020). Logistic Optimization for Multi Depots Loading Capacitated Electric Vehicle Routing Problem from Low Carbon Perspective. *IEEE Access*, 8, 31934–31947. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2971220>