



UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA
EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A.,
SALINAS - ECUADOR.”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO(A) INDUSTRIAL

AUTORES:

DE LA CRUZ QUIMIS HELEN ANDREA

GUALE TUMBACO AXEL STALYN

TUTOR:

ING. FRANKLIN ENRIQUE REYES SORIANO, MSC.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL

TEMA:

**“OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN
PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA**

SAVINLAB S.A., SALINAS - ECUADOR.”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

DE LA CRUZ QUIMIS HELEN ANDREA

GUALE TUMBACO AXEL STALYN

TUTOR:

ING. FRANKLIN ENRIQUE REYES SORIANO MSC.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

CERTIFICACIÓN

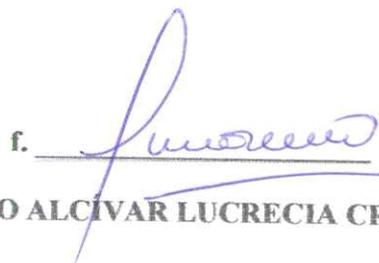
Certificamos que el presente Trabajo de Titulación fue realizado en su totalidad por **Guale Tumbaco Axel Stalyn Y De La Cruz Quimis Helen Andrea**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero(A) Industrial**

TUTOR

f. 

ING. REYES SORIANO FRANKLIN ENRIQUE, MSc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. 

ING. MORENO ALCIVAR LUCRECIA CRISTINA, PhD.

La Libertad, a los 03 días del mes de diciembre del año 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A., SALINAS - ECUADOR.”, elaborado por el Sr. GUALE TUMBACO AXEL STALYN y la Srta. DE LA CRUZ QUIMIS HELEN ANDREA, estudiantes 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 Ingenieros Industriales, p me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR



f. Franklin Enrique Reyes Soriano
ING. REYES SORIANO FRANKLIN ENRIQUE, MSc.

La Libertad, a los 03 días del mes de diciembre del año 2024

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Guale Tumbaco Axel Stalyn Y De La Cruz Quimis Helen Andrea

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A., SALINAS - ECUADOR** previo a la obtención del título de **INGENIERO(A) 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/nuestra total autoría.

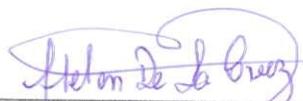
En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 03 días del mes de diciembre del año 2024

AUTORES:

f. 

GALE TUMBACO AXEL STALYN

f. 

DE LA CRUZ QUIMIS HELEN ANDREA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Guale Tumbaco Axel Stalyn Y De La Cruz Quimis Helen Andrea

Autorizamos a la Universidad Estatal Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A., SALINAS - ECUADOR**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 03 días del mes de diciembre del año 2024

AUTORES:

F.

GAULE TUMBACO AXEL STALYN

F.

DE LA CRUZ QUIMIS HELEN ANDREA

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A., SALINAS - ECUADOR” elaborado por el Sr. **GALE TUMBACO AXEL STALYN** y la Srta. **DE LA CRUZ QUIMIS HELEN ANDREA**, egresados 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 URKUND, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 9% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,



ING. REYES SORIANO FRANKLIN ENRIQUE, MSc.

C.C.: 0908335813

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

La Libertad, 9 de diciembre del 2024

CERTIFICADO

MÓNICA TOMALÁ CHAVARRÍA, Licenciada en Lengua y Literatura Española, Docente en la Carrera de Educación Inicial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, certifico que:

He leído, revisado y corregido la redacción en la concordancia, la morfología, la sintaxis y la ortografía del contenido del Trabajo de Integración Curricular **"OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A., SALINAS-ECUADOR"**. Elaborado por los Autores HELEN ANDREA DE LA CRUZ QUIMIS y AXEL STALYN GUALE TUMBACO, previo a la obtención del TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL, CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA de la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.

Debo indicar, además, que es de exclusiva responsabilidad que los Autores cumplan con las sugerencias y recomendaciones dadas en la corrección de la documentación impresa.

Es todo lo que puedo afirmar en honor a la verdad.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
MONICA DOLORES
TOMALA CHAVARRIA

LICENCIADA MÓNICA TOMALÁ CHAVARRÍA, Mag.

DOCENTE

SENESCYT REGISTRO No 1031-1386042144

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que a través del tiempo me guiaron, aportaron y acompañaron durante este largo camino. A mi padre y a mi madre, quienes desde siempre han sido la inspiración más grande para alcanzar esta meta. Sin su guía y sacrificio este logro no sería posible.

A mi enamorada, quien ha sido parte fundamental para la culminación de esta etapa de mi vida. Su apoyo incondicional, paciencia y comprensión en los momentos difíciles me dieron aliento y fuerza para continuar día tras día.

-GRACIAS

Axel Stalyn Guale Tumbaco

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a la vida por permitirme terminar mi carrera profesional. A mi familia, quien ha sido pilar fundamental y me ha brindado apoyo incondicional para poder seguir adelante en mis estudios, sobre todo a mi madre, quien no me ha dejado caer ni una sola vez, pese a circunstancias difíciles, mantuvo siempre su fe y confianza en mí.

Agradezco al Tutor Ing. Franklin Reyes quien, desde el primer semestre hasta el fin de la Carrera, nos motivó para alcanzar esta meta, quien, más de una vez, me brindó un consejo o regaño si era necesario, con el fin de aprender y ser un buen profesional.

A la Ing. Graciela Sosa, por ser parte de este proceso de culminación, por habernos brindado sus conocimientos y guiarnos hacia el camino final de la Carrera.

A mis compañeros y amigos de clases, en especial a Bryan, Axel y Rolando, quienes, junto a mí, cada semestre nos esforzamos por ayudarnos mutuamente, siempre que fuese posible, porque más allá de compartir un aula de clases, compartíamos momentos gratos fuera de ello, los cuales llevaré en mi corazón toda la vida.

A mi compañero de tesis: Axel Guale, de quien he tenido amistad y apoyo incondicional, dentro y fuera de clases, es un placer culminar esta etapa junto a mi amigo desde el preuniversitario.

Por último, agradecer a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por abrirme sus puertas y permitir que curse mi Carrera profesional en ella. Así mismo, a todos los docentes que fueron parte de este desarrollo, quienes me brindaron sus conocimientos día tras día.

Helen Andrea De La Cruz Quimis

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres, quienes, con su amor y ejemplo, me enseñaron a creer en mí mismo y a nunca rendirme. Su apoyo incondicional y sacrificio me han dado la oportunidad de llegar hasta aquí. Gracias por ser mi fuerza y mi inspiración en cada paso de este camino.

A mis docentes, gracias por compartir su conocimiento y por inspirarme a aprender siempre un poco más. A todos, quienes en el transcurso de esta etapa me brindaron apoyo y motivación.

Axel Stalyn Guale Tumbaco

A Dios, por darme las fuerzas que necesitaba cada día para seguir adelante.

A mis padres, por su amor, sacrificio y confianza que pusieron sobre mí, desde el primer momento que me propuse esta meta. Sobre todo, a mi madre, quien, es ejemplo de esfuerzo y perseverancia, me ha inculcado valores y las ganas de salir adelante.

A mi hermano, por su cariño y apoyo, además de ser el motivo de mi dedicación y esfuerzo. A mis amigos, por su compañía en los momentos difíciles que se presentaron en la Carrera, las veces que me consolaron porque las cosas no siempre salen como las planeamos, por aguantarme con todo el estrés encima y aun así seguir a mi lado, dándome ánimos.

Finalmente, a todas aquellas personas que formaron parte de mi vida durante este tiempo y creyeron siempre en mí.

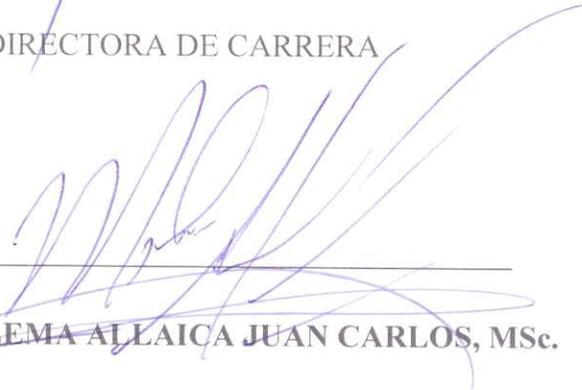
Helen Andrea De La Cruz Quimis

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

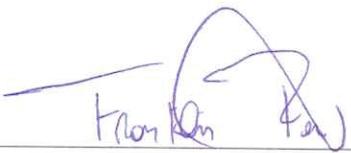
ING. MORENO ALCÍVAR LUCRECIA CRISTINA, PhD.

DIRECTORA DE CARRERA

f. 

ING. MUYULEMA ALLAICA JUAN CARLOS, MSc.

DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

ING. REYES SORIANO FRANKLIN ENRIQUE, MSc.

DOCENTE TUTOR

f. 

Dra. SOSA BUENO GRACIELA CELEDONIA, PhD.

DOCENTE GUÍA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	v
AUTORIZACIÓN.....	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
DEDICATORIA.....	xi
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	xiii
ÍNDICE GENERAL.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxii
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS.....	xxiii
RESUMEN.....	xxiv
ABSTRACT.....	xxv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
1.1. Antecedentes investigativos.....	7
1.2. Estado del arte.....	8
1.2.1. Definiciones para la búsqueda.....	9

1.2.2.	Ejecución de la búsqueda	14
1.2.3.	Discusión de los resultados.....	26
CAPÍTULO II.....		47
MARCO METODOLÓGICO.....		47
2.1.	Enfoque de investigación	47
2.2.	Diseño de investigación	48
2.3.	Procedimiento metodológico.....	49
2.3.1.	Algoritmo genético.....	50
2.4.	Población y muestra	54
2.4.1.	Población	54
2.4.2.	Muestra.....	54
2.5.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos.....	55
2.5.1.	Métodos de recolección de los datos.....	55
2.5.2.	Técnicas de recolección de los datos	56
2.5.3.	Instrumentos de recolección de los datos	58
2.6.	Variables del estudio	59
2.6.1.	Operacionalización de las variables	60
2.7.	Procedimiento para la recolección de los datos.....	68
CAPÍTULO III.....		70
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		70
3.1.	Marco de resultados	70
3.1.1.	Validación del instrumento de recolección de datos.....	70
3.1.2.	Análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach	93
3.1.3.	Datos generales de la empresa	95
3.1.4.	Aplicación del algoritmo heurístico	98

3.1.4.1. Creación de rutas iniciales	102
3.1.4.2. Cálculo de los ahorros:	102
3.1.4.3. Orden de los ahorros de manera descendente:	103
3.1.4.4. Iniciar una ruta para cada cliente:	104
3.1.4.5. Fusión de rutas:	104
3.1.4.6. Finalización. Ruta SAVILAB S.A. Resultados Logrados.....	105
3.1.5. Análisis Financiero.....	107
3.2. Marco de discusión	109
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	112
REFERENCIAS	113
ANEXOS	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Objetivos establecidos.....	10
Tabla 2 Preguntas de investigación.	10
Tabla 3 Alcance de la revisión.	11
Tabla 4 Descriptores de búsqueda.....	11
Tabla 5 Niveles de revisión.....	12
Tabla 6 Criterios de inclusión y exclusión para la metodología propuesta.	12
Tabla 7 Criterios de evaluación de Calidad.	13
Tabla 8 Selección de trabajo primario por base de datos	14
Tabla 9 Palabras claves con mayor coherencia	15
Tabla 10 Países con mayor número de publicaciones	16
Tabla 11 Matriz referencial de artículos analizados.....	17
Tabla 12 Criterios de evaluación aplicados	29
Tabla 13 Clasificación de los Artículos por Calidad.....	29
Tabla 14 Propuesta de aplicación de cada artículo según autores.....	33
Tabla 15 Metodología utilizada en los artículos	36
Tabla 16 Casos con múltiples técnicas cuantitativas.....	43
Tabla 17 Casos con múltiples técnicas	43
Tabla 18 Trabajadores de SAVINLAB S.A.....	54
Tabla 19 CI y CE.....	55
Tabla 20 Muestra bajo criterio por conveniencia.....	55
Tabla 21 Procedimiento Delphi.....	57
Tabla 22 Operación de variable independiente	60
Tabla 23 Operación de variable dependiente	62

Tabla 24 Matriz de consistencia.....	67
Tabla 25 Proceso para la recolección de datos.....	68
Tabla 26 Respuestas de Juicio de Expertos	71
Tabla 27 Validación por parte de los expertos.....	73
Tabla 28 Valor del Alfa de Cronbach.....	94
Tabla 29 Estadística de Fiabilidad.....	94
Tabla 30 Inventario de procesos estándar de la empresa SAVINLAB S.A.....	96
Tabla 31 Ubicación de la empresa	98
Tabla 32 Índices	98
Tabla 33 Parámetros	98
Tabla 34 Pasos para la aplicación del método	100
Tabla 35 Rutas SAVINLAB S.A.	101
Tabla 36 Distancia entre clientes (Kilómetros).....	101
Tabla 37 Longitud de viaje de cada ruta y la carga total de cada vehículo	102
Tabla 38 Matriz de ahorro para cada pareja de clientes (Kilómetros).....	103
Tabla 39 Orden de los ahorros de manera descendente.....	103
Tabla 40 Resumen de la solución del algoritmo de Clarke y Wright.....	105
Tabla 41 Costos asociados al transporte.....	106
Tabla 42 Cálculo de la inversión.....	107
Tabla 43 Cálculos específicos.....	108
Tabla 44 Resultado de las herramientas financieras.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fases del mapeo sistemático de literatura.	9
Figura 2 Mapeo de coocurrencia	15
Figura 3 Análisis temporal de artículos publicados.	26
Figura 4 Comparación de citas y documentos entre países	28
Figura 5 Métodos más utilizados.....	35
Figura 6 Protocolo para la optimización de la logística.	45
Figura 7 Procedimiento metodológico.....	49
Figura 8 Etapas del Algoritmo de Ahorros de Clarke y Wright.....	51
Figura 9 Plan direccionado a recolección de datos.	55
Figura 10 Metodología de Delphi	57
Figura 11 Tiempo promedio de entrega por ruta.....	73
Figura 12 Tiempo promedio de entrega II	74
Figura 13 Porcentaje de entregas puntuales I.....	74
Figura 14 Porcentaje de entregas puntuales II	75
Figura 15 Tiempo total de respuesta a los pedidos I	75
Figura 16 Tiempo total de respuesta a los pedidos II.....	76
Figura 17 Variación de tiempo I	76
Figura 18 Variación de tiempo II	77
Figura 19 Costo promedio de operación por viaje I.....	77
Figura 20 Costo promedio de operación por viaje II.....	78
Figura 21 Reducción de costos de combustible I.....	78
Figura 22 Reducción de costos de combustible II.....	79
Figura 23 Reducción de costos de combustible III	79

Figura 24 Gastos de mantenimiento de la flota I	80
Figura 25 Gastos de mantenimiento de la flota II	80
Figura 26 Gastos de mantenimiento de la flota II	81
Figura 27 Ahorro en costos por uso eficiente de recursos I.....	81
Figura 28 Ahorro en costos por uso eficiente de recursos II	82
Figura 29 Nivel de satisfacción en tiempos de entrega I.....	82
Figura 30 Nivel de satisfacción en tiempos de entrega II.....	83
Figura 31 Percepción de la calidad del servicio I.....	83
Figura 32 Percepción de la calidad del servicio II	84
Figura 33 Número de reclamos o quejas relacionados con el transporte I	84
Figura 34 Número de reclamos o quejas relacionados con el transporte II.....	85
Figura 35 Repetición de pedidos por clientes satisfechos I	85
Figura 36 Repetición de pedidos por clientes satisfechos II.....	86
Figura 37 Nivel de utilización de la flota I	86
Figura 38 Nivel de utilización de la flota II.....	87
Figura 39 Frecuencia de mantenimiento de vehículos I.....	87
Figura 40 Frecuencia de mantenimiento de vehículos II.....	88
Figura 41 Reducción de tiempos de inactividad de los vehículos I	88
Figura 42 Reducción de tiempos de inactividad de los vehículos II	89
Figura 43 Número de vehículos necesarios para cubrir la demanda I.....	89
Figura 44 Número de vehículos necesarios para cubrir la demanda II	90
Figura 45 Porcentaje de reducción de tiempos de espera	90
Figura 46 Impacto de la disminución de tiempos muertos en la operación.....	91
Figura 47 Tiempo de respuesta ante problemas logísticos I	91
Figura 48 Tiempo de respuesta ante problemas logísticos II.....	92

Figura 49 Carga promedio	92
Figura 50 Tiempo promedio	93
Figura 51 Estructura Organizacional de la empresa SAVINLAB S.A.....	97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Obtención de la matriz distancia	117
Anexo B: Obtención de la matriz distancia optimizadas	118
Anexo C: Batería de preguntas.....	119
Anexo D: Entrevista al gerente de SAVINLAB S. A.....	120
Anexo E: Autorización de SAVINLAB S.A.....	121
Anexo F: Solicitud para la Aplicación del Instrumento	122
Anexo G: Validación de experto 1	123
Anexo H: Validación de experto 2	124
Anexo I: Validación de experto 3.....	125
Anexo J: Aceptación del Tutor.....	126

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

CE: Criterios de Exclusión

CI: Criterios de Inclusión

DL: Distribución Logística

MSL: Mapeo Sistemático de la Literatura

PRI: Periodo de Recuperación de la Inversión

PYMES: Pequeñas y medianas empresas

SC: Cadena de Suministros

TIR: Tasa Interna de Retorno

VAN: Valor Actual Neto

VD: Variable Dependiente

VI: Variable Dependiente

VNA: Valor Neto Actual

“OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A., SALINAS - ECUADOR.”

Autores: Guale Tumbaco Axel Stalyn, De La Cruz Quimis Helen Andrea
Tutor: Ing. Franklin Reyes

RESUMEN

A nivel global, las empresas costean grandes cantidades por transportar sus productos de un lugar a otro, por esto, se estima que el valor de la logística implica el 90% del costo de una gran variedad de productos. En Latinoamérica, estos costos, generalmente, son de entre un 10% y un 15% de las ventas, así mismo, en Ecuador, los costos de distribución ocupan el 16.5% del total. La presente investigación tiene como objetivo principal optimizar los métodos de distribución, mediante, el uso de técnicas pertinentes para la mejora de la eficiencia del transporte de la empresa objeto de estudio. La metodología de investigación tiene un enfoque cuantitativo bajo el método descriptivo y correlacional; se fundamentó, mediante, la técnica de la encuesta y los datos fueron validados mediante el Alfa de Cronbach. En los resultados, se demostró la validez del uso del algoritmo de ahorro de Clare & Wright para la optimización de las operaciones de transporte, esto permitió la aplicación y el cálculo de este modelo por medio del software Wolfram que permite realizar las operaciones matemáticas, de forma precisa. Se concluye que la solución propuesta permitió optimizar las rutas de la empresa, así como reducir el uso de recursos en la logística de distribución; por esto, el porcentaje de mejora en la eficiencia del transporte de la empresa SavinLab S.A. se calculó en 9.59%, estableciendo la eficiencia en 95.85% para las operaciones logísticas.

Palabras claves: (optimización, logística, distribución, transporte, eficiencia, optimización de la logística).

“OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION LOGISTICS FOR
TRANSPORTATION EFFICIENCY IN THE COMPANY SAVINLAB S.A.,
SALINAS - ECUADOR.”

Authors: Gualumbaco Axel Stalyn, De La Cruz Quimis Helen Andrea
Tutor: Ing. Franklin Reyes

ABSTRACT

Globally, companies pay large amounts to transport their products from one place to another, therefore, it is estimated that the value of logistics involves 90% of the cost of a wide variety of products. In Latin America, these costs are generally between 10% and 15% of sales, and in Ecuador, distribution costs occupy 16.5% of the total. The main objective of this research is to optimize distribution methods using relevant techniques to improve the efficiency of the company's transportation. The research methodology has a quantitative approach under the descriptive and correlational method; it was based on the survey technique and the data was validated using Cronbach's Alpha. The results demonstrated the validity of using the Clare & Wright savings algorithm for the optimization of transportation operations, which allowed the application and calculation of this model through Wolfram software that allows mathematical operations to be performed accurately. It is concluded that the proposed solution allowed the company to optimize its routes, as well as reduce the use of resources in distribution logistics; therefore, the percentage of improvement in the transport efficiency of the company SavinLab S.A. was calculated at 9.59%, establishing efficiency at 95.85% for logistics operations.

Keywords: (optimization, logistics, distribution, transportation, efficiency, logistics optimization)

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las empresas costean grandes cantidades por transporte para transferir sus productos de un lugar a otro. Por esto, numerosos profesionales e investigadores de la logística han intentado encontrar la mejor forma de determinar las rutas de transporte óptimas para entregar los productos a los clientes (Siwaporn, 2021). Las tendencias que rigen al sector logístico tales como: los cambios climáticos, cambios tecnológicos, cambios sociales, cambios demográficos, cambio en los poderes económicos y en la urbanización han causado que los costos logísticos se hayan incrementado, por ende, se estima que la logística implica el 90% de los costos de una gran variedad de productos (Jair & Acosta, 2016). Según Oviedo & López, (2023) mencionaron la importancia de las actividades logísticas haciendo hincapié en la necesidad de innovar, de forma permanente, para incrementar la satisfacción al cliente de forma continua.

En Latinoamérica, la logística ha tomado gran relevancia en las empresas manufactureras, debido a que los costos de ésta, generalmente, son de entre un 10% y un 15% de las ventas, por lo que, ésta puede representar un ahorro en los recursos que se utilizan (Onofre, 2020). Así mismo, Mora (2023) menciona que, la logística incide en varias áreas dentro de una empresa, desde la compra de la materia prima hasta el servicio postventa. Por esto, el mismo sistema logístico no puede aplicarse a todas las compañías; más bien, es necesario un modelo que se adapte a las necesidades de cada la organización.

Los modelos logísticos de minimización de rutas parten de la premisa de que el costo de transportar mercancías en una ruta está, directamente, relacionado con la cantidad de unidades trasladadas. El objetivo de estos modelos es calcular las distancias entre los clientes, de manera que, se minimice el costo del transporte y se cumplan simultáneamente las restricciones de oferta y demanda (Serrano & Montero, 2019). Así mismo, la optimización de rutas se refiere a todas las acciones que buscan mejorar la eficiencia en la distribución, ya sea en términos de nivel de servicio, calidad mejorada o reducción de costos. (Berrones, 2021). Por este motivo, un buen diseño de las rutas de los vehículos puede reducir los gastos de transporte provenientes de la distancia y el tiempo (Siwaporn, 2021).

En Ecuador, el análisis de los costos en el sector logístico es relevante para garantizar las operaciones del negocio, los costos logísticos de mayor relevancia que incurren en las medianas y pequeñas empresas, muchas veces no identificadas como tal. La gestión de compras con un porcentaje equivalente al 24,3%, es el mayor costo según los datos; el 19,1%

a costos de almacenamiento; el 16,5% a costos de distribución; el 13,9% a costos de stocks (García et al., 2017). Berrones (2021) afirma que examinar los costos asociados al transporte de mercancías proporciona datos significativos sobre el rendimiento de las operaciones, y, en términos generales, en cualquier proceso de toma de decisiones. De esta forma, las empresas necesitan conocer sus costos para eliminar estructuras no productivas e incrementar su competitividad y eficiencia a largo plazo dentro del mercado.

Ecuador es un país con una diversidad geográfica amplia, la región ecuatorial cuenta con dos áreas urbanas donde se concentra la mayor actividad, siendo un país de tamaño limitado e igual población de 16 millones de personas. La mayoría de los habitantes se encuentran, principalmente, en los departamentos de Guayas, Pichincha y Manabí, concentrando un 53.5% de la población del país (INEC, 2022).

La provincia de Santa Elena ocupa un papel fundamental en la industria del cultivo de camarón. Bastión y cuna de los laboratorios de maduración y postlarva del mejor camarón del mundo, las que se comercializan a todo el sector productivo nacional; de igual forma, mantiene un aproximado de 8.000 hectáreas de producción que representan alrededor del 3.01% del total de hectáreas destinadas al cultivo (CAN, 2024).

La provincia de Santa Elena está constituida por tres cantones Salinas, La Libertad y Santa Elena siendo esta la capital de la provincia. En este contexto, Savinlab S. A. es una empresa, ubicada en el cantón Salinas, que se encuentra en desarrollo, su actividad principal es criar y producir larvas de camarón. En este entorno controlado, se llevan a cabo diversos procesos para asegurar la calidad y el crecimiento óptimo de las larvas. Así mismo, una vez finalizado el proceso de producción, la empresa distribuye su producto terminado a diferentes empresas a nivel nacional (SavinLab S.A., 2022). Sin embargo, se han presentado problemas de ineficiencia en sus rutas de distribución y un control logístico inadecuado en la entrega de sus productos. Bajo esta información, se presenta la necesidad de optimizar la logística de distribución de Savinlab S.A., utilizando métodos de optimización las rutas que le permitan aumentar la eficiencia del transporte de sus productos hacia los clientes.

Con base en esto, se desarrollaron 3 capítulos que se describen a continuación:

Capítulo I: Se exponen los antecedentes investigativos, además, se elabora un estado del arte por medio de un Mapeo Sistemático de la Literatura (MSL), que permite la recopilación de información proveniente de artículos científicos para brindar información actualizada de la logística de distribución.

Capítulo II: En este capítulo se expone la metodología que se empleará para llevar a cabo esta investigación y para llegar a los resultados deseados, lo que incluye la presentación de los métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos. Con la finalidad de presentar un método para una logística de distribución optimizada.

Capítulo III: Se presentan los resultados obtenidos en la recolección de datos, del mismo modo, se ejecuta la metodología propuesta en el capítulo anterior para la obtención de los resultados y su análisis posterior para el cumplimiento de los objetivos de la investigación que se presentan más adelante.

Planteamiento del Problema

A nivel global, la logística de distribución en las actividades camaroneras enfrenta múltiples desafíos que afectan su eficiencia y sostenibilidad, esto es, debido a la falta de optimización en las rutas de distribución y un control logístico inadecuado en la entrega de productos como las larvas de camarón, resultan en costos de transporte elevados (Mosallanezhad et al., 2021). Minetti et al., (2022) afirma que la actual problemática logística radica en establecer modelos de transporte adecuados a las necesidades actuales de las empresas, asegurando rutas eficientes para la distribución entre bodegas y despachos, es necesario, conseguir una eficiencia de los procesos logísticos para obtener una relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados, medidos por el cumplimiento de objetivos al menor costo unitario posible.

El sector de la acuicultura de camarón, a nivel global, enfrentó importantes desafíos en la logística de distribución, exacerbados por los fluctuantes costos de producción, la disminución de los precios en origen y las dinámicas debilitadas del comercio internacional, especialmente, en mercados tradicionales importantes (FAO, 2023). Mosallanezhad et al., (2021) afirma que, en la actualidad, la misma industria debe lidiar con problemas como la fluctuación de los precios del combustible y la competencia por recursos y mano de obra, complicando aún más la distribución. Es decir que, todos estos factores combinados con la necesidad de mantener un equilibrio en la carga de mercancías para garantizar la seguridad en el transporte crean un entorno complejo para las empresas camaroneras.

En América Latina, la logística de distribución enfrenta desafíos significativos debido a los retrasos en las importaciones de insumos y la escasez de materias primas, lo cual continúa afectando la producción manufacturera en el último año. Según Tsai et al., (2023), los fabricantes en la región han reportaron graves retrasos en los plazos de entrega debido a problemas persistentes, resultando el tercer aumento más rápido registrado en los precios de compra. Es decir, es visible la necesidad urgente de mejorar la eficiencia y la gestión de la

cadena de suministro en América Latina para mitigar los impactos adversos en la producción y competitividad industrial.

Aunque la utilización de modelos de optimización para la logística en empresas con actividades pesqueras es implementada con mayor frecuencia, la ausencia de una red de transporte bien definida y eficiente contribuye a estas dificultades en pequeñas empresas (Rodríguez et al., 2022). Según FAO, (2023) indica la importancia de la necesidad crítica de estrategias de distribución adaptables diseñadas para las complejas cadenas logísticas del camarón y subraya la necesidad urgente de mejorar la gestión y optimización de la cadena de suministro en este sector.

En el Ecuador, la gestión logística en micro y pequeñas empresas (MIPYMES), han enfrentado un desarrollo limitado en comparación con sus contrapartes medianas y grandes, además, se han identificado distintas diferencias significativas en variables relacionadas con funciones administrativas, procesos de abastecimiento, almacenamiento, producción, distribución y logística inversa (Zúñiga et al., 2022). Por esto, las herramientas y métodos administrativos diseñados para grandes empresas no son, directamente, aplicables a las MIPYMES debido a sus características únicas y se recomienda una adaptación con cautela del conocimiento y de las herramientas metodológicas disponibles para la administración de empresas al contexto específico de las organizaciones pequeñas.

La provincia de Santa Elena es uno de los principales actores en el cultivo de larvas de camarón, etapa a la que se suman las fases de procesamiento y comercialización de éstas (CAN, 2024). Así mismo, en la provincia y en el cantón Salinas, existe un vacío de conocimiento sobre métodos de optimización de la logística de transporte, para las empresas dedicadas a la cría de larvas de camarón.

La empresa Savinlab S.A., dedicada a la explotación de criaderos de camarones y laboratorios de larvas de camarón, enfrenta problemas en sus rutas de distribución y un control logístico deficiente en la distribución de larvas de camarón, esta misma falta de optimización en los procesos de distribución resulta en costos de transporte elevados lo que genera aumento en el precio de sus productos. En la actualidad, Savinlab S.A. enfrenta desafíos en la optimización de sus rutas de comercialización de larvas de camarón, así mismo, la falta de investigación y soluciones logísticas avanzadas limitan su capacidad para reducir los costos y mejorar la eficiencia. Por lo tanto, se propone implementar un método que le permita a la empresa lograr mejoras en la eficiencia operacional.

Formulación del problema de investigación

¿Cómo la optimización de la logística de distribución permite la eficiencia de transporte en la empresa SAVINLAB S.A.?

Alcance de la Investigación:

Este proyecto tuvo como finalidad optimizar la logística de distribución de la empresa SAVINLAB S.A., ubicada en Salinas, Ecuador para mejorar la eficiencia del transporte de las larvas de camarón hacia sus clientes. El conocimiento sobre la logística de distribución permite a las organizaciones tener en cuenta los costos asociados a ella y, con esta información, proceder a la toma de decisiones que les permitan reducir costos para maximizar sus ingresos. Con esta investigación, se pretende lograr la eficiencia en el transporte de los productos de la empresa SAVINLAB S.A., mediante, un modelado de transporte, se optimizarán las mejores rutas para la distribución de los productos terminados.

Se realizó una introducción sobre la problemática y se cumplió con los objetivos establecidos. En el primer capítulo, se expuso el estado del arte de la investigación, En el segundo capítulo, se planeó el marco metodológico, determinando los procesos y métodos para dar solución a la problemática planteada. En el tercer capítulo, se presentaron los resultados y la discusión de la investigación, y finalmente, se incluyeron las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos generados a partir de la investigación.

Justificación de la investigación

Para la solución de problemas existentes, es necesario, una correcta gestión de la logística, mediante, la incorporación de sistemas inteligentes, como el sector logístico crece de forma rápida el diseño de un sistema de optimización en la logística de distribución tiene una alta importancia dentro de una empresa (Gupta et al., 2024).

Según Pamucar et al., (2022), aplicar un diseño de distribución logística eficiente contribuye a la sostenibilidad reduciendo de emisiones de carbono y el consumo de combustible, y reforzando el bienestar de la comunidad. En este sentido, la trascendencia de esta investigación se sostiene puesto que en la empresa SAVINLAB S.A se debe de mejorar la optimización de la logística de distribución ya que es una solución adecuada dentro de la misma empresa, puesto que, la reducción de sus costos de logística le permitirán lograr una mejora en la eficiencia de su transporte.

Este estudio, también, tiene originalidad, debido a que, no solo aborda la optimización logística de manera integral, sino que se adapta a soluciones específicas centradas en una empresa, en particular, y en un entorno local, con metodologías y herramientas que no se han usado en otras investigaciones dentro del cantón Salinas (Rodríguez et al., 2022).

La viabilidad del estudio de investigación se debe al acceso y cooperación de las instalaciones del lugar de estudio para la obtención de datos, para obtener información específica de los procesos productivos, de distribución y de abastecimiento, lo que asegura la factibilidad del estudio. Según Grosse et al., (2023) los recursos humanos y técnicos necesarios para llevar a cabo la investigación están disponibles en relación con la producción y a la logística.

De acuerdo con Aljanabi et al., (2024), el costo del combustible es un factor relevante en la optimización de la logística de distribución. En este sentido, los resultados de esta investigación tendrán un beneficio directo en la empresa SAVINLAB S.A., en la reducción del gasto del combustible y del costo de este recurso. Además, se tiene beneficio externo, el cual va dirigido hacia los clientes, en la satisfacción de la entrega rápida y confiable del producto.

La propuesta planteada en el estudio tiene como finalidad que la empresa pueda implementar un diseño para la mejora de la eficiencia de la logística de distribución, permitiendo la reducción de los costos de transporte y al mismo tiempo, reduciendo el uso de los recursos utilizados.

Objetivos:

Objetivos General

Optimizar los métodos de distribución logísticas mediante el uso de técnicas pertinentes para la mejora de la eficiencia del transporte en SAVINLAB S. A., Salinas – Ecuador.

Objetivos Específicos

- I. Construir un estado del arte, mediante un mapeo sistemático de literatura para brindar información actualizada de la logística de distribución.
- II. Esquematizar un marco metodológico, basado en métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos para la obtención de información pertinente y consistente.
- III. Establecer un modelo optimizado de la logística de distribución a través de programas especializados que permita la eficiencia del transporte en Savinlab S.A.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

Los antecedentes investigativos en el ámbito de la optimización logística para la eficiencia en el transporte han demostrado una creciente relevancia en los últimos años, particularmente, debido a la presión para reducir los costos operativos y mejorar la sostenibilidad de las cadenas de suministro (Ma & Wang, 2022). Estas herramientas permiten gestionar la distribución con mayor precisión, mejorando la eficiencia en la entrega de productos y reduciendo costos operativos.

De tal manera que, Ma & Wang (2022) desarrollaron un modelo basado en RFID (Identificación por Radio Frecuencia) y sensores para optimizar rutas, considerando factores como el peso de la carga y las condiciones del transporte, logrando reducir los tiempos de proceso a menos de dos minutos en comparación con métodos tradicionales (Liu, 2024). De manera complementaria, Meza et al. (2022) subrayaron la importancia de la logística como un factor clave para la satisfacción del cliente, destacando que, un enfoque en las "7 C's" producto, cantidad, condiciones, lugar, tiempo, cliente y costo correctos asegura el éxito empresarial.

Además, investigaciones recientes han resaltado la importancia de la sostenibilidad. Urzúa et al. (2020) propusieron un sistema de distribución optimizado para minimizar el impacto ambiental, lo que resultó en la reducción de 1.103 horas de interrupciones anuales debido a la congestión vehicular. Esto, evidencia cómo la optimización logística no solo mejora la eficiencia operativa, sino que, también, contribuye a la sostenibilidad.

En el contexto regional, la logística se ha consolidado como un pilar fundamental para la competitividad de las empresas. El análisis de Urzúa et al. (2020) destaca que la optimización logística en entornos urbanos permite no solo mejorar la distribución, sino también, reducir los efectos negativos sobre el medioambiente, mediante, una mejor gestión del tráfico. Por otro lado, Jeong & Lee (2019) demostraron que el uso de múltiples medios de transporte facilita la reducción de los tiempos de entrega, lo que incrementa la calidad del servicio al cliente y reduce significativamente los costos operativos. Estos avances benefician, especialmente a empresas nacionales, donde las condiciones del tráfico y la infraestructura vial pueden limitar la eficiencia del transporte (Chen et al., 2024; Liu, 2024).

Los estudios han revelado cómo la implementación de estrategias logísticas adecuadas impacta positivamente en la operación diaria de las empresas. Meza et al. (2022) enfatizan que

la aplicación correcta de la logística, basada en las "7 C's", puede generar beneficios significativos para la viabilidad de las empresas. Por otro lado, Jeong & Lee (2019) sugieren que la adopción de modelos matemáticos para optimizar la distribución logra una mejor eficiencia en los tiempos de entrega, aspecto crucial para satisfacer las expectativas del cliente y reducir costos en operaciones logísticas complejas.

Al tener en cuenta las investigaciones mencionadas previamente, se logró evidenciar que una logística de distribución optimizada es de crucial importancia para las empresas que buscan minimizar las diferentes variables que pueden afectar negativamente a la eficiencia del transporte. Para llevar esto a cabo se han utilizado diferentes metodologías que permiten mejorar los tiempos de entrega, reducir las distancias, optimizar las rutas, entre otros beneficios.

El presente trabajo permitió encontrar un método eficaz de optimización aplicable a la empresa, impulsando un aumento de la eficiencia en los costos del transporte de sus productos, mediante, un estado del arte pertinente y consistente que nos brinde una visión sobre los avances en el conocimiento sobre la logística de distribución.

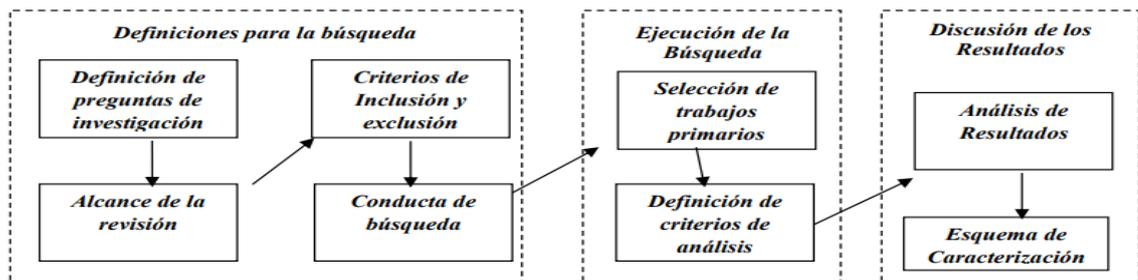
1.2. Estado del arte

Los especialistas y académicos se dedican, profundamente a abordar los desafíos sociales, políticos, económicos y ambientales que impactan en diversos aspectos de la sociedad, en un contexto donde la optimización de la logística ha sido abordada en la literatura desde diferentes enfoques metodológicos. Se han utilizado tanto revisiones como mapeos sistemáticos para sintetizar las contribuciones en este campo. En esta investigación, el estado del arte se organiza siguiendo el proceso del mapeo sistemático basado en Secinaro et al., (2022), el cual permite analizar exhaustivamente los métodos empleados.

El mapeo sistemático se configura como una herramienta estratégica que proporciona una visión integral del panorama investigativo, ya que clasifica y cuantifica las contribuciones existentes. A diferencia de otros enfoques, este tipo de revisión de literatura se enfoca en establecer preguntas amplias, permitiendo detectar vacíos en el conocimiento que necesiten de mayor exploración (Ruiz & Glasserman, 2021).

En este contexto, el protocolo propuesto nos brinda un enfoque metodológico replicable para construir el estudio. Se expone, de manera más detallada, el esquema del proceso en la Figura 1. Basado en la metodología propuesta por Secinaro et al., (2022), se presentan 3 fases en las cuales se encuentran la definición para la búsqueda, la ejecución de la búsqueda y la discusión de los resultados.

Figura 1 Fases del mapeo sistemático de literatura.



Nota: Basado en Secinaro et al., (2022) replicado por (Muyulema & Molina, 2024)

A continuación, se describen las etapas fundamentales del protocolo de investigación aplicado para la realización del mapeo sistemático de la literatura. Este enfoque metodológico permite llevar a cabo un análisis exhaustivo y ordenado, asegurando la identificación precisa de estudios relevantes y el reconocimiento de patrones, tendencias y vacíos en el conocimiento. Además, facilita la integración de resultados previos, garantizando que la investigación se construya sobre una base sólida y se alinee con las necesidades actuales del campo.

1.2.1. Definiciones para la búsqueda

Planteamiento de preguntas de investigación

La integración de un proceso bien planificado y criterios estrictos asegura una revisión sistemática que cumple con los estándares de calidad y relevancia científica. El primer paso en la investigación consiste en establecer una definición clara y concisa de los conceptos fundamentales que se relacionan con el tema de estudio. Posteriormente, se seleccionan estudios relevantes que aporten información útil y pertinente sobre el tema específico de la investigación. Durante esta etapa, se toman decisiones cruciales que impactarán el desarrollo del estudio de mapeo, utilizando el conocimiento previo para guiar las acciones y anticipar resultados.

- I. Formulación de preguntas de investigación: Las preguntas que guiarán la investigación, que serán presentadas en la Tabla 2, fueron elaboradas en función de los objetivos establecidos en la Tabla 1. Se consideraron aspectos conceptuales para definir los objetivos de la revisión, mientras que los aspectos operativos ayudaron a determinar las preguntas que facilitarían el cumplimiento de dichos objetivos.

Se consideraron, únicamente, los aspectos conceptuales para definir los objetivos de la revisión, mientras que se tuvieron en cuenta los aspectos operativos para determinar las preguntas que ayudarán a cumplir dichos objetivos. En la Tabla 1, se delinearán 3 objetivos (OB) principales, de los cuales el primero permite evaluar el interés hacia las variables, el segundo

trata de determinar la calidad del artículo mediante criterios definidos y el tercero nos permite recolectar información necesaria para analizar los resultados.

Tabla 1 Objetivos establecidos.

OB	Objetivos
OB1	Evaluar el grado de interés y dedicación de la comunidad científica hacia las variables de estudio en años recientes mediante su clasificación.
OB2	Determinar la calidad de cada artículo seleccionado utilizando los criterios definidos en la tabla de evaluación de artículos primarios.
OB3	Recolectar información sobre definiciones conceptuales, propuestas, validaciones, procesos y enfoques de investigación para analizar el progreso logrado en los estudios.

Nota: Elaborado por autores.

Las preguntas de investigación presentadas en la Tabla 2 se diseñaron para abordar los objetivos específicos de la investigación. Este enfoque integral y sistemático asegura que se consideren todos los aspectos relevantes del tema, lo que permite identificar oportunidades de mejora en la logística de distribución y, en consecuencia, en la eficiencia del transporte dentro de la empresa. Al considerar diferentes perspectivas y enfoques, se busca no solo comprender el estado actual de la logística, sino también proponer soluciones innovadoras y efectivas para su optimización.

Tabla 2 Preguntas de investigación.

Número	Pregunta	
P1	¿Cómo se distribuyen, temporalmente, los artículos seleccionados sobre la optimización de la logística de distribución y su impacto en la eficiencia del transporte?	OB1
P2	¿Cuál es el nivel de calidad de los artículos seleccionados que abordan la optimización de la logística de distribución?	OB2
P3	¿Qué propuestas de solución se han presentado en la literatura para mejorar la logística de distribución y aumentar la eficiencia del transporte?	
P4	¿Qué métodos se han utilizado para recopilar datos en estudios relacionados con la optimización de la logística de distribución y su efecto en el transporte?	OB3

Nota: Elaborado por autores.

Alcance de la revisión

Al delimitar el alcance de la revisión, se simplifica la identificación de vacíos en la literatura. Para garantizar la inclusión de artículos de relevancia, se enfocó la búsqueda en

aspectos como el objetivo, el ámbito temático, el dominio de investigación, el idioma y el año de la publicación. Estos aspectos se expresan en la Tabla 3.

Tabla 3 Alcance de la revisión.

Objetivo	Identificar tendencias en la investigación sobre métodos para optimizar la logística de distribución.
Ámbito temático	Modelos de optimización logística, eficiencia en el transporte, gestión de la cadena de suministro, análisis de la cadena de suministro.
Dominio de investigación	Se incluyeron temas claves como la eficiencia en el transporte, análisis de costos y beneficios, gestión de cadena de suministro, optimización logística.
Idioma	Se incluyeron artículos en inglés y español para contar con una amplia variedad de estudios.
Año de publicación	Se analizaron documentos de entre el 1 de enero del 2020 hasta el 26 de noviembre del 2024.

Nota: Elaborado por autores.

II. Búsqueda de artículos: Para llevar a cabo esta investigación, se implementó una estrategia de búsqueda en bases de datos en línea reconocidas, Scopus, ScienceDirect, Dimension. La elección de estas bases de datos se fundamenta en su capacidad comprobada para correlacionar el número de documentos con las citas recibidas, permitiendo así un análisis más profundo de las métricas científicas. La Tabla 4 detalla los descriptores de búsqueda utilizada en cada plataforma.

Tabla 4 Descriptores de búsqueda.

Base de datos	Descriptores de búsqueda
ScienceDirect	TITLE: "logistics optimization AND TITLE: "transport efficiency" AND "distribution" Refined by: YEARS OF PUBLICATION: (2024 OR 2023 OR 2022 OR 2021 OR 2020)
Scopus	TITLE-ABS-KEY ("logistics optimization" OR "transport efficiency") AND TITLE-ABS-KEY ("distribution") AND PUBYEAR > 2019
Dimensions	"Distribution logistics optimization", "transportation efficiency", "distribution"

Nota: Elaborado por autores.

Criterios de inclusión y exclusión

En esta fase, se establecieron criterios de inclusión (CI) y exclusión (CE), teniendo en cuenta lo que menciona Secinaro et al., (2022) la elección de los artículos se puede clasificar en tres niveles que nos permiten minimizar la cantidad de estudios a tomar en cuenta. En la Tabla 5, se expresan los niveles revisión.

Tabla 5 Niveles de revisión.

Nivel	
Primer nivel	Revisión del título del artículo.
Segundo nivel	Revisión del resumen, introducción y conclusiones.
Tercer nivel	Revisión de la totalidad del texto para establecer si cumple con los criterios de indagación.

Nota: Elaborado por autores.

La implementación de criterios de inclusión (CI) y exclusión (CE) que permiten contener la búsqueda de información, se llevó a cabo de manera sistemática, como se detalla en la Tabla 6, asegurando que la revisión esté centrada en la optimización de la logística de distribución. En este sentido, se proponen lo siguientes CI y CE:

Tabla 6 Criterios de inclusión y exclusión para la metodología propuesta.

CÓDIGO	Criterios de inclusión (CI)
CI A	Investigaciones sobre optimización logística y eficiencia del transporte en Scopus, Dimensions, ScienDirect
CI B	Limitación a artículos publicados en revistas de alto impacto.
CI C	Artículos cuyo resumen presenta referencias sobre optimización logística.
CI D	Artículos publicados entre 2020 y 2024.
CI E	Artículos pertinentes al tema de logística de distribución.
Criterios de exclusión (CE)	
CE A	Exclusión de estudios que no abordan la logística o eficiencia del transporte.
CE B	Exclusión de artículos no publicados en revistas de alto impacto o no disponibles en inglés o español.

Nota: Elaborado por autores.

Conducta de búsqueda

En este apartado, se evaluó la calidad y pertinencia de los 35 artículos seleccionados, se empleará un método basado en nueve criterios específicos propuestos por Secinaro et al.,

(2022). Este enfoque asigna tres niveles de puntuación: no cumple (-1), cumple parcialmente (0) y cumple (+1), permitiendo que la calificación final de cada artículo oscile entre **-9 y +9**. Cabe destacar que esta evaluación no tiene como fin excluir automáticamente los estudios con puntajes bajos, sino priorizar aquellos más relevantes para la investigación. Los criterios utilizados para esta valoración se encuentran detallados en la Tabla 7.

Tabla 7 Criterios de evaluación de Calidad.

N°	Criterio de evaluación	Puntuación		
		+1	0	-1
1	El artículo aborda, de manera significativa, la optimización de la logística, incluyendo estrategias de mejora	Sí	Parcialmente	No
2	El artículo presenta una descripción clara del problema de investigación.	Sí	Parcialmente	No
3	Sigue un proceso de investigación estructurado y bien fundamentado.	Sí	Parcialmente	No
4	Proporciona una definición precisa sobre la gestión de la calidad.	Sí	Parcialmente	No
5	Presenta métodos y herramientas concretas para desarrollar la propuesta.	Sí	Parcialmente	No
6	El artículo propone métodos efectivos para medir el impacto de la optimización de la logística	Sí	Parcialmente	No
7	Expone, claramente, los resultados obtenidos tras validar la propuesta.	Sí	Parcialmente	No
8	Destaca las contribuciones significativas de la investigación hacia la optimización de la logística	Sí	Parcialmente	No
9	El artículo ha sido citado por otros autores, lo que indica su impacto en la optimización de la logística	$n > 10$	$11 \leq n \leq 10$	$n = 0$

Nota: Basado en Secinaro et al., 2022).

1.2.2. Ejecución de la búsqueda

Selección de trabajos primarios

Se empezó con una indagación inicial en las bases de datos antes mencionadas encontrándose un total de 5,574 publicaciones relacionadas con el tema de investigación. Aplicando los criterios de exclusión e inclusión en que se obtuvo como resultado 69 artículos, en el cual se excluyeron 24 escritos debido a que no cumplían con los criterios de calidad, de igual manera, se excluyeron 10 artículos debido a que se encontraban repetidos en las bases de datos, esto dejó un total de 35 artículos. En la Tabla 8, se encuentra detallada la base de datos, la frecuencia, criterios de exclusión y su porcentaje representativo en la selección de trabajos primarios.

Tabla 8 Selección de trabajo primario por base de datos

Base de datos	Frecuencia	Criterios de exclusión	Diferencia	Porcentaje
Dimensions	2176	2161	15	39%
ScienceDirect	1838	1838	9	33%
Scopus	1560	1549	11	28%
Total	5574	5548	35	100%

Nota: Elaborado por autores.

El análisis abarcó dos etapas aplicando el software VOSviewer, basado en Reyes-Soriano et al., (2022): mapeo de coocurrencia y matriz de coautoría. En el que el mapeo de coocurrencia sondea la relación de las palabras claves de los artículos científicos. El software VOSviewer realiza una visualización detallada de estas conexiones proporcionando una visión de la estructura. La matriz de coautoría analiza las distintas interacciones entre países, autores e instituciones destacando los principales autores y centros de investigación, este análisis desarrolla una visión y evolución de la investigación.

Para el mapeo de coocurrencias, se analizaron todas las palabras clave extraídas de los artículos, utilizando un umbral de 2 apariciones por palabra clave. De 436 palabras clave en 35 artículos, solo cumplieron 14 este criterio. Esto asegura que el análisis se enfoque en términos relevantes, revelando patrones y relaciones significativas entre conceptos. Como se refleja en la Tabla 9 las palabras más concurrentes fueron optimización, logística, optimización multiobjetivo, gestión de la cadena de suministro, con unos pesos de ocurrencia de 16, 4, 7, 4, respectivamente.

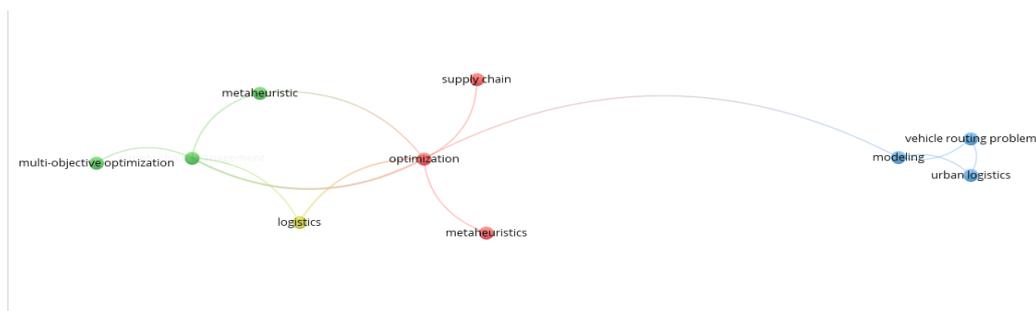
Tabla 9 Palabras claves con mayor coherencia

Nº	Palabra clave	Traducción palabra clave	Numero de clúster	Enlaces	Ocurrencias
1	Logistics	Logística	4	2	4
2	Optimization	Optimización	1	6	16
3	Multi-objective optimization	Optimización multiobjetivo	2	1	7
4	Supply chain management	Gestión de la cadena de suministro	2	4	4
5	Metaheuristic	Metaheurística	2	2	3
6	Supply chain	Cadena de suministro	1	1	2
7	Metaheuristics	Metaheurística	1	1	3
8	Modeling	Modelado	3	3	2
9	Urban logistics	Logística Urbana	3	2	2
10	Vehicle routing problem	Problema de enrutamiento de vehículos	3	2	3

Nota: Elaborado por autores.

La concurrencia de las palabras se ilustró a través de una visualización en red en el que presenta una gráfica de como los términos se agrupan y se relacionan dentro de la investigación. En la Figura 2 se puede apreciar que las 14 palabras claves se organiza en cuatro clústers, esta se diferencia por los colores rojo, azul, amarillo y verde. Está segmentación detalla cómo las palabras claves tienden a relacionarse. Los círculos más grandes y los textos más destacados representan palabras con mayor frecuencia de aparición y relevancia en el grupo. Entre los diferentes ítems representan la relación entre las palabras claves, términos cercanos poseen una mayor concurrencia

Figura 2 Mapeo de coocurrencia



Nota: Elaborado por autores.

En la Tabla 10, se presentan los 7 principales países que aportan con estudios realizados sobre logística, estos países publicaron 28 y recibieron 411 citas. Esta distribución recalca la relevancia de estos países en la generación de investigación sobre la optimización de la logística de distribución.

Tabla 10 Países con mayor número de publicaciones

Nº	País	Documentos	Citas
1	Estados Unidos	8	90
2	China	6	75
3	Alemania	5	88
4	Japón	4	40
5	Países Bajos	4	75
6	Reino Unido	1	43
7	India	1	27

Nota: Elaborado por autores.

Como se obtuvo, en la Tabla 10, el país que lidera la publicación de artículos sobre la optimización de la logística de distribución es Estados Unidos seguido por China, Alemania y Japón, con una cantidad de documentos de 6, 5, 4 respectivamente. Por último, se encuentran Países Bajos, Reino Unido e India, con 4, 1, 1 artículos respectivamente.

Definición de criterios de análisis

Es fundamental realizar un análisis detallado para comprender cómo los artículos han contribuido al desarrollo del conocimiento. En este tipo de revisión, la definición de los criterios de análisis establece los parámetros para sintetizar y evaluar la literatura escogida. En la Tabla 2 se presentan las preguntas de investigación, en la Tabla 4 se encuentran detallados los descriptores de búsqueda y en la Tabla 6 los criterios de inclusión y exclusión. Y, por último, en la Tabla 7 (Criterios de Evaluación de la Calidad) se emplea para asegurar la validez y rigurosidad de los estudios.

Extracción de datos y mapeo de estudios: en esta etapa, a cada artículo le fue asignado un código específico que facilitó su documentación en el proceso de investigación. Para optimizar este punto, se organizó el contenido de los artículos como los metadatos relevantes, aseverando que se alinearan con las preguntas de investigación. Para esto, en la Tabla 11 se muestra una matriz referencial como herramienta para un análisis sistemático de la información obtenida, se encuentran detallados aspectos como el título, el autor, entre otros.

Tabla 11 Matriz referencial de artículos analizados.

Artículo	Título	Autor	Año	Resultado
A1	Optimización de la logística de distribución utilizando técnicas de la inteligencia artificial.	Minetti, Gabriela F., Salto Carolina, Alfonso Hugo, Bermúdez Carlos, Dielschneider Del Bono, M. Juliana, Vargas, Javier	2022	La propuesta de desarrollar software logístico con herramientas de inteligencia artificial busca mejorar la toma de decisiones a nivel gerencial, evaluando el impacto de la matriz de costos.
A2	Optimización de los procesos de logística, su mejora y satisfacción al cliente	Dayana Villarreal Meza, Mario Cevallos Vizúete, Diana Arias Portalanza, Katherine Moya Palacios	2022	La investigación propone el desarrollo de un sistema de software logístico que incorpore herramientas basadas en inteligencia artificial.
A3	Inteligencia artificial en la optimización logística con criterios sostenibles: una revisión	Wenwen Chen, Noelia Fuster, Celia Osorio, Ángel A. Juan	2024	La investigación propone integrar modelos y algoritmos de inteligencia artificial en la optimización logística, con un enfoque específico en criterios de sostenibilidad.
A4	Optimización en el transporte y la logística: mejora de la eficiencia y la rentabilidad Agnieszka Prasetyo* Departamento de Logística y	Agnieszka Prasetyo	2023	El artículo propone la aplicación de algoritmos avanzados y técnicas de optimización en áreas clave de transporte y logística, como la planificación de rutas, gestión de inventarios, distribución de cargas, y organización de almacenes.

Gestión del Transporte,
Vilnius Gediminas

A5	Almacenamiento ecológico, optimización logística, valores sociales y ética y desempeño económico: el papel de la sostenibilidad de la cadena de suministro.	Yaw Agyabeng-Mensah, Esther Ahenkorah, Ebenez er Afum, Essel Dacosta, Zhongxing Tian	2020	Se propone un modelo que muestra cómo la sostenibilidad puede mediar entre el desempeño económico y las prácticas sostenibles en las empresas manufactureras de Ghana.
A6	Optimización de la logística del transporte en condiciones de incertidumbre con Simheuristics: conceptos, revisión y tendencias	Juliana Castañeda, Elnaz Ghorbani, Majsja Ammouriova, Javier Panadero, Ángel A. Juan	2022	El estudio busca aplicar la simheurística para resolver problemas logísticos y de transporte en entornos de incertidumbre.
A7	Optimización de la planificación de rutas de vehículos inteligentes basada en un algoritmo híbrido genético y de colonia de hormigas mejorado	Kangjing Shi, Li Huang, Du Jiang, Ying Sun, Xiliang Tong, Yuanming Xie, Zifan Fang	2022	El artículo propone optimizar la planificación de rutas de vehículos inteligentes, mediante, un algoritmo híbrido mejorado que combina: Algoritmo genético y Optimización de colonia de hormigas (ACO, por sus siglas en inglés).

A8	Un algoritmo heurístico híbrido de dos etapas para problemas simultáneos de asignación de pedidos y bastidores	Xi'an Shi, Colmillo Deng, Ventilador Yunfeng, Mamá Lin, Yong Wang, Yong Wang	2021	Se presenta un algoritmo heurístico híbrido de dos etapas (TS-HHA) para resolver el problema ORAPS.
A9	Algoritmo de optimización Rafflesia aplicado al problema de localización de centros de distribución logística	Jeng-Shyang Pan, Zonglin Fu ¹ , Chia-Cheng Hu, Pei-Wei Tsai, Shu Chuan Chu ¹	2022	Se propone el uso del algoritmo de optimización inspirado en la planta Rafflesia para seleccionar ubicaciones óptimas de centros de distribución en sistemas logísticos.
A10	Optimización de la ruta logística de distribución de productos agrícolas perecederos en función de la restricción de la ventana temporal de IACO	Xiaohong Miao, Sujuan Pan, Lei Chen	2023	El artículo aborda la optimización de rutas en la distribución logística de productos agrícolas perecederos dentro de una cadena de frío, asegurando que los productos lleguen en óptimas condiciones.
A11	Optimización del modelo de transporte y distribución de vehículos logísticos de cadena de frío basado en un	Guan Xiaoman, Guangpeng Li	2023	Este estudio se enfoca en la optimización de rutas para transporte y distribución en la logística de la cadena de frío (CCL), con énfasis en el transporte de productos agrícolas perecederos.

A12	<p>algoritmo de colonia de hormigas mejorado</p> <p>Un modelo de simulación basado en agentes y optimización logística para gestionar la demanda incierta en las cadenas de suministro forestales</p>	<p>Petri Helo, Javad Rouzafzoon</p>	2023	<p>Se utiliza un modelado basado en agentes (ABM) que integra aspectos clave de la cadena de suministro de recolección y entrega.</p>
A13	<p>Un método de optimización de simulación para la coordinación de la producción, el transporte y las ventas</p>	<p>Yi Zheng, Ming Lei, Yijie Peng</p>	2023	<p>La propuesta se centra en coordinar la producción, el transporte y las ventas dentro de una red de cadena de suministro de múltiples niveles.</p>
A14	<p>Optimización robusta de la ruta de distribución urbana de productos agrícolas considerando la incertidumbre de la demanda</p>	<p>Shouchen Liu, Cheng Zhang</p>	2023	<p>La propuesta consiste en desarrollar un modelo de optimización robusta para las rutas de distribución de productos agrícolas en entornos urbanos, abordando la incertidumbre en la demanda que se ve afectada por factores ambientales y sociales.</p>
A15	<p>Optimización de la red de transporte mediante métodos matemáticos</p>	<p>Tereza Lasić, Tomislav Rožić, Ratko Stanković</p>	2023	<p>La propuesta de aplicación del estudio se enfoca en la optimización de costos de transporte en sistemas logísticos.</p>

A16	Una revisión de los modelos y algoritmos de optimización de la distribución de vehículos no tripulados	Jiao Zhao, Hui Hu, Yi Han, Yao Cai	2023	La investigación busca establecer un marco para mejorar la logística no tripulada, mediante, el uso de UAVs y vehículos no tripulados en distintos entornos, como áreas urbanas y rurales.
A17	Optimización de rutas de transporte de mercancías peligrosas en una red de transporte ferroviario-camión considerando la restricción del tráfico por carretera	Siwei Li, Lutong Yu	2023	La propuesta se centra en optimizar las rutas de transporte de mercancías peligrosas, utilizando una red combinada de ferrocarril y camión, considerando restricciones de tráfico en carretera.
A18	Análisis del algoritmo de optimización de rutas de distribución basado en tecnología de big data	LiPing Qu, Huai Li	2022	El artículo propone un algoritmo de optimización de rutas de distribución logística en el contexto del comercio electrónico, utilizando técnicas de big data
A19	Optimización en problemas de transporte multimodal de mercancías: una encuesta	Claudia Archetti Lorenzo Peirano	2022	La propuesta de aplicación consiste en realizar una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con la optimización del transporte multimodal de mercancías.
A20	Modelo y algoritmo de programación logística inteligente basado en	Ning Lei	2022	La propuesta se centra en desarrollar un modelo de distribución inteligente que utiliza tecnologías de IoT para optimizar procesos logísticos.

tecnología de Internet de las cosas

A21	Métodos algorítmicos para la optimización de rutas en el sistema del transporte urbano	Campos Vasquez Neicer, Cueva Clemente Carlos, Bautista Zuñiga Lucia, Sotomayor Burga Juan	2022	Se busca mejorar la eficiencia en la planificación de rutas y, potencialmente, la creación de nuevas rutas para satisfacer mejor las necesidades del transporte urbano.
A22	Problema de enrutamiento de vehículos capacitados para la industria siderúrgica de Tailandia, mediante, algoritmos de ahorro	Siwaporn Kunnapapdeelert, Chananya Thawnern	2021	La investigación busca reducir los costos de transporte y el tiempo de entrega, mediante, un diseño eficiente de las rutas de distribución.
A23	Optimización adaptativa de colonias de hormigas con agrupamiento de nodos aplicado al problema del viajante	Petr Stodola, Pavel Otrisal, Kamila Hasilová	2022	El estudio propone optimizar el problema del viajante de comercio (TSP), mediante, un enfoque basado en la metaheurística de optimización por colonias de hormigas (ACO).
A24	Optimización logística para el problema de enrutamiento de vehículos eléctricos con capacidad de carga en múltiples depósitos desde una	Xiao Ning Zhu, Rui Yan, Zhao Ci Huang, Wenchao Wei, Jiaqin Yang, Shamsia Kudratova	2020	Este estudio aborda un problema de enrutamiento de vehículos eléctricos con capacidad de carga en múltiples depósitos (2L-MDEVRP).

perspectiva de bajas
emisiones de carbono

A25	Optimización de rutas de vehículos y porteadores a pie en logística urbana	Lais Wehbi, Tolga Bektaş, Iris de Çagatay	2022	La propuesta es optimizar la logística urbana de última milla, mediante, la combinación de vehículos (furgonetas) y porteadores a pie.
A26	Gestión de rutas a través del uso de modelos basados en algoritmos	Bravo Quispe Ana Paula, Yupanqui Aguilar Claudia, Cribillero Meza Claudia, Ocharan Rojas Diego, Patricio Miranda, Vanya	2021	Para esta investigación sobre la optimización de rutas logísticas, la propuesta se basa en una revisión bibliográfica, enfocada en identificar los beneficios de mejorar las rutas de distribución en procesos logísticos.
A27	Algoritmos heurísticos para la optimización del problema de asignación de contenedores en un puerto marítimo	Hoyos Ortiz, Santiago	2024	El objetivo es optimizar la asignación de contenedores en una terminal portuaria, priorizando una estrategia que minimice el tiempo total en la asignación y reubicación de contenedores.
A28	Optimización de la gestión logística en una empresa operador logístico 2021	Cruces Pillaca, Giancarlo	2021	Evaluar si la optimización de la gestión logística, mediante, reducción de tiempos impacta en la reducción de costos en una empresa operadora logística.

A29	Optimización logística de las rutas de recolección de desechos sólidos en la zona urbana del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Pastaza para la reducción del costo operativo	Villamarín Santi, Ever	2020	Optimizar las rutas de recolección de basura del GAD Municipal de Pastaza para reducir costos operativos y mejorar eficiencia.
A30	Optimización del proceso logístico en el transporte y las operaciones de exportación, mediante, fórmulas matemáticas en los KPI's Mejora de la eficiencia operativa en la empresa de	Oleas Lara Carlos, Mazón Fierro Guido, Carrasco Zárate Edwin	2020	Optimizar el proceso logístico en el transporte y exportación de banano en Maxban S.A., cantón Milagro.
A31	transporte de carga Romeinsac: Un enfoque basado en la gestión de procesos.	Mendoza Robles Pamela, Arroyo Vilela Kimberly	2023	Implementar programas de formación para proveedores subcontratados en Transportes Romeinsac.
A32	Estado del arte del despacho económico hidrotermal-eólico mediante técnicas heurísticas	Carlos Barrera-Singaña, Peter Vallejo-Correa	2022	Minimizar el costo de combustible de plantas termoeléctricas optimizando el despacho energético.

A33	Ubicación y dimensionamiento óptimo de generación distribuida en sistemas de distribución utilizando técnicas heurísticas basadas en escenarios de demanda	Felicita Asipuela Jordy	2020	Ubicación y dimensionamiento óptimo de unidades de Generación Distribuida utilizando energía eólica y solar.
A34	Uso de técnicas de análisis prescriptivo para optimizar las rutas de distribución de una PYME	Miranda Brontë Juan	2024	Optimizar las rutas de una PYME distribuidora de productos, mediante, técnicas de análisis prescriptivo y heurísticas.
A35	Optimización de rutas y localización de instalaciones para la distribución eficiente de alimentos	Olvera-Castillo José, Granillo-Macías Rafael, Santana-Robles Francisca, Simon-Marmolejo Isaias	2024	Diseñar una red de rutas para la entrega de desayunos en escuelas de bajos recursos.

Nota: Elaborado por autores.

Este enfoque integral, no solo garantiza que se tengan en cuenta los datos relevantes, sino que, también, permite una identificación más eficaz de las tendencias, patrones y relaciones entre los estudios. Al emplear una matriz bien estructurada, se mejora la claridad en la presentación de los resultados, lo que contribuye a una mejor comprensión de las prácticas actuales y los hallazgos en el ámbito de la logística y el transporte.

1.2.3. Discusión de los resultados

Análisis de resultados

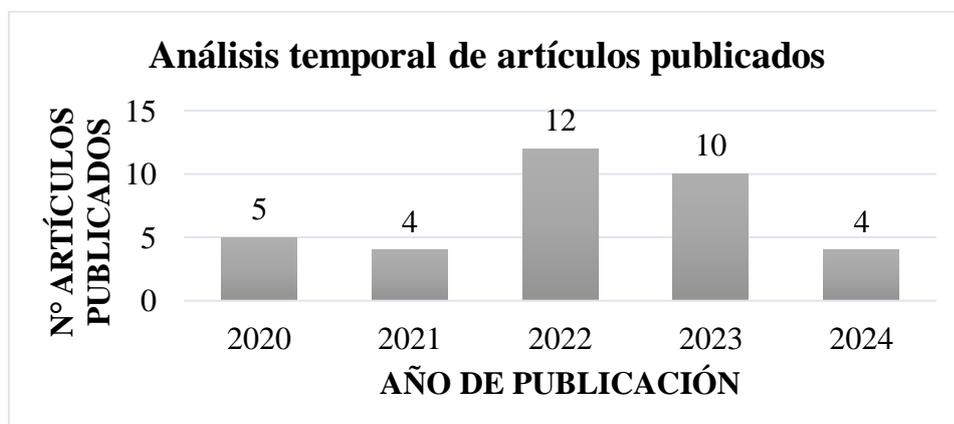
Se utilizó un formato estandarizado para presentar los resultados, que incluyó una introducción que contextualiza el tema, discutiendo la necesidad y la relevancia de realizar un mapeo sistemático, así como trabajos previos relacionados. Este informe abarcó, también, la metodología empleada, los resultados organizados en función de las preguntas de investigación y una discusión de los hallazgos, seguidos de las conclusiones y una sección de referencias.

A continuación, se resumen los principales descubrimientos que se obtuvieron de las preguntas de investigación formuladas en la fase de planificación. Se realiza un análisis detallado de las respuestas correspondientes a cada una de las preguntas, presentando la información de una manera más clara y accesible. Esto permite no solo sintetizar los hallazgos, sino, también, facilitar la comprensión de cómo se relacionan con el tema de estudio sobre optimización de la logística de distribución para la eficiencia del transporte.

OB1 ¿Cómo se distribuyen, temporalmente, los artículos seleccionados sobre la optimización de la logística de distribución y su impacto en la eficiencia del transporte?

La distribución temporal de los artículos seleccionados sobre la optimización de la logística de distribución y su impacto en la eficiencia del transporte muestra un aumento en el interés por este tema en los últimos años, reflejando la creciente importancia de la tecnología en la logística. De los 35 artículos proporcionados, la mayoría de ellos fueron publicados entre 2020 y 2023, con una clara concentración en 2022 y 2023 como se muestra en la Figura 3. Esto sugiere que, en este periodo, hubo una atención particular en la integración de nuevas tecnologías como la inteligencia artificial, la optimización por algoritmos y la sostenibilidad logística.

Figura 3 Análisis temporal de artículos publicados.



Nota: Elaborado por autores.

El análisis temporal de artículos publicados revela que en 2020 se publicaron cinco artículos que abordan temas de sostenibilidad y optimización logística. El artículo A5 investiga el almacenamiento ecológico y su impacto en la sostenibilidad de la cadena de suministro. A24 se centra en la optimización de rutas para vehículos eléctricos, enfatizando la reducción de emisiones de carbono. A29 se dedica a optimizar rutas de recolección de desechos sólidos para reducir costos operativos, mientras que A30 y A34 abordan la optimización de procesos logísticos en el transporte y exportación de banano, y el uso de técnicas de análisis prescriptivo en una PYME, respectivamente.

En 2021, se publicaron cuatro artículos (A8, A22, A26, A28) que destacan el uso de algoritmos heurísticos y enfoques innovadores en la optimización logística. El artículo A22 se enfoca en la industria siderúrgica de Tailandia, mientras que, A8 presenta un algoritmo heurístico para la asignación de pedidos en un entorno logístico. A26 investiga la gestión de rutas a través de modelos basados en algoritmos, y A28 evalúa la optimización de la gestión logística en una empresa operadora.

Para 2022, se registra el mayor número de publicaciones con un total de doce artículos (A1, A2, A6, A7, A9, A18, A19, A20, A23, A25, A21, A34). Este año muestra un claro enfoque hacia la implementación de inteligencia artificial y algoritmos avanzados en la optimización de la logística. Los artículos reflejan el impulso por mejorar la eficiencia logística mediante tecnologías inteligentes, como el Internet de las Cosas (IoT) y enfoques heurísticos para la planificación de rutas.

En 2023, se publicaron diez artículos (A4, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A27) que continúan la tendencia de optimización bajo incertidumbre y planificación eficiente. Este año destaca la atención hacia la logística de la cadena de frío y la gestión de rutas para productos perecederos, además de explorar modelos de simulación para mejorar la eficiencia en sistemas complejos de transporte.

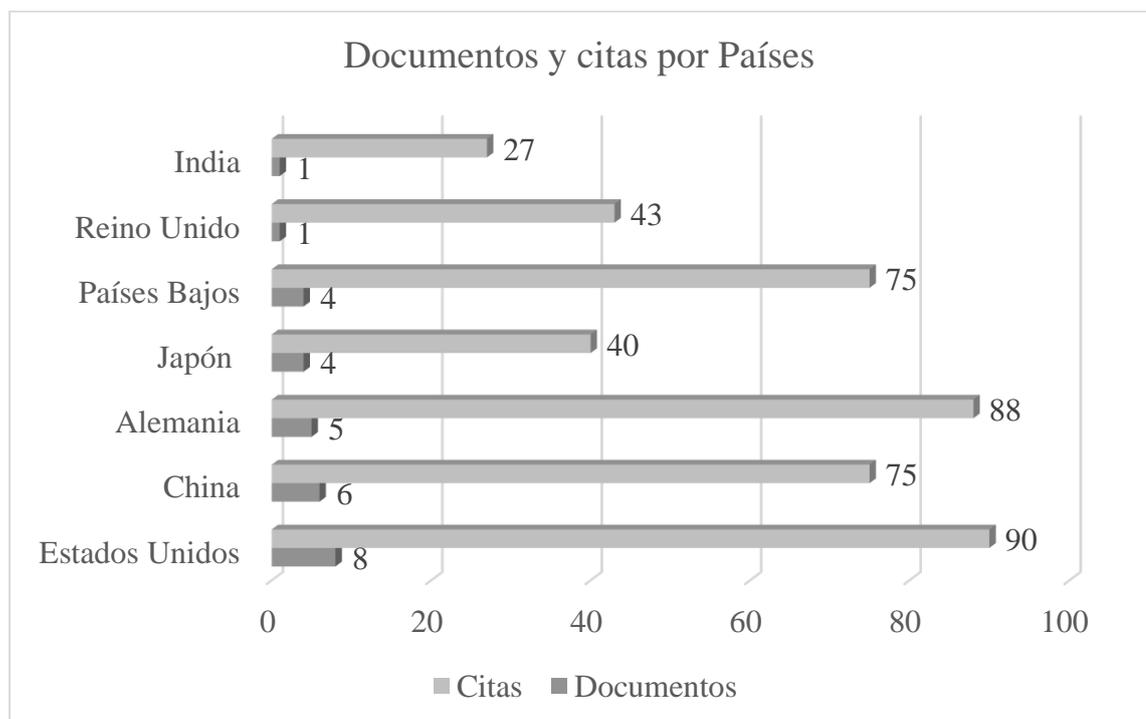
Finalmente, en 2024, se publicaron cuatro artículos (A3, A34, A27, A35) que abordan la optimización logística desde una perspectiva de sostenibilidad y el uso de análisis prescriptivo. El artículo A3 investiga la integración de criterios sostenibles en la optimización logística mediante inteligencia artificial, mientras que A35 se enfoca en el diseño de una red de rutas para la distribución de alimentos a escuelas de bajos recursos.

De tal manera que, los artículos seleccionados muestran una tendencia temporal donde las publicaciones recientes (2022-2024) destacan el uso de nuevas tecnologías para la optimización logística, con un enfoque en la sostenibilidad y la reducción de costos operativos.

OB2 ¿Cuál es el nivel de calidad de los artículos seleccionados que abordan la optimización de la logística de distribución?

En la figura 4, se plasmó la comparación entre países sobre la producción científica y las citas recibidas por cada país. Estados Unidos posee el liderato con 8 documentos y 90 citas con una media de 11.25 por documento, lo que ilustra su alto impacto. China ocupó el segundo lugar con 6 documentos y un total de 75 citas con una media de 12.5 sugiriendo un impacto relativo inferior. Alemania, Japón y Países Bajos muestran un buen rendimiento con una media de 17.6, 10 y 18,75 citas por documento, en contraste lo que refleja una menor influencia de publicaciones se encuentra Reino Unido e India. Estos resultados reflejaron que la cantidad de publicaciones que se realizan en cada país es relevante y que el impacto académico se mide mejora a través de la media de citas.

Figura 4 Comparación de citas y documentos entre países



Nota: Elaborado por autores.

A continuación, se presenta un análisis del nivel de calidad de los artículos seleccionados sobre optimización de la logística de distribución, considerando criterios como la relevancia y la calidad metodológica, la aplicación práctica, y la originalidad en los resultados como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12 Criterios de evaluación aplicados

Criterios de evaluación aplicados	
Relevancia del enfoque	Uso de algoritmos, IA, sostenibilidad, optimización específica de rutas o gestión de recursos.
Calidad metodológica	Claridad en la metodología (simulaciones, modelos matemáticos, heurísticos).
Aplicación práctica	Implementaciones o estudios de caso que demuestran impacto real.
Originalidad	Innovaciones o aportaciones relevantes al campo.

Nota: Elaborado por autores.

En este contexto, se presenta en la Tabla 13 la clasificación en función del nivel de calidad con categorías sugeridas, aplicando los criterios de rigor metodológico, innovación y aplicabilidad, ordenándolo de forma descendente desde el que obtuvo el valor más alto de calidad.

Tabla 13 Clasificación de los Artículos por Calidad.

N° de Artículo	Calidad	Puntuación	Motivo
A3	Alta	+8	Innovación relevante con enfoque en sostenibilidad y tecnología avanzada.
A4	Alta	+7	Propuesta sólida que mejora eficiencia y rentabilidad, mediante, algoritmos avanzados.
A7	Alta	+7	Innovación al combinar técnicas genéticas y colonia de hormigas.
A6	Alta	+6	Aplicación de heurísticas avanzadas para resolver problemas complejos.

A11	Alta	+6	Enfoque específico en productos perecederos, útil y aplicable en logística moderna.
A33	Alta	+5	Contribuye a la sostenibilidad y eficiencia en el sector energético.
A34	Alta	+5	Focalizado en PYMEs, relevante para la optimización en el sector.
A35	Alta	+5	Propuesta innovadora para la entrega de alimentos, enfocada en la logística social.
A20	Alta	+4	Uso innovador de IoT para optimizar la distribución en tiempo real.
A24	Alta	+4	Innovación en logística verde, con enfoque en bajas emisiones.
A29	Alta	+4	Revisión sobre la mejora de rutas logísticas, útil para la cadena de suministro.
A26	Alta	+4	Focalizado en la eficiencia portuaria, relevante para la logística marítima.
A1	Media	+3	Propuesta relevante, pero con falta de pruebas empíricas extensas.
A10	Media	+3	Buen modelo, aunque su alcance podría ser más amplio.
A8	Media	+3	Metodología prometedora, pero falta validación empírica.
A16	Media	+3	Innovador pero limitado a escenarios específicos de vehículos no tripulados.

A27	Media	+3	Focalizado en la eficiencia portuaria, relevante para la logística marítima.
A32	Media	+3	Aborda la optimización del despacho energético, relevante en la logística energética.
A12	Media	+2	Aplicación interesante pero específica a la industria forestal.
A15	Media	+2	Bien fundamentado, pero con enfoque tradicional.
A2	Media	+2	Buen enfoque, pero con un alcance local limitado.
A18	Media	+2	Innovador, aunque sin estudios de caso exhaustivos.
A13	Media	+2	Enfoque integral, pero con margen de mejora en la implementación.
A30	Media	+2	Estudio aplicado a la exportación, esencial para la logística de productos.
A17	Media	+1	Relevante, aunque con limitaciones regionales.
A25	Media	+1	Propuesta interesante, pero con impacto limitado.
A28	Media	+1	Evaluación de la reducción de tiempos y costos, aplicable a operadores logísticos.
A31	Media	+1	Focalizado en la capacitación, importante para mejorar la eficiencia operativa.
A9	Baja	-1	Enfoque poco común, con falta de validación real.

A5	Baja	-1	Relevante para sostenibilidad, pero sin enfoque específico en logística.
A22	Baja	-2	Propuesta limitada a un contexto industrial específico.
A23	Baja	-3	Innovador, pero poco aplicable en sistemas logísticos actuales.
A19	Baja	-3	Aporte teórico útil, pero sin enfoque práctico inmediato.
A21	Baja	-3	Relevante, pero con impacto restringido a sistemas urbanos.
A14	Baja	-4	Enfoque limitado por la complejidad de escenarios urbanos.

Nota: Elaborado por autores.

La clasificación de los 35 artículos mostró que el 32% se sitúa en la categoría de Alta Calidad, caracterizada por su innovación significativa y el uso de metodologías modernas, como inteligencia artificial (IA), Internet de las cosas (IoT) y vehículos eléctricos. Por otro lado, el 48% de los artículos se clasifica como Calidad Media, presentando propuestas útiles que, aunque válidas, enfrentan limitaciones en sus metodologías o en su alcance práctico.

Finalmente, el 20% restante de los artículos se clasifican como de baja calidad, caracterizados por enfoques teóricos de alcance limitado. Esta evaluación brinda una visión más clara de la calidad y aplicabilidad de los artículos en el ámbito de la optimización y la logística.

OB3 ¿Qué propuestas de solución se han presentado en la literatura para mejorar la logística de distribución y aumentar la eficiencia del transporte?

Con base en la revisión de los artículos, se destacaron diversas propuestas aplicadas en la logística de distribución para aumentar la eficiencia del transporte como se presenta en la Tabla 14. La implementación de inteligencia artificial (IA) representan una tendencia clave en la optimización de rutas. Este tipo de sistemas basados en IA dan paso a tomar decisiones rápidas, mediante, el uso de algoritmos como se muestran en los artículos A2 y A3. Por otro lado, en los artículos A4 y A13, modelos avanzados de simulación, contribuyen a predecir problemas y optimizar la planificación.

Otra línea de investigación relevante incluye los algoritmos heurísticos e híbridos (A7, A8, A10, A11, A16), que combinan técnicas como algoritmos genéticos, colonias de hormigas (ACO) y heurísticas de dos etapas, como el TS-HHA. Estos enfoques híbridos permiten encontrar soluciones eficientes para la asignación de recursos y rutas, reduciendo tiempos y costos. De igual manera, los modelos computacionales y técnicas metaheurísticas (A6, A12, A14) facilitan la resolución de problemas logísticos a gran escala en entornos dinámicos y con alta incertidumbre, adaptándose rápidamente a los cambios en las operaciones.

Los métodos matemáticos, como la programación lineal entera mixta (MILP) y la programación entera no lineal (MIP), también tienen una aplicación relevante en la optimización de recursos y la planificación eficiente de redes de distribución (A17, A18, A25). Adicionalmente, los enfoques heurísticos tradicionales mejorados (A15, A22, A23), que incluyen el método de ahorros de Clarke y Wright y la optimización mediante colonias de hormigas (IACO), se centran en maximizar la eficiencia en la última milla y otras etapas críticas del proceso de distribución.

Finalmente, los modelos de distribución inteligente (A20), integran los sistemas avanzados para la gestión de los inventarios y la optimización de las rutas en tiempo real, permitiendo de forma fácil una distribución más ágil. Este tipo de sistemas permiten una respuesta rápida a las variaciones de la demanda.

Tabla 14 Propuesta de aplicación de cada artículo según autores.

N° de Artículo	Propuesta de aplicación
A1	Software Logístico (IA)
A2	Software Logístico (IA)
A3	Modelos y algoritmos de inteligencia artificial
A4	Modelos de simulación y algoritmos predictivos
A5	Modelado de ecuaciones estructurales (PLS-SEM)
A6	Modelos computacionales híbridos (algoritmos de simulación y metaheurística)
A7	Algoritmo híbrido genético-ACO mejorado
A8	Algoritmo heurístico híbrido de dos etapas (TS-HHA)
A9	Aplicación del ROA
A10	Modelo Mejorado de Optimización de Colonias de Hormigas (IACO)

A11	Algoritmo de Colonia de Hormigas Mejorado (ACA)
A12	Modelado basado en agentes (ABM)
A13	Modelo de simulación y algoritmos
A14	Modelo de optimización robusta (algoritmo genético mejorado)
A15	Método de Aproximación de Vogel (VAM) y Método de Distribución Modificada (MODI)
A16	Algoritmos heurísticos y Métodos híbridos
A17	Modelo de programación entera mixta no lineal (MIP)
A18	Modelo matemático
A19	Clasificación de contribuciones
A20	Modelo de distribución inteligente
A21	Métodos algorítmicos
A22	Enfoque heurístico basado en el algoritmo de ahorros de Clarke y Wright.
A23	Optimización por Colonias de Hormigas
A24	Heurístico híbrido
A25	Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)
A26	Evaluación y análisis comparativo de algoritmos
A27	Algoritmo <i>Greedy Randomized Adaptive Search Procedure</i> (GRASP)
A28	Observación directa de procesos logísticos
A29	Algoritmos de Colonia de Hormigas (ACO)
A30	Evaluación del desempeño logístico a través de indicadores clave de rendimiento (KPI)
A31	Evaluación de los retos logísticos
A32	Métodos heurísticos
A33	Técnicas heurísticas y un algoritmo de optimización
A34	Análisis heurístico avanzado

revisados combinan, tanto métodos cuantitativos, como cualitativos, incluyendo el uso de algoritmos, simulaciones, herramientas computacionales y análisis estadísticos para recopilar y analizar datos sobre la logística de distribución y sus implicaciones en la eficiencia del transporte.

Tabla 15 Metodología utilizada en los artículos

N° de Artículo	Método	Técnica	Instrumento
A1	Cuantitativo	Modelado y simulación	Algoritmos, Software de análisis.
A2	Analítico e Investigación operativa	Heurística y metaheurística	Algoritmos específicos
A3	Analítico y sistemático	Modelos generativos, métodos de aprendizaje automático, y algoritmos metaheurísticos.	Algoritmos de IA y análisis de datos en tiempo real, Tecnologías emergentes
A4	Descriptivo y analítico	Algoritmos de optimización de rutas, Modelos de gestión de inventarios, Análisis de layout de almacenes y Optimización de asignación de cargas	Modelos de simulación y Algoritmos predictivos
A5	Cuantitativo	Análisis estadístico	Cuestionario Modelado de ecuaciones estructurales (PLS-SEM)

			Modelos computacionales híbridos (algoritmos de simulación y metaheurística)
A6	Simheurística (Simulación y Metaheurísticas)	Metaheurísticas y Simulación estocástica	
A7	Algoritmo híbrido genético-ACO mejorado	Metaheurística de colonia de hormigas y Algoritmo genético	MATLAB2018b
A8	Enfoque Matemático	Heurística constructiva, Búsqueda adaptativa de vecindarios (CH-ANS) y Programación dinámica (DP)	Herramientas de Simulación
A9	Estrategia Evolutiva	Metaheurística evolutiva híbrida y Comparación con algoritmos clásicos	Uso de datos numéricos y simulaciones
A10	Modelo Mejorado de Optimización de Colonias de Hormigas (IACO)	Algoritmo ACO Mejorado (IACO)	Simulación y análisis de datos en MATLAB
A11	Algoritmo de Colonia de Hormigas Mejorado (ACA)	Proceso del ACA e Implementación en Simulación Matemática	Análisis experimental (costos y tiempos, Costo total y Satisfacción del cliente)

A12	Modelado basado en agentes (ABM)	Simulación, Optimización de Rutas, Análisis de Escenarios	Software de simulación
A13	Modelo de simulación	Modelado de Simulación, Optimización, Análisis de Sensibilidad y Muestreo Dinámico	Modelo de simulación y algoritmos
A14	Modelo de optimización robusta (algoritmo genético mejorado)	Modelado de Escenarios, Optimización Robusta y Optimización Robusta	Modelo de optimización robusta
A15	Programación lineal	Método de Aproximación de Vogel (VAM) y Método de Distribución Modificada (MODI)	Modelo matemático
A16	Modelos matemáticos de optimización	Algoritmos heurísticos y Métodos híbridos	Modelos matemáticos
A17	Modelo de programación entera mixta no lineal (MIP)	Modelo de programación entera mixta no lineal (MIP) y Simulación de escenarios	Modelo matemático de programación entera
A18	Algoritmos de optimización multiobjetivo	Algoritmo de Colonia de Hormigas y Funciones Multiobjetivo	Modelo matemático
A19	Clasificación de contribuciones	Análisis de tendencias emergentes y	Análisis crítico de la literatura

		Estructuración de problemas	
A20	Modelo de distribución inteligente	Velocidad de entrega, Distancia de transporte y Tiempo de transmisión logística	Sistemas de percepción logística y Algoritmos heurísticos
A21	Algoritmos genéticos (evolutivo y simple). Algoritmo de Dijkstra. Optimización por enjambre de partículas (PSO). Enfoque heurístico basado en el algoritmo de ahorros de Clarke y Wright.	Análisis cualitativo y cuantitativo, Recolección de datos	Bases de datos académicas y motores de búsqueda
A22	Enfoque heurístico basado en el algoritmo de ahorros de Clarke y Wright.	Optimización mediante heurísticas y Análisis comparativo	Flatbed Trailers, Datos geoespaciales, Pruebas experimentales
A23	Optimización por Colonias de Hormigas	Optimización heurística, Entropía de información, Benchmarking	Instancias del TSPLIB, Sistemas no tripulados, Simulaciones y pruebas computacionales
A24	Heurístico híbrido	Algoritmo VNS (Variable Neighborhood Search),	Instancias de referencia, Experimentos

		Algoritmo SSH (Saving Space Heuristic) y Simulación con instancias de referencia	numéricos, Experimentos numéricos
A25	Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)	Optimización basada en heurísticas, Minimización de tiempo y emisiones	Datos reales de entregas en Londres, Herramientas computacionales Software de análisis y algoritmos
A26	Revisión sistemática de literatura según Kitchenham	Evaluación y análisis comparativo de algoritmos	específicos como heurísticos, metaheurísticos
A27	Enfoque experimental, con aplicación de algoritmos metaheurísticos	Uso del algoritmo GRASP para optimización de rutas	Simulaciones comparativas entre el algoritmo GRASP
A28	Diseño descriptivo-explicativo, no experimental Algoritmos de Colonia de Hormigas (ACO) y Búsqueda Tabú en Java.	Observación directa de procesos logísticos	Lista de cotejo (checklist)
A29	Investigación cualitativa y cuantitativa	Observación de campo	entrevistas y revisión bibliográfica
A30	Investigación cualitativa y cuantitativa	Evaluación del desempeño logístico a través de indicadores	entrevistas y encuestas

	clave de rendimiento (KPI)		
A31	Evaluación de los retos logísticos de la subcontratación, con un enfoque en formación.	Programas de capacitación	Habilidades técnicas y operativas de los proveedores.
A32	Metodologías deterministas y técnicas heurísticas	Métodos heurísticos	Sistemas de prueba estándar
A33	Técnicas heurísticas y un algoritmo de optimización	Simulación con software DigSilent Power Factory	GAMS y Matlab para el algoritmo de optimización y análisis de métricas
A34	Técnicas computacionales	Análisis heurístico avanzado	Segmentación de clientes
A35	Ley de Haversine, el método de centro de gravedad y el algoritmo de ahorro Clarke & Wright	Aplicación de métodos heurísticos	Cálculo de distancias, localización de almacenes intermedios y optimización de rutas

Nota: Elaborado por autores.

Al examinar minuciosamente las metodologías empleadas en los estudios revisados, se destacan varios métodos y técnicas clave. El modelado y simulación, un enfoque cuantitativo, emplea algoritmos avanzados y software de análisis (A1, A4, A6, A13) para recrear escenarios logísticos, optimizar rutas y asignar cargas. Los modelos predictivos son esenciales para anticipar problemas antes de que ocurran, permitiendo una gestión más proactiva.

En este sentido, las técnicas heurísticas y metaheurísticas (A2, A7, A10) son ampliamente usadas en investigación de operaciones. Se incluyeron algoritmos como el genético y el de colonia de hormigas (ACO), así como enfoques híbridos donde se combinan ambas estrategias. Este tipo de métodos buscan encontrar soluciones optimizadas, garantizando eficiencia de tiempos y recursos.

Por otro lado, el uso de algoritmos que integran IA (A3) adoptaron tecnologías como el aprendizaje autónomo. Este tipo de algoritmos permiten tomar decisiones en tiempo real y logran optimizar las rutas de transporte, así como la gestión de los inventarios, consiguiendo mejorar de forma significativa la eficiencia de las operaciones.

El análisis estadístico y el modelado de ecuaciones (PLS-SEM) (A5) se utilizaron en estudios cuantitativos a través de encuestas y entrevistas, para agrupar datos y modelar las relaciones entre las variables de transporte y logística. Este tipo de técnicas facilitan la comprensión de los posibles retos que se presentan en los procesos logísticos.

Además, los modelos de programación matemática y de optimización usados en investigaciones (A15, A17, A25) como el MIP y MILP son usados para aumentar la eficiencia en la distribución de los recursos, la minimización de los tiempos y costos. Este tipo de enfoques utilizan datos reales, además, de simulaciones para certificar la viabilidad de las soluciones propuestas.

La simulación basada en agentes (ABM) (A12), permitieron modelar las interacciones entre múltiples agentes dentro de un mismo sistema logístico, pudiendo optimizar las rutas en tiempo real con el uso de softwares especializados. Este tipo de técnicas son particularmente útiles en el análisis de escenarios complejos y cambiantes.

Finalmente, la optimización heurística y los métodos híbridos (A22, A23) incluyeron enfoques como el de ahorros de Clarke y Wright, así como heurísticas mejoradas. Estos métodos combinan simulaciones y experimentos numéricos para comparar la eficiencia de distintos modelos de transporte, asegurando una mayor efectividad en la toma de decisiones estratégicas.

Paradigma de investigación cuantitativa – Casos con múltiples técnicas

El análisis de las combinaciones de métodos utilizados en la optimización de la logística de distribución desvela secuencias fundamentales en la selección de las metodologías por parte de los autores revisados. En la Tabla 16 se presentan, de forma detallada, las combinaciones de técnicas cuantitativas usadas en los estudios analizados, así como su porcentaje y frecuencia.

Tabla 16 Casos con múltiples técnicas cuantitativas

Combinación de técnicas	Frecuencia	Porcentaje
Heurística + metaheurística	10	28.60%
Algoritmo de Colonia de Hormigas + Funciones Multiobjetivo	8	22.86
Optimización heurística + Entropía de información + Benchmarking	7	20%
Algoritmo VNS + Algoritmo SSH + Simulación con instancias de referencia	4	11.43%
Modelo de programación entera mixta no lineal (MIP) + Simulación de escenarios	6	17.14%

Nota: Elaborado por autores.

Con una frecuencia del 28.60%, la combinación de heurística y metaheurística son la más utilizadas en los estudios revisados con una frecuencia de 10 casos. Esta combinación destaca debido a su capacidad para ofrecer una solución a las problemáticas de optimización. La escala de algoritmo de colonias de hormigas y funciones multiobjetivo esta combinación es aplicada un 22.86% en los estudios esta combinación de técnicas permite una optimización robusta en escenarios complejos, proporcionando soluciones optimas que ayudan en la toma de decisiones de estrategias. La fusión de Algoritmo VNS, Algoritmo SSH y simulación con instancias de referencia posee una frecuencia del 11.43% mientras que la combinación de modelo de programación entera mixta no lineal (MIP) y simulación de escenarios cuenta con una frecuencia del 17.14%. La aplicabilidad de estas metodologías puede ser fundamental para la optimización de la logística de distribución.

Paradigma de investigación cualitativa – caso múltiples técnicas

Es fundamental conocer los métodos cualitativos que se han aplicado para recolección de los datos en estudios relacionados con la optimización de la logística. En la Tabla 17, se muestran la combinación de técnicas, el número de casos y su porcentaje con respecto al total de combinaciones.

Tabla 17 Casos con múltiples técnicas

Combinación	Número de casos	Porcentaje
--------------------	------------------------	-------------------

Observación directa + análisis de documentos	12	34.30%
Observación directa + mapeo de procesos	10	28.60%
Entrevista + análisis de documento	8	22.85%
Registro de actividades + grupo focales	5	14.29%

Nota: Elaborado por autores

La combinación de técnicas de recolección de datos proporciona una visión más completa de la optimización de la logística. La combinación de observación directa y análisis de documentos es la más utilizada con un 34.30%, puesto que, permitieron explorar a fondo las percepciones de los actores clave, mediante, la observación directa, mientras que el análisis de documentos valida y contextualiza estos datos con información secundaria relevante. La observación directa y el mapeo de procesos, utilizada en un 28.60% de los casos ofrece una visualización de datos completa en el estudio. La entrevista y el análisis de documento posee un porcentaje de 22.85% mientras que, el registro de actividades y grupo focales posee un 14.29%. En conclusión, estas combinaciones proporcionan un enfoque detallado en la optimización de la logística.

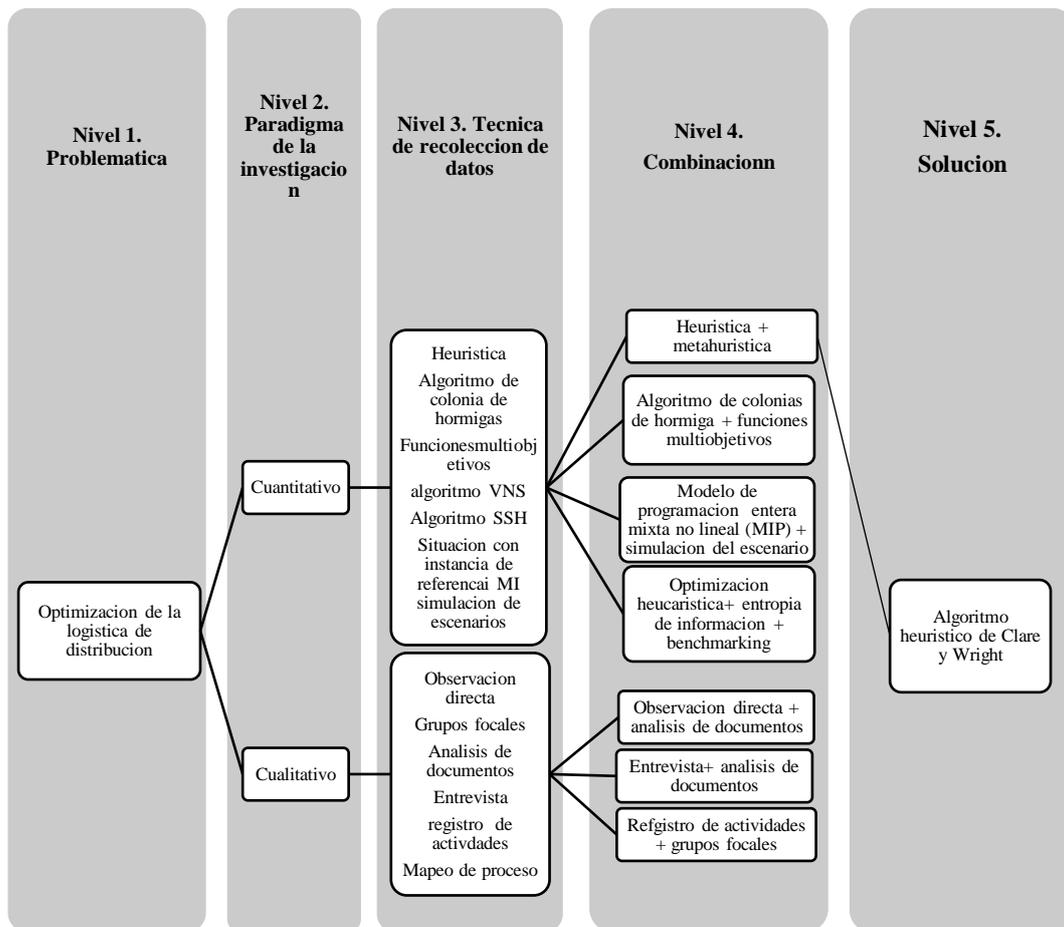
Esquema de caracterización

Mediante, una revisión exhaustiva y el mapeo sistemático de la literatura se ha identificado diversos métodos y herramientas utilizadas por los investigadores para analizar la evolución, el enfoque adoptado y las perspectivas de implementación de las variables de estudio, en el cual se ha desarrollado un protocolo único para la presente investigación que combina la evaluación del mapeo sistemático y la metodología propuesta por Kunnapapdeelert, S., & Management, C. (2021) denominada algoritmo heurístico de Clare y Wright, el mismo que será objeto de aplicación en esta investigación.

Un método estructurado permite a la empresa tomar decisiones basadas en un análisis exhaustivo de sus prácticas y desempeño, contribuyendo a optimizar operaciones y alinear las prácticas empresariales con sus objetivos planteados, mejorando la toma de decisiones a largo y corto plazo.

En la Figura 6, se presenta el protocolo creado para la optimización de la logística, en este se muestran los diferentes niveles para su cumplimiento como la problemática, el paradigma de la investigación, la técnica de recolección de datos, la combinación de técnicas y, por último, la solución propuesta.

Figura 6 Protocolo para la optimización de la logística.



Nota: Elaborado por autores.

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, dado que se enfoca en la recopilación y análisis de datos numéricos para optimizar la logística de distribución en Savinlab S.A. El objetivo es mejorar la eficiencia de las actividades de transporte con la aplicación de métodos que permitan aprobar los resultados y maximizando la eficacia de los procesos.

El diseño de investigación para este caso es descriptivo y analítico, puesto que se describe el estado actual de los procesos logísticos de la empresa y se analizan las ineficiencias que se puedan presentar en la gestión del transporte. Después de este diagnóstico, se planteará el uso de algoritmos y métodos para establecer mejoras basadas en los datos obtenidos, permitiendo una evaluación del desempeño antes y después de los cambios propuestos.

El procedimiento metodológico inicia con un diagnóstico inicial que incluye la revisión de los procesos actuales de distribución, identificación de rutas, tiempos y costos, así como la aplicación de cuestionarios y entrevistas a personal clave. Posteriormente, se procede a la

recopilación y análisis de datos históricos, mediante, el uso de algoritmos de optimización como metaheurísticas híbridas.

Discusión de los resultados

En la actualidad, existen varias metodologías para evaluar la calidad de los artículos científicos utilizados en una investigación. Según Sobrido & Sobrido, (2013), la necesidad de la determinación de la calidad de los estudios radica lo importante que es para la investigación que se realiza. En este sentido, siguiendo la metodología propuesta por Secinaro et al., (2022), el 32% de la calificación de la calidad de los artículos escogidos en esta investigación se encuentra en categoría alta, el 48% en media y el 20% restante en categoría baja.

Dado los resultados encontrados en el MSL, se encontraron varias técnicas y métodos que permiten a las organizaciones optimizar su logística de distribución. Entre los más destacados se encuentran los modelados de simulación, las técnicas de optimización heurísticas, algoritmos de IA, entre otros.

Según Hernández & Mendoza, (2018), para recoger datos de manera efectiva, es importante crear un plan que explique los pasos a seguir para alcanzar el objetivo. Al analizar los resultados obtenidos mediante el MSL, se puede decir que se aplicarán técnicas de recolección cuantitativas y cualitativas, en un enfoque mixto que permitirá evaluar la relación de las variables sin alterarlas.

En este contexto, se establece como solución a la problemática planteada en la presente investigación a la aplicación del algoritmo de ahorro o método de Clare y Wright para la optimización de las rutas de la empresa SavinLab S.A., así como la aplicación de un cuestionario elaborado por los autores que ofrecerá una perspectiva cualitativa de la situación actual de la empresa.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Enfoque de investigación

Como bien explican Hernández & Mendoza, (2018) el enfoque de investigación se divide en cuantitativo, cualitativo y mixto. 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.

Enfoque cualitativo

El enfoque cualitativo permite crear hipótesis antes, durante y después de la recolección de datos, la investigación se desarrolla entre los hechos y su interpretación. Esta utiliza la recolección y análisis de datos para perfeccionar las preguntas de investigación o en tal caso, crear nuevas interrogantes. Este se divide en diseño experimental y no experimental (Hernández & Mendoza, 2018).

Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos, es decir, es secuencial y probatorio. Este utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico. Su objetivo es crear pautas de comportamiento y comprobar teorías (Hernández & Mendoza, 2018).

En este trabajo la 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

En este sentido, esta investigación tiene un enfoque cuantitativo porque busca abordar procesos mediante un análisis estadístico, utilizando técnicas como la entrevista y encuesta, con el fin de recabar datos necesarios y, partiendo de estos, se pueda hallar una solución utilizando los algoritmos heurísticos y metaheurísticos como el método de ahorro de Clare &

Wright. El objetivo es mejorar la eficiencia del transporte, mediante, la aplicación de algoritmos, simulaciones y modelos matemáticos que permitan medir objetivamente los resultados.

2.2. Diseño de investigación

Investigación experimental trata de un experimento en donde el investigador manipula una variable y controla/aleatoriza el resto de las variables. Los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y estructurando el proceso. En una investigación cuantitativa se pretende explicar y predecir los fenómenos investigados, buscando regularidades y relaciones causales entre elementos (Hernández, 2006).

En la investigación no experimental se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que se dan sin la intervención directa del investigador, es decir; sin que el investigador altere el objeto de investigación. En este tipo de investigación se observan los fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos (Hernández, 2006). Al respecto, Arias (2012) afirma que la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos, directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero altera las condiciones existentes. De allí, su carácter de investigación no experimental.

Investigación cuasi-experimental es aquella que tiene como objetivo poner a prueba una hipótesis causal manipulando (al menos) una variable independiente donde por razones logísticas o éticas no se puede asignar las unidades de investigación aleatoriamente a los grupos. Cook y Campbell (1983) consideran los cuasi-experimental como una alternativa a los experimentos de asignación aleatoria, en aquellas situaciones sociales donde se carece de pleno control experimental.

El presente estudio se caracteriza por un diseño no experimental, ya que no se manipulan las variables, solo se observa la situación, para abordar la investigación a partir de la recolección de los datos. Para Hernández & Mendoza, (2018), el diseño no experimental se divide en transversal y longitudinal, el primero se basa en la recolección de datos en un único momento y son de tipo descriptivos y correlacionales, el segundo, recolecta los datos en varios momentos. Dado el caso, la investigación tomará la línea transversal, con alcance descriptivo y correlacional.

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).

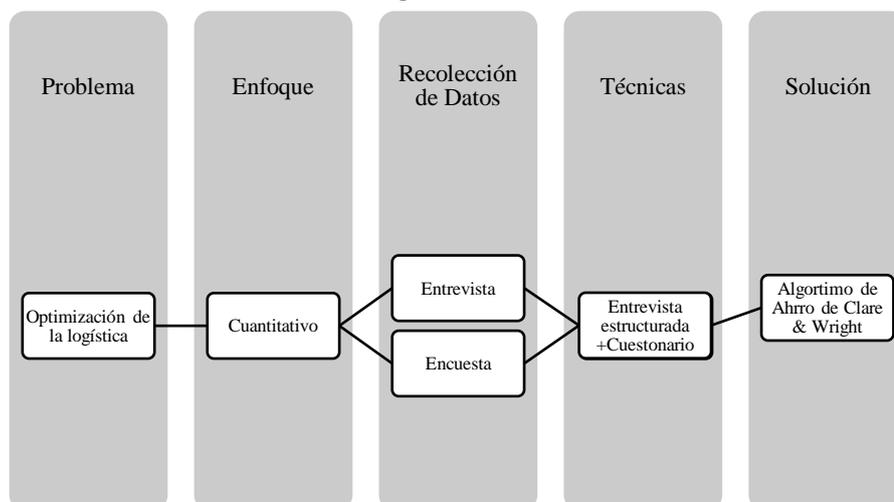
Correlacional: Examinó la relación o asociación que existe entre las variables de estudio para determinar el grado de relación estadística en que se encuentran, en este caso los métodos de distribución logística (variable independiente) y el abastecimiento de productos (variable dependiente), este tipo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

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.

2.3. Procedimiento metodológico

Basado en los resultados del estado del arte presentado en el Capítulo I de esta investigación, en la sección 1.2.3. análisis de resultados y mostrado en la Figura 6, se procede a mostrar el procedimiento metodológico a seguir en el presente documento. En la Figura 7, se exponen los pasos que se seguirán dentro del capítulo III para la obtención de los resultados del estudio.

Figura 7 Procedimiento metodológico



Nota: Elaborado por autores.

Problema: Dentro de los resultados alcanzados en el MSL se obtuvo como problemática las deficiencias dentro de la optimización de la logística de la empresa SavinLab

S.A., identificando factores críticos a mejorar para conseguir una mejora en la eficiencia del transporte.

Enfoque: Para esta investigación se tomó un enfoque cuantitativo, puesto que se analizaron datos estadísticos para el diagnóstico de la empresa y así validar la información. Este enfoque permite explorar las relaciones y describir los fenómenos entre las variables sin alterarlas en lo absoluto.

Recolección de los datos y técnicas: Dado el enfoque cuantitativo de esta investigación, se aplicarán técnicas de recolección de datos como entrevista y cuestionario. Para esto se diseñó un cuestionario que permitirá evaluar, con una visión real de los trabajadores, la situación de la actual de la empresa y una entrevista estructurada con datos numéricos sobre costos de combustible, clientes y rutas, con el fin de obtener datos y analizarlos para proceder a la aplicación de algoritmos de ahorro.

Solución: Como último paso se procederá a aplicar el algoritmo de ahorro de Clare & Wright como forma de solución a la problemática planteada, este método nos permitirá conseguir una versión optimizada de las rutas actuales de la empresa Savinlab S.A. logrando de esta forma aumentar la eficiencia del transporte.

2.3.1. Algoritmo genético

Este tipo de algoritmo es el conjunto de individuos de una población natural, una de sus funciones es buscar óptimas soluciones en un espacio amplio de búsqueda, además de resolver, también, problemas complejos que contengan una gran cantidad de elementos (Neicer et al., 2021).

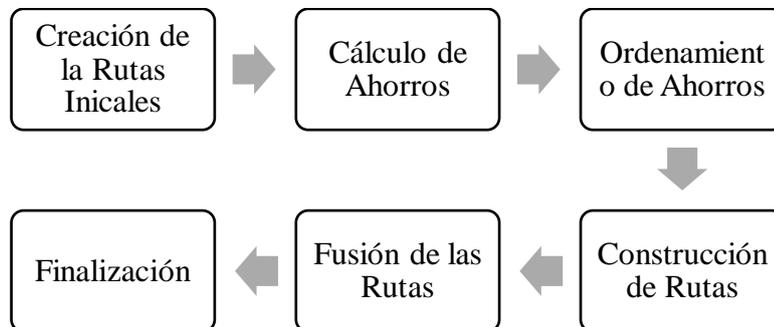
2.3.1.1. Algoritmo de ahorro

La metodología para la optimización de la logística de distribución es la aplicación del algoritmo heurístico de Clarke y Wright, también, llamado algoritmo de ahorro, el algoritmo de ahorros de Clarke y Wright es una técnica de optimización utilizada en la logística y el ruteo de vehículos. Su propósito principal es minimizar la distancia total recorrida por un conjunto de vehículos al realizar entregas a múltiples ubicaciones (Kunnapapdeelert & Management, 2021).

En este sentido, este algoritmo se basa en el concepto de "ahorro", que se refiere a la reducción del costo total al unir dos o más puntos de entrega en una sola ruta, en lugar de hacer

visitas individuales. En la Figura 8, se presentan las 6 etapas a seguir para aplicar, de forma efectiva, el algoritmo de Clare & Wright.

Figura 8 Etapas del Algoritmo de Ahorros de Clarke y Wright.



Nota: Elaborado por autores basado en (Kunnappadeelert & Management, 2021).

Para una mejor comprensión de este método se procede a describir cada etapa de Algoritmo de Ahorros, también llamado algoritmo de Clarke y Wright en las que se encuentran las etapas de inicialización, el cálculo de los ahorros, el ordenamiento de los ahorros, la construcción de las rutas, la iteración y la finalización.

- I. Creación de las Rutas Inicales: Se comienza con un conjunto de rutas en el que cada vehículo realiza entregas de manera independiente a cada cliente según su demanda establecida, estas rutas deben iniciar desde la empresa y finalizar su recorrido en la misma.
- II. Cálculo de los ahorros: Se calculan los ahorros que potencialmente pueden generar la agrupación de clientes en una misma ruta. Esta fórmula para calcular el ahorro permite evaluar la reducción de los tiempos y los costos al preferir el uso de una ruta más corta y eficiente.
- III. Ordenamiento de los ahorros: El objetivo de esta etapa es ordenar de forma detallada y descendente los cálculos hechos en la fase anterior que permitan visualizar, de manera más clara, las combinaciones de clientes más efectivas, proporcionando información vital para la toma de decisiones estratégicas.
- IV. Construcción de rutas: Se seleccionan los datos de los ahorros más altos y de construyen rutas nuevas, uniendo distintos clientes en una sola ruta siempre que esta acción este permita por las restricciones establecidas al principio de la aplicación.

- V. Fusión de las rutas: En esta etapa se combinan las rutas creadas en el paso anterior para probar que los resultados fueron optimizados, en consumo de combustible, costo total del viaje y la distancia total recorrida en cada ruta de clientes.
- VI. Finalización: Como última etapa, una vez se hayan optimizado todas las rutas posibles y en estas, no se puedan seguir calculando más combinaciones que generen ahorros, la aplicación del algoritmo se da por finiquitada y se presenta la solución final con las rutas optimizadas.

La aplicación del algoritmo heurístico de Clarke y Wright, también llamado algoritmo de ahorro se basa en detallar información pertinente como el centro de distribución, la formulación matemática, los índices, los parámetros y las restricciones del modelo como se expresa a continuación:

Centro de distribución

El centro de distribución se encuentra ubicado en la provincia de Santa Elena, en el cantón salinas, dentro del sector A032102 - A03210201, también, una de las restricciones que posee la empresa es la capacidad de los vehículos establecida **3,5** Toneladas por cada unidad de transporte.

Formulación matemática

Para la aplicación del método de ahorro se utilizaron las ecuaciones presentadas por Kunnappadeelert & Management, (2021), en estas se presentan los parámetros y restricciones para la correcta aplicación. La finalidad de esta fórmula matemática es minimizar las distancias recorridas por cada ruta donde m = rutas disponibles y n = clientes

Índices:

Donde: i: Cliente que se está atendiendo; **j:** Próximo cliente a ser atendido; **r:** Rutas;
cap: Capacidad de vehículo 3.5 toneladas

Parámetros:

Donde: d_{ij} : Distancia entre el cliente i al cliente j ; **d_{mi} :** Demanda del cliente i ; **x_{ijr} :** Asignación de ruta r entre el cliente i al cliente j ; **$MinZ = \sum_{r=1}^m \sum_{i=1, j=1}^n d_{ij} * x_{ijr}$**

En la ecuación 1, se muestra la restricción donde cada ruta se debe partir del depósito o centro de distribución.

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

En la ecuación 2, se muestra la restricción donde cada ruta debe terminar en el centro de distribución.

$$\sum_{i=1}^n X_{1ir} = 1; \forall i - 1 \forall r \quad (2)$$

En la ecuación 3, se muestra la restricción para cada cliente i este debe tener una salida de un cliente j

$$\sum_{j=1}^n, \sum_{r=1}^m X_{1jr} = 1 ; \forall i - 1 \quad (3)$$

En la ecuación 4, se muestra la restricción para cada cliente j debe tener una llegada de un cliente i

$$\sum_{i=1}^n, \sum_{r=1}^m X_{1jr} = 1 ; \forall j - 1 \quad (4)$$

En la ecuación 5, se muestra la restricción para cada cliente en una ruta, si tiene una conexión de salida en una ruta a su vez debe poseer una conexión de llegada.

$$\sum_{i=1}^n X_{ijr} = \sum_{j=1}^n X_{1jr}; \forall j, \forall r \quad (5)$$

En la ecuación 6, se muestra la restricción donde la demanda no puede superar la capacidad del vehículo.

$$\sum_{j=1}^n (X_{1jr} * dm_i) \leq cap \forall i - 1, \forall r \quad (6)$$

En la ecuación 7, se muestra la restricción donde demanda debe de ser mayor a cero.

$$\sum_{j=1}^n (X_{1jr} * dm_i) > 0 \quad \forall i - 1, \forall r \quad (7)$$

Solución del modelo

Para la aplicación del algoritmo heurístico de Clarke y Wright en la problemática de ruta de vehículos se debe ejecutar pasos como el cálculo de la matriz de distancias, la creación de las rutas iniciales, el cálculo de los ahorros, el ordenamiento de los ahorros, el inicio de las rutas, la fusión de las rutas y la iteración, así como se explica a continuación:

- Calcular la matriz de distancias entre todas las estancias de los clientes incluyendo el depósito.
- 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.

- Calcular los ahorros: La fórmula para calcular los ahorros es: $S_{ij} = C_{i1} + C_{1j} - C_{ij}$
- Ordenar los ahorros de manera descendente.
- 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
- 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.
- Repetir el paso 6 hasta que no sea posible ninguna mejora adicional.

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

A continuación, se ha estratificado la empresa en tres áreas que son administrativa, técnica y operativa en las cuales tenemos un número total de trabajadores de 25 personas. Donde el 80% de ellos pertenecen al área operativa, el 16% al área administrativa y el 4% al área técnica, así como se muestra en la Tabla 18. En este contexto, la población establecida en el estudio, son los trabajadores de la empresa SAVINLAB S.A.

Tabla 18 Trabajadores de SAVINLAB S.A.

Área	Número de trabajadores	Porcentaje
Administrativa	4	16%
Técnica	1	4%
Operativa	20	80%
Total	25	100%

Nota. Elaborado por Autores

2.4.2. Muestra

La muestra es un conjunto representativo de la población, en este sentido para el cálculo de la muestra, intuyendo la disposición de los empleados a colaborar se establecieron criterios de inclusión y exclusión, que permitieron cercar la población, como se establece en la tabla 19.

Tabla 19 CI y CE

Criterio de inclusión	Criterios de exclusión
Empleados en horario laboral	Ausencia por horario de trabajo

Nota. Elaborado por Autores

En este sentido, se calcula la muestra, mediante, los criterios establecidos en la tabla anterior. Obtenemos así la muestra estratificada donde observamos que los trabajadores tomados en cuenta para la realización del cuestionario son 20, esto equivale al 80% de los empleados de la empresa.

Tabla 20 Muestra bajo criterio por conveniencia.

Muestra	N° empleados total	Criterio de inclusión y exclusión	Diferencia	N° de empleados escogidos	Porcentaje
Empleados de empresa	25	20	5	20	80%

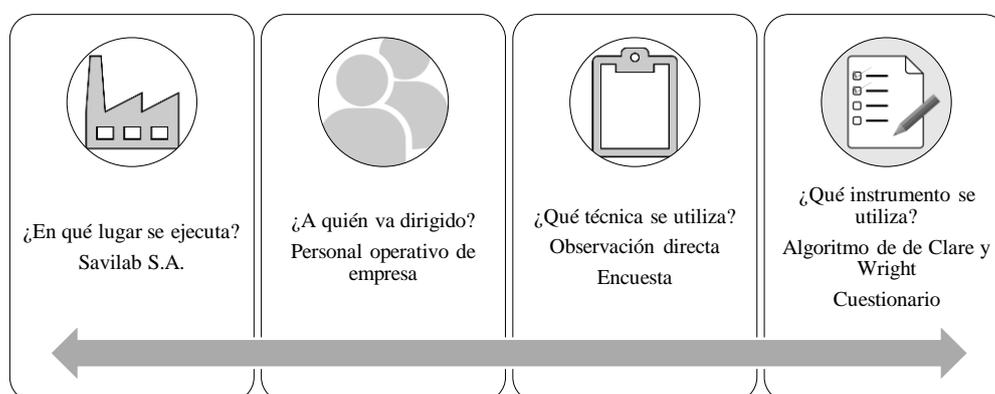
Nota. Elaborado por autores

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

2.5.1. Métodos de recolección de los datos

Según Hernández & Mendoza, (2018) para llevar a cabo un plan de recolección de datos hay que tener en cuenta ciertas directrices. En la Figura 9, se presenta un esquema que muestra el plan destinado a la recolección de datos para esta investigación.

Figura 9 Plan direccionado a recolección de datos.



Nota: Elaborado por autores basado en Hernández & Mendoza, (2018).

En este contexto, como técnica para el enfoque cuantitativo se aplicó una entrevista y una encuesta que permitió obtener información precisa sobre la logística de distribución de la empresa, esto dio paso a la aplicación del algoritmo o método de ahorro de Clare & Wright.

2.5.2. Técnicas de recolección de los datos

Dado lo mencionado en los puntos anteriores, se establece que se utilizará como técnicas establecidas para la recolección de datos cuantitativos son la *entrevista y encuesta* dirigida al personal operativo, esto con el fin de recabar información siguiente los pasos a seguir antes mencionados.

Entrevista

La entrevista es un diálogo entre dos o más personas, donde se establecen pautas de un problema determinado, mediante, preguntas abiertas, la cual va desde la interrogación estandarizada como la entrevista estructurada, hasta la conversación libre como la entrevista no estructurada (Rodríguez, 2019).

La entrevista fue realizada al gerente de la empresa Savinlab S.A. Sr. Kevin Vinces, con preguntas abiertas, claras y precisas sobre los lugares donde distribuyen su producto terminado, cantidad de vehículos utilizados y costos de combustible por rutas, con el objetivo de obtener datos para crear un modelo optimizado de la logística de distribución para la eficiencia del transporte (Anexo D).

Encuesta

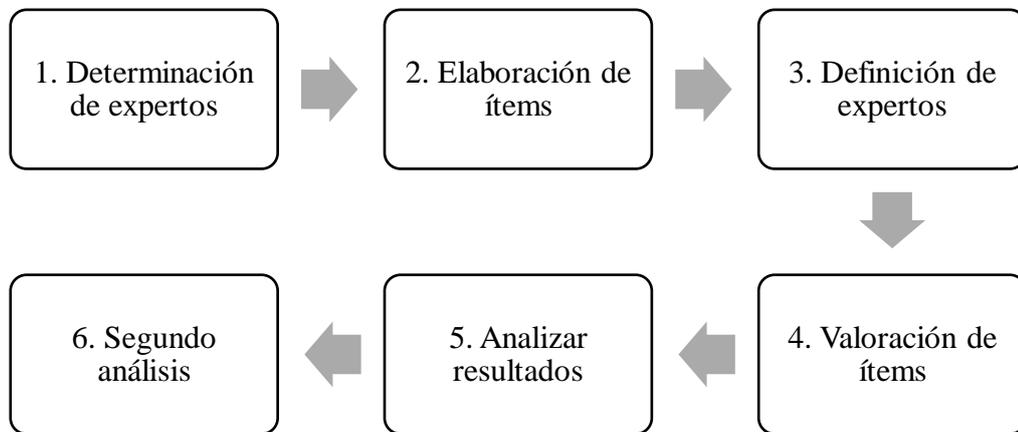
Para López & Perez, (2011), la encuesta tiene como objetivo obtener información precisa, mediante, diversas formas de preguntas, esta utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación para recolectar y analizar datos de una determinada población que se pretende estudiar.

La encuesta fue dirigida al personal de las áreas administrativas, técnicas y operativas de la empresa Savinlab S. A., ubicada en la provincia de Santa Elena, Cantón Salinas. Se utilizó un cuestionario con preguntas cerradas para evaluar el modelo de distribución logística actual y su efecto en los clientes, y, de esta manera, obtener información sobre los problemas a los que se enfrenta.

En la investigación, se evaluó la técnica por medio el método de Delphi, el cual sirve para recabar de forma sistemática las opiniones de los expertos acerca de una situación, a su vez,

procesar los datos, mediante, herramientas estadísticas y llegar a un análisis general. En la Figura 10, se expone el procedimiento a seguir para la aplicación de la metodología.

Figura 10 Metodología de Delphi



Nota. Elaborado por autores en base a Khodyakov et al., (2023)

En la Tabla 21, se muestran los pasos utilizados para la aplicación de la metodología de Delphi, donde se encuentran la determinación de los expertos, la elaboración de los ítems, la definición de los expertos, la valoración de los ítems, el análisis de datos y el segundo análisis de expertos.

Tabla 21 Procedimiento Delphi

Procedimiento Delphi	
Determinación de expertos	Se identifica y selecciona a profesionales y académicos con amplios conocimientos y experiencia en el área de estudio.
Elaboración de ítems	Se desarrolla las preguntas de la encuesta, estos deben ser claros, concisos y relevantes para las variables que se desean medir.
Definición de panel de expertos	Este panel revisará y evaluará los ítems de la encuesta para asegurar su validez y relevancia.
Valoración de ítems	Los expertos del panel revisan los ítems elaborados y proporcionan retroalimentación sobre su claridad, pertinencia y adecuación, se permite la utilización de escalas de valoración.

Analizar resultados	Se identifican ítems que necesitan revisión y se hacen ajustes según, las recomendaciones.
Segundo análisis de expertos	Se realizan los ajustes finales basados en esta segunda ronda de retroalimentación para obtener la versión definitiva de la encuesta.

Nota. Elaborado por autores

2.5.3. 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 reúnen tres requisitos importantes como son: fiabilidad, validez y objetividad para su correcta aplicación (Hernández & Mendoza, 2018).

Como instrumento de recolección de datos en enfoque cuantitativo con diseño no experimental transversal, se desarrolló un cuestionario de preguntas cerradas (Anexo C) donde se abordó información sobre la distribución logística en la empresa Savinlab S.A., la cual fue dirigida al personal de las distintas áreas. Y preguntas abiertas en la entrevista al gerente de la empresa, de esta forma se obtuvo información para dar solución al modelo de optimización. Para el análisis estadístico se utilizó el software IBM SPSS 28 y para la medición de la fiabilidad se utilizó el alfa de Cronbach.

Fiabilidad del instrumento

La fiabilidad es crucial porque asegura que el instrumento de medición produce resultados consistentes y precisos. Un instrumento fiable minimiza el error de medición y proporciona datos en los que los investigadores pueden confiar para tomar decisiones y sacar conclusiones (Hernández & Mendoza, 2018).

Por esto mismo, se utiliza el alfa de Cronbach que es una medida estadística utilizada para la evaluación de la fiabilidad o consistencia interna de un instrumento de medición, como es el cuestionario de la encuesta determinada, en un estudio de investigación (Chibueze et al., 2024).

Figura 6. Alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{N}{N - 1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right)$$

Verificación de hipótesis

Con el uso de los ítems de los instrumentos de recolección se verificó si la hipótesis fue aceptada o rechazada, al considerar que el diseño de investigación es no experimental se determinó como método a la correlación de Spearman que es utilizado para la medición de la fuerza de relación entre las dos variables cuantitativas.

2.6. Variables del estudio

- Variable Independiente: VI

Logística de distribución

- Variable Dependiente: VD

Eficiencia del transporte

2.6.1. Operacionalización de las variables

A continuación, se muestran las tablas de operacionalización de las variables, dependiente e independiente, que nos permiten tener una visión clara y definida de cómo se medirá y observará cada una de las características de estudio. En esta se presentan las dimensiones e indicadores de cada variable, así como las técnicas e instrumentos que se pueden usar para cada una de ellas. (Tabla 22 y Tabla 23)

Tabla 22 Operación de variable independiente

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
V. I. Logística de distribución.	La logística de distribución tiene un rol importante dentro de los procesos de una empresa, además de aportar a la satisfacción del cliente, su gestión y control. (Libre et al., 2019)	D1. Planificación de rutas	Uso de software de planificación de rutas	¿Se utiliza software de planificación de rutas para determinar las rutas de distribución?	Observación directa, Ficha de observación
				¿Considera que el software de planificación de rutas es efectivo en su función?	Encuesta, Cuestionario
			Frecuencia de actualización de rutas	3. ¿Con qué frecuencia se actualizan las rutas de distribución?	Observación directa, Ficha de observación
				¿Se realizan actualizaciones de rutas de manera oportuna para evitar retrasos?	Encuesta, Cuestionario

D2. Gestión de inventarios	Exactitud del inventario	¿El inventario registrado corresponde con el inventario físico?	Observación directa, Ficha de observación
		¿Cree que el inventario se mantiene preciso y actualizado regularmente?	Encuesta, Cuestionario
	Tiempo de reposición de productos	¿Se sigue un procedimiento establecido para la reposición de productos?	Observación directa, Ficha de observación
		¿Considera mejorar la eficiencia del proceso actual de reposición de productos?	Encuesta, Cuestionario
D3. Tiempo de entrega	Puntualidad en las entregas	¿Las entregas se realizan dentro del tiempo estimado?	Observación directa, Ficha de observación
		¿Cree que las entregas se deban realizar con mayor puntualidad según el tiempo prometido al cliente?	Encuesta, Cuestionario

Nota. Elaborado por autores.

Tabla 23 Operación de variable dependiente

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
V D. Eficiencia del transporte	La logística de distribución tiene un rol importante dentro de los procesos de una empresa, además de aportar a la satisfacción del cliente, su gestión y control. (Libre et al., 2019)	D1: Tiempos de entrega	Tiempo promedio de entrega por ruta	¿Las entregas se realizan dentro del tiempo promedio estimado?	Encuesta, Cuestionario
				¿El tiempo promedio de entrega ha mejorado en los últimos seis meses?	Encuesta, Cuestionario
			Porcentaje de entregas puntuales	¿Considera que la mayoría de las entregas se realizan puntualmente?	Encuesta, Cuestionario
				¿Recibe alguna sanción o penalización por entregas no puntuales?	Encuesta, Cuestionario
			Tiempo total de respuesta a los pedidos	¿El tiempo de respuesta a los pedidos es adecuado para cumplir con las demandas del cliente?	Encuesta, Cuestionario
				¿El tiempo de respuesta afecta la satisfacción del cliente?	Encuesta, Cuestionario
			Variación del tiempo de entrega después de la optimización	¿Ha disminuido el tiempo de entrega promedio después de la implementación de mejoras logísticas?	Encuesta, Cuestionario

		¿Las mejoras implementadas han afectado positivamente los tiempos de entrega?	Encuesta, Cuestionario
	Costo promedio de operación por viaje	¿El costo promedio por viaje se ha reducido en los últimos meses?	Encuesta, Cuestionario
		¿El costo operativo está dentro de los límites presupuestados?	Encuesta, Cuestionario
	Reducción de costos de combustible	¿Ha habido una reducción en los costos de combustible?	Encuesta, Cuestionario
		¿Las nuevas rutas optimizadas han generado ahorros en combustible?	Encuesta, Cuestionario
D2: Costos operativos		¿Considera que el uso de combustible es eficiente?	Encuesta, Cuestionario
	Gastos de mantenimiento de la flota	¿Los gastos de mantenimiento de la flota han disminuido en los últimos meses?	Encuesta, Cuestionario
		¿El mantenimiento preventivo ha reducido los gastos inesperados?	Encuesta, Cuestionario
		¿Considera que el cronograma de mantenimiento actual es adecuado?	Encuesta, Cuestionario

D3: Satisfacción del cliente	Ahorro en costos por uso eficiente de recursos	¿La optimización de los recursos ha generado ahorros significativos?	Encuesta, Cuestionario
		¿Considera que la empresa utiliza eficientemente los recursos logísticos?	Encuesta, Cuestionario
	Nivel de satisfacción en tiempos de entrega	¿Los clientes están satisfechos con los tiempos de entrega?	Encuesta, Cuestionario
		¿Considera que los tiempos de entrega actuales son adecuados?	Encuesta, Cuestionario
	Percepción de la calidad del servicio	¿El servicio de transporte cumple con las expectativas de los clientes?	Encuesta, Cuestionario
		¿Ha recibido quejas recientes sobre la calidad del servicio?	Encuesta, Cuestionario
	Número de reclamos o quejas relacionados con el transporte	¿Los reclamos relacionados con el transporte son frecuentes?	Encuesta, Cuestionario
		¿Considera que se han resuelto de manera eficaz los reclamos relacionados con el transporte?	Encuesta, Cuestionario

D4: Utilización de la Flota de Transporte	Repetición de pedidos por clientes satisfechos	¿Los clientes suelen realizar pedidos recurrentes?	Encuesta, Cuestionario
		¿Considera que los clientes satisfechos tienden a repetir sus pedidos?	Encuesta, Cuestionario
	Nivel de utilización de la flota	¿Se ha mejorado la eficiencia en el uso de los vehículos?	Encuesta, Cuestionario
		¿Considera que la flota es suficiente para cubrir las demandas de distribución?	Encuesta, Cuestionario
	Frecuencia de mantenimiento de vehículos	¿El mantenimiento preventivo ha reducido los problemas mecánicos?	Encuesta, Cuestionario
		¿La frecuencia de mantenimiento es adecuada para evitar fallas?	Encuesta, Cuestionario
	Reducción de tiempos de inactividad de los vehículos	¿Se han implementado medidas efectivas para minimizar los tiempos de inactividad?	Encuesta, Cuestionario
		¿Considera que los vehículos están en operación el mayor tiempo posible?	Encuesta, Cuestionario

D5: Reducción de Tiempos de Inactividad	Número de vehículos necesarios para cubrir la demanda	¿La flota actual es suficiente para cubrir la demanda?	Encuesta, Cuestionario
		¿El número de vehículos actuales es adecuado para la demanda actual?	Encuesta, Cuestionario
	Porcentaje de reducción de tiempos de espera	¿Ha disminuido el tiempo de espera en las etapas de carga y descarga de los productos?	Encuesta, Cuestionario
	Impacto de la disminución de tiempos muertos en la operación	¿Los tiempos muertos afectan significativamente las operaciones diarias?	Encuesta, Cuestionario
	Tiempo de respuesta ante problemas logísticos	¿Los problemas logísticos se resuelven eficientemente para evitar tiempos muertos adicionales?	Encuesta, Cuestionario
		¿La empresa responde de manera rápida cuando se presentan problemas logísticos durante las entregas?	Encuesta, Cuestionario

Nota. Elaborado por autores.

La matriz de consistencia es una herramienta muy práctica que nos ayuda a revisar qué tan bien se relacionan y son coherentes entre sí el título, el problema, los objetivos, la hipótesis, las variables, las dimensiones, el método, el diseño de investigación, así como la población y muestra del estudio. En la Tabla 24 observamos de forma más clara y precisa estas relaciones.

Tabla 24 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DISEÑO METODOLÓGICO
General	General	General	Independiente	
¿Cómo la optimización de la logística de distribución mejora la eficiencia del transporte en la empresa SAVINLAB S. A.?	Optimizar la logística de distribución en la empresa SAVINLAB S. A. para mejorar la eficiencia del transporte reduciendo los costos logísticos de distribución y mejorando los tiempos de entrega y satisfacción de cliente.	La optimización de la logística de distribución mejora significativamente la eficiencia del transporte en la empresa SAVINLAB S. A., reduciendo los costos logísticos de distribución mejorando los tiempos de entrega.	Logística de distribución	Tipo de estudio no experimental y de tipo transversal
	Específicos		Dependiente	Diseño descriptivo y analítico
	1. Construir un estado de arte, mediante la combinación de la revisión sistemática de la literatura para brindar información actualizada de la logística de distribución.			Área de estudio Empresa SavinLab S.A
2. ¿Qué metodología ofrece una mejora de la eficiencia de la logística de distribución?	2. Esquematizar un marco metodológico por medio de estudios sobre logística de distribución para la		Eficiencia del transporte	Muestra poblacional Todos los empleados (administrativos, servicios, operacionales, clientes,) 20 min personal de logística de transporte, planificadores de ruta
3. ¿Cómo la implementación de tecnologías de la				

optimización logísticas impactará en la empresa SAVINLAB S. A.?	elaboración de un modelo optimizado. 3. Establecer un modelo optimizado de la logística de distribución a través de programas especializados que permita la eficiencia del transporte en Savinlab S.A.
--	---

Nota. Elaborado por autores.

2.7. Procedimiento para la recolección de los datos

En esta investigación, se utilizaron encuestas como herramienta complementaria para la recopilación de datos. Esta encuesta fue dirigida a los empleados de la empresa, y los datos obtenidos fueron procesados y analizados con el software IBM SPSS 28, facilitando un análisis exhaustivo. La recolección de datos implica estructurar información relevante sobre diversas variables, eventos y contextos relacionados con el estudio (Useche et al., 2019). En la Tabla 25, se presenta un plan detallado para el procesamiento de los datos, junto con las acciones que se llevarán a cabo.

Tabla 25 Proceso para la recolección de datos.

N°	Plan	Actuaciones
1	Entorno o contexto por observar	El investigador identifica la variable de estudio, apoyándose en una teoría y un método adecuados. Se selecciona el instrumento apropiado
2	Determinar la técnica de recolección de datos	para obtener información relevante que permita medir el comportamiento de la variable analizada.

3	Aplicación del instrumento	El trabajo de campo comprende todas las actividades necesarias para aplicar el instrumento, con el fin de recolectar datos precisos del contexto observado.
---	----------------------------	---

Nota: Elaborado por autores basados (Useche et al., 2019).

Este enfoque facilita el orden del proceso de investigación de forma lógica y secuencial, empezando con la identificación del objeto de estudio y la selección de teorías y métodos relevantes. A través de una selección pertinente de las técnicas e instrumentos de recolección de datos se asegura un acercamiento preciso a la realidad de la empresa. En este sentido, aplicar, correctamente, los instrumentos permiten obtener la información más importante para medir el comportamiento de las variables examinadas. De este modo, se logra optimizar la calidad del análisis y mejora la toma de decisiones basadas en evidencias contundentes.

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. Este enfoque permitirá que se obtenga un análisis situacional de la empresa, lo que va a permitir identificar su contexto operativo y sus principales desafíos, también facilitará la evaluación integral de los aspectos relevantes para la investigación y garantizará que las propuestas formuladas respondan a las necesidades reales de la empresa.

3.1.1. Validación del instrumento de recolección de datos

La validación de la técnica de la entrevista para la recolección de datos en el estudio cuantitativo se realizó, mediante, la construcción del cuestionario, seguido del juicio por expertos, quienes dieron validez al cuestionario y finalmente, se desarrolló el análisis e interpretación de datos obtenidos. Para esta técnica, también se analizará la fiabilidad del instrumento, mediante en Alfa de Cronbach, con el software IBM SPSS 28. Para luego utilizar el algoritmo heurístico, de esta manera, de esta manera, obtenemos la solución que es el modelo optimizado siguiendo el algoritmo de Clare y Wright.

Construcción de cuestionario

Se diseñó un cuestionario para la recolección de información (Anexo C). Este cuestionario consta de 40 preguntas de carácter cerrado, lo que facilita el análisis de los datos. Se implementaron medidas para garantizar que la información recopilada se tratara de manera adecuada, respetando la confidencialidad y la integridad de la empresa. Así, se asegura la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos en el estudio.

Juicios por expertos

Con el objetivo de garantizar la coherencia de las preguntas, se formó un grupo de tres expertos, seleccionados mediante criterios de inclusión: Profesionales de ciencia de la ingeniería, experiencia laboral de 3 años a 6 años, y criterios de exclusión: que no sean profesionales de ciencia de la ingeniería, experiencia laboral menor a 3 años. Los especialistas

fueron contactados personalmente y se les presentó la documentación correspondiente (Anexo F). A través de este proceso, se obtuvieron sus respuestas, de manera inmediata, lo que permitió ajustar y validar el contenido del cuestionario, de manera efectiva.

En cuanto a la adecuación y pertinencia de las preguntas se utilizó una matriz de validación por criterios de juicio de expertos donde sus criterios de evaluación fueron: relación entre la variable y la dimensión, relación entre la dimensión y el indicador, relación entre el indicador y el ítem, relación entre el ítem y la opción de respuesta, en la Tabla 26 se encuentra de manera detallada los resultados obtenidos.

Tabla 26 Respuestas de Juicio de Expertos

Pregunta	Juicio de expertos / Criterios de evaluación				Validación pregunta
N°	Relación entre la variable y la dimensión	Relación entre la dimensión y el indicador	Relación entre el indicador y el ítem	Relación entre el ítem y la opción de respuesta	(SI/NO)
1	SI	SI	SI	SI	SI
2	SI	SI	SI	SI	SI
3	SI	SI	SI	SI	SI
4	SI	SI	SI	SI	SI
5	SI	SI	SI	SI	SI
6	SI	SI	SI	SI	SI
7	SI	SI	SI	SI	SI
8	SI	SI	SI	SI	SI
9	SI	SI	SI	SI	SI
10	SI	SI	SI	SI	SI
11	SI	SI	SI	SI	SI
12	SI	SI	SI	SI	SI
13	SI	SI	SI	SI	SI
14	SI	SI	SI	SI	SI
15	SI	SI	SI	SI	SI

16	SI	SI	SI	SI	SI
17	SI	SI	SI	SI	SI
18	SI	SI	SI	SI	SI
19	SI	SI	SI	SI	SI
20	SI	SI	SI	SI	SI
21	SI	SI	SI	SI	SI
22	SI	SI	SI	SI	SI
23	SI	SI	SI	SI	SI
24	SI	SI	SI	SI	SI
25	SI	SI	SI	SI	SI
26	SI	SI	SI	SI	SI
27	SI	SI	SI	SI	SI
28	SI	SI	SI	SI	SI
29	SI	SI	SI	SI	SI
30	SI	SI	SI	SI	SI
31	SI	SI	SI	SI	SI
32	SI	SI	SI	SI	SI
33	SI	SI	SI	SI	SI
34	SI	SI	SI	SI	SI
35	SI	SI	SI	SI	SI
36	SI	SI	SI	SI	SI
37	SI	SI	SI	SI	SI
38	SI	SI	SI	SI	SI
39	SI	SI	SI	SI	SI
40	SI	SI	SI	SI	SI

Nota: Elaborado por autores.

Es importante señalar que, en este apartado se consideró la incertidumbre expresada por los expertos en relación con el cuestionario. En caso de que se identificara la necesidad de reajustar alguna de las preguntas formuladas, se llevarían a cabo las modificaciones pertinentes para su posterior validación. Estos ajustes están detallados en la Tabla 27, donde se pueden apreciar las recomendaciones y cambios realizados en función de las observaciones de los expertos.

Tabla 27 Validación por parte de los expertos

Validación			
Experto	1	2	3
Evaluación	Aceptado	Aceptado	Aceptado
Reajuste			

Nota: Elaborado por autores.

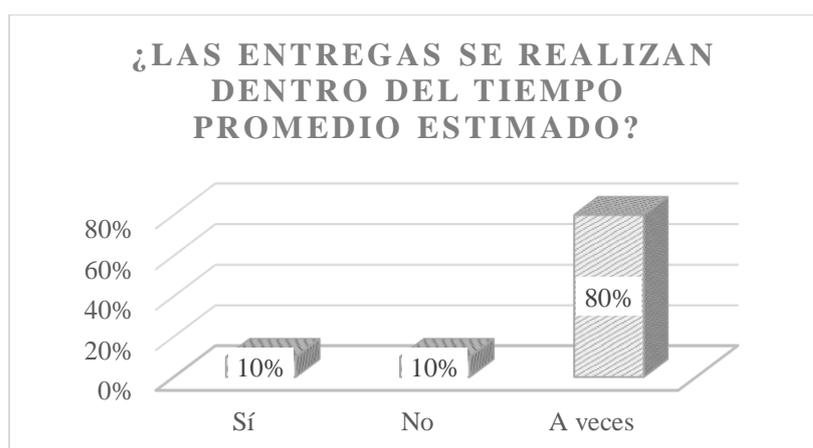
Análisis de datos obtenidos

Para la recolección de datos se aplicó un muestreo estratificado como se detalla en el capítulo II, sección 2.3.1 dando una aplicación de 20 trabajadores a encuestar de la empresa SAVINLAB S.A., a continuación, se presentan los resultados de las encuestas realizadas.

Pregunta 1: ¿Las entregas se realizan dentro del tiempo promedio estimado?

En la Figura 11, se muestran los resultados hallados para la pregunta 1, donde, el 80% de los trabajadores encuestados expresaron que las entregas de la empresa a veces se realizan dentro del tiempo estimado, el 10% mencionó que no se realizan a tiempo y el 10% restante expresó que si se realizan las entregas a tiempo. Es decir, las entregas del producto se encuentran parcialmente dentro del tiempo establecido por la empresa, pero la frecuencia con la que se realiza de forma adecuada no es predecible.

Figura 11 Tiempo promedio de entrega por ruta



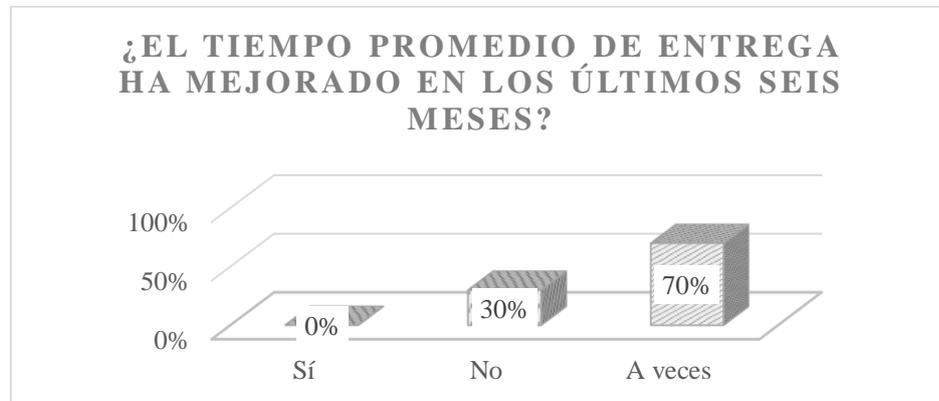
Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 2: ¿El tiempo promedio de entrega ha mejorado en los últimos seis meses?

Los resultados de esta interrogante se muestran en la Figura 12, donde, el 70% de los encuestados indicaron que el tiempo promedio de entrega ha mejorado parcialmente en el

transcurso de los últimos seis meses, el 30% restante mencionó que no ha mejorado. Bajo la obtención de estos resultados se puede concluir que los tiempos de entrega pueden mejorar si se buscan las soluciones adecuadas para su optimización.

Figura 12 Tiempo promedio de entrega II

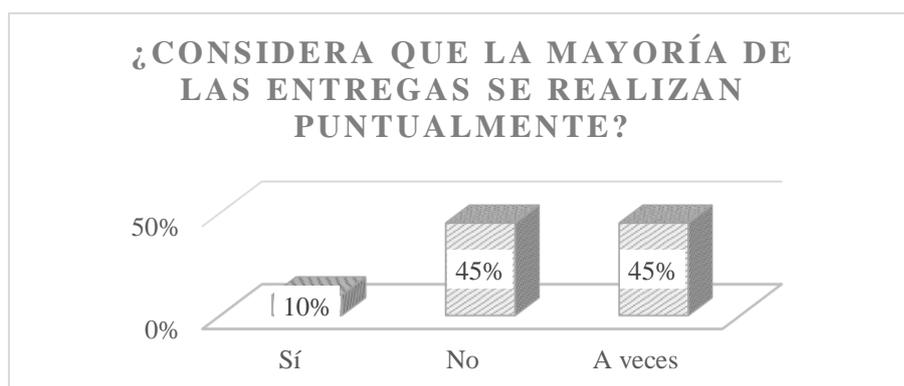


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 3: ¿Considera que la mayoría de las entregas se realizan puntualmente?

En la Figura 13, se detallan las respuestas recolectadas sobre el porcentaje de entregas puntuales, donde, el 45% de los encuestados mencionó que las entregas se realizaron parcialmente de forma puntual, el 45% expresó que no se realizaron las entregas de manera puntual, y el 10% que si se realizaron dentro del tiempo estimado. En este contexto, se puede deducir que la entrega del producto no se realiza de manera puntual siendo este uno de los puntos relevantes de mejora para la empresa.

Figura 13 Porcentaje de entregas puntuales I



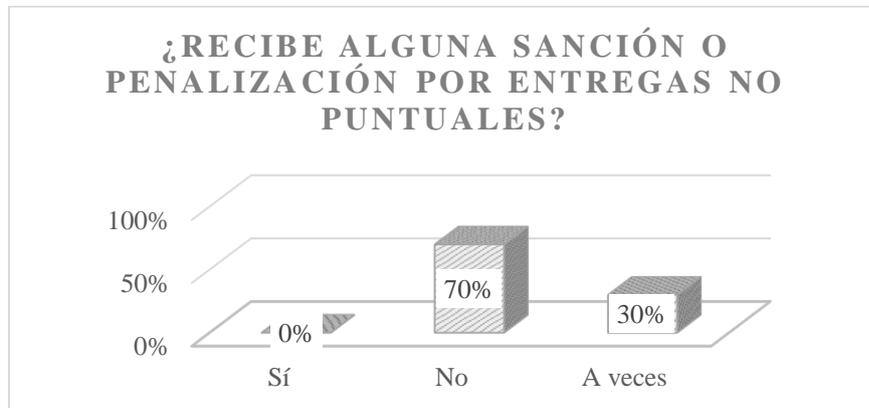
Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 4: ¿Recibe alguna sanción o penalización por entregas no puntuales?

En la Figura 14, se muestran los resultados para la interrogante 4, donde, el 70% de los encuestados indicaron que no reciben ningún tipo de penalización por realizar entregas

impuntuales reflejando un factor relevante a mejorar. Tras la interpretación de datos se definió que dentro de las políticas de la empresa no se toma en cuenta la importancia que tiene el tiempo de entrega del producto, dentro de la satisfacción del cliente.

Figura 14 Porcentaje de entregas puntuales II

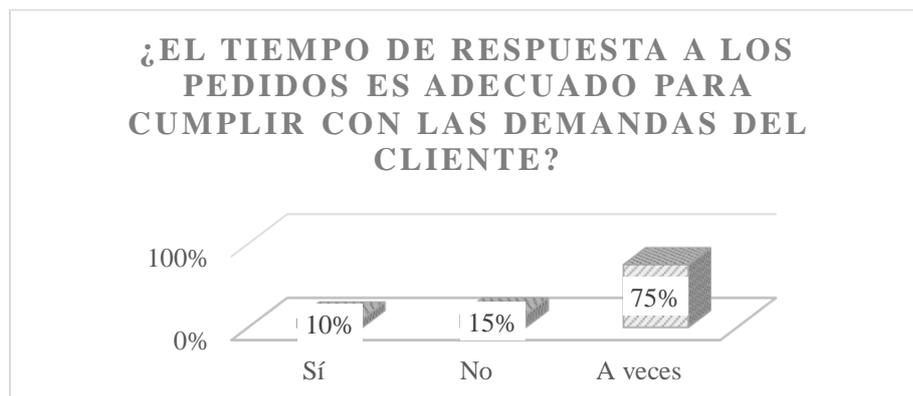


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 5: ¿El tiempo de respuesta a los pedidos es adecuado para cumplir con las demandas del cliente?

La Figura 15, se muestran los resultados de la interrogante 5, donde, con un notable 75% se evidenció que el tiempo de respuesta a veces es adecuado para cumplir la demanda del cliente. Se obtuvo que, los tiempos de entrega que se manejan en la empresa no satisfacen las necesidades de los clientes siendo este un punto importante para mejorar.

Figura 15 Tiempo total de respuesta a los pedidos I



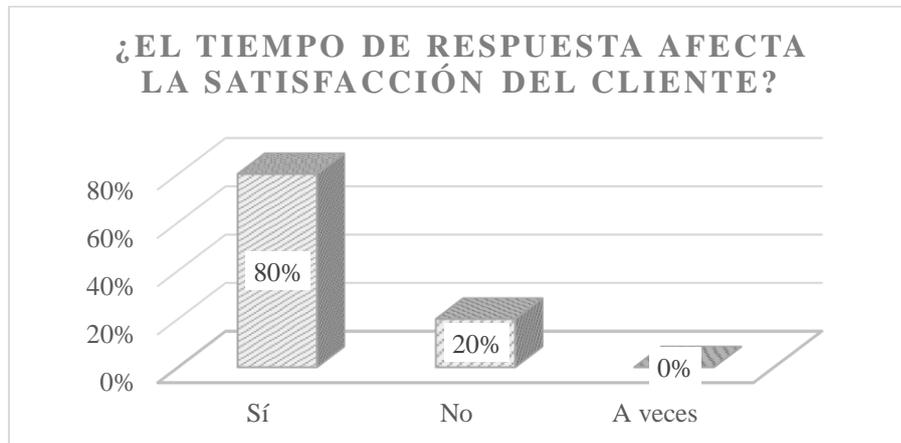
Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 6: ¿El tiempo de respuesta afecta la satisfacción del cliente?

Como se aprecia en la Figura 16, el 80% de los encuestados indicaron que el tiempo de respuesta es un factor relevante en la satisfacción del cliente. Estos resultados sugieren una

mejora en la eficiencia de entrega o de respuesta al cliente. El tiempo de entrega es un factor relevante para mantener al cliente leal a la organización por ende se recalcan la importancia de estos tiempos.

Figura 16 Tiempo total de respuesta a los pedidos II

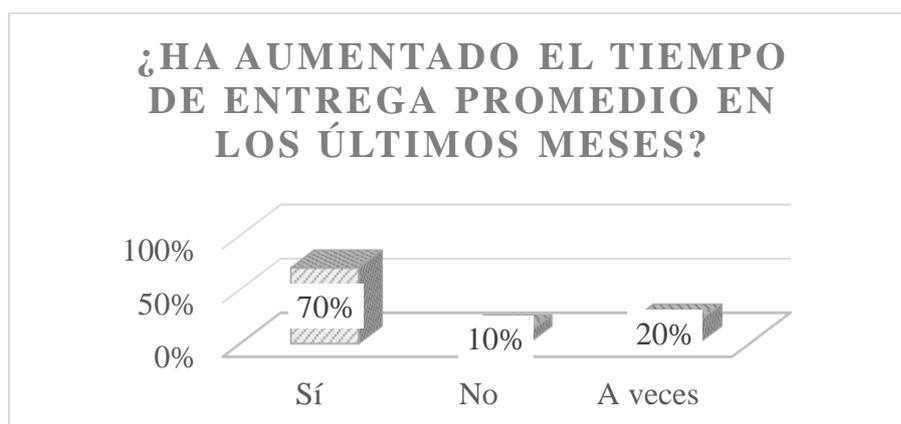


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 7: ¿Ha aumentado el tiempo de entrega promedio en los últimos meses?

Los resultados de esta pregunta se detallan en la Figura 17, donde, se reveló que el 70% de los encuestados expresaron que el tiempo de entrega promedio ha aumentado en los últimos meses. El 20% indicó que ha aumentado parcialmente y el 10% mencionó que si ha mejorado. La mejora de los tiempos de entrega es un factor importante para tomar en cuenta en las actividades de la empresa, por esto es crucial implementar métodos de optimización.

Figura 17 Variación de tiempo I



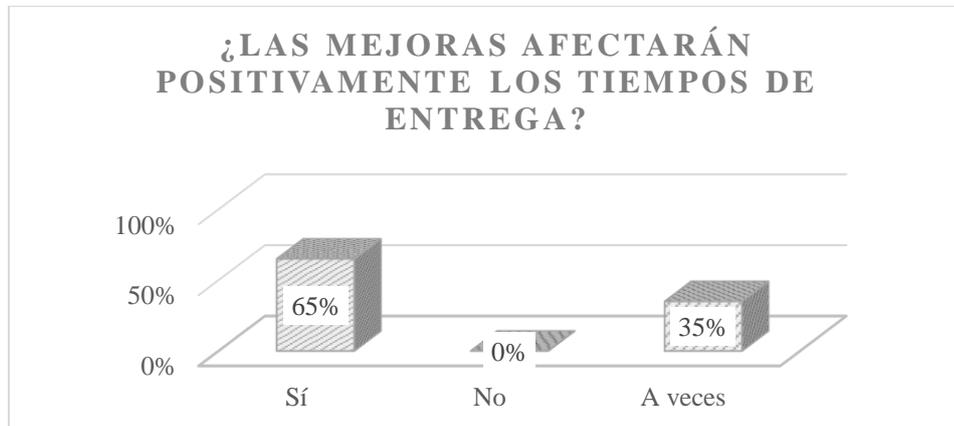
Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 8: ¿Las mejoras afectarán positivamente los tiempos de entrega?

Para esta interrogante se obtuvo que, un 65% de los encuestados expresó que las mejoras si pueden afectar positivamente los tiempos de entrega evidenciando una tendencia

positiva hacia la optimización de tiempos, como se muestra en la Figura 18. Recalcando la relación de esta interrogante con respecto al interrogante número ocho donde se preguntó si los tiempos de entrega se redujeron en los últimos meses, por lo que se puede evidenciar una posibilidad de optimización en la logística de la empresa.

Figura 18 Variación de tiempo II

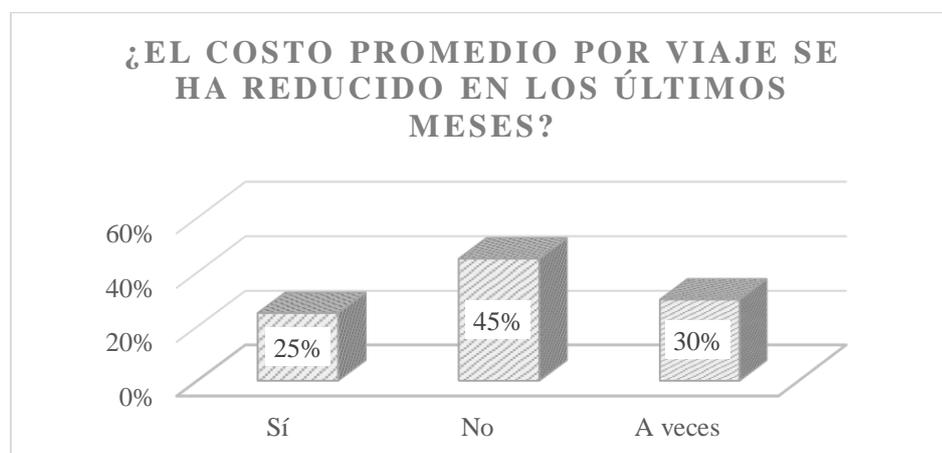


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 9: ¿El costo promedio por viaje se ha reducido en los últimos meses?

En la Figura 19, se detallan los resultados de esta interrogante en la que se puede evidenciar que un 45% de las respuestas revelaron que el costo promedio por viaje no se ha reducido en los últimos meses, el 25% mencionó que ha disminuido, mientras que el 30% restante indicó que se ha reducido parcialmente. Esto muestra que existe una posibilidad de mejora para los costos de transporte, este es un factor fundamental en el manejo de la empresa del cual depende su rentabilidad, es por ello que manejar los costos de transporte se vuelve indispensable en las actividades de la empresa.

Figura 19 Costo promedio de operación por viaje I

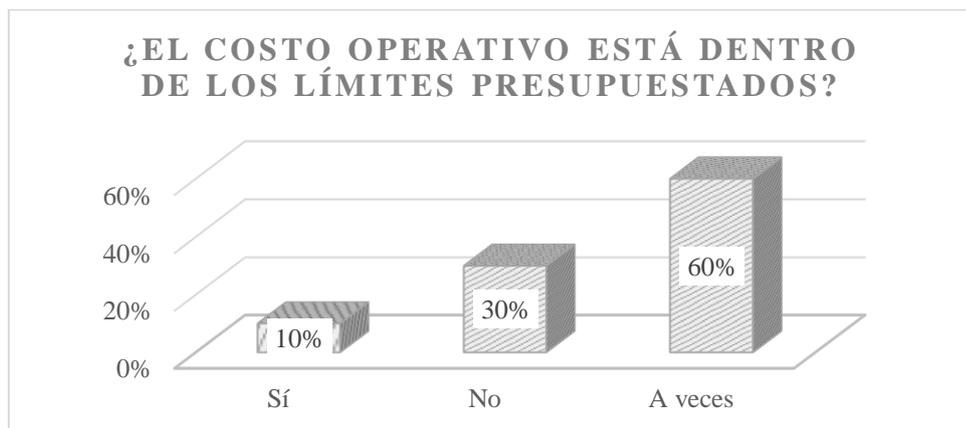


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 10: ¿El costo operativo está dentro de los límites presupuestados?

En la Figura 20, se encuentra ilustrados los resultados de esta interrogante, donde, se muestra que, el 60% de los empleados indicaron que el costo operativo a veces se encuentra dentro de los límites presupuestados, el 30% indicó que no se encuentran dentro de los límites y el 10% mencionó que no están dentro. Este porcentaje alto sugiere tomar medidas pertinentes sobre este factor. Mantener un control sobre los costos que maneja la empresa es fundamental, puesto a que un mal manejo podría causar un impacto negativo.

Figura 20 Costo promedio de operación por viaje II

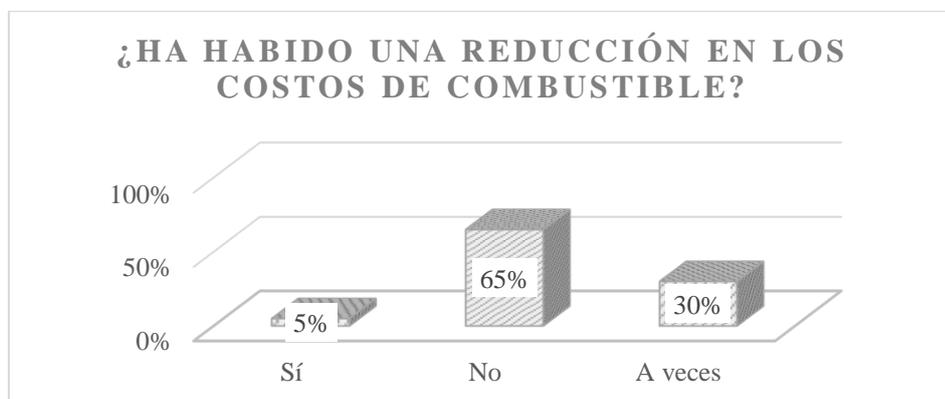


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 11: ¿Ha habido una reducción en los costos de combustible?

En la figura 21, se detalla que, el 65% de los encuestados reveló que no se han reducido los costos de combustible, el 30% indicó que se ha reducido parcialmente y el 5% mencionó que si se ha reducido. Estos resultados evidencian una posible mejora dentro de los costos de transporte. Optimizar este tipo de costos es indispensable dentro de una empresa puesto que puede aumentar su rentabilidad.

Figura 21 Reducción de costos de combustible I

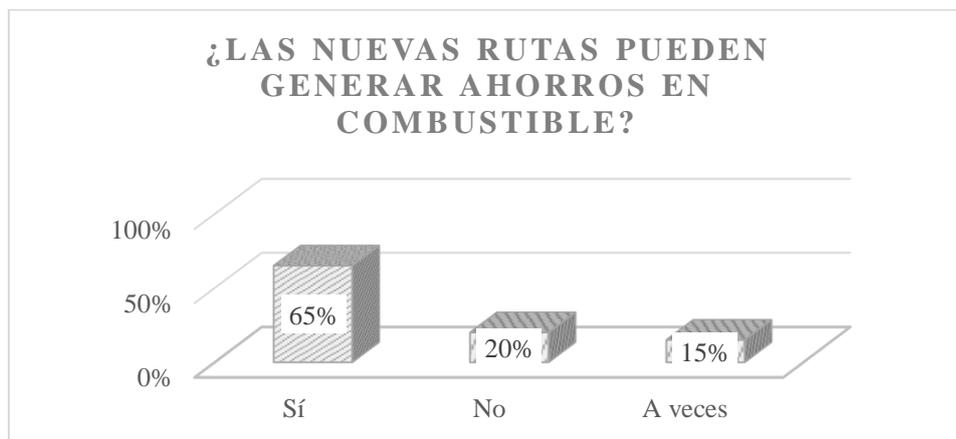


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 12: ¿Las nuevas rutas pueden generar ahorros en combustible?

En respuesta a la pregunta planteada se obtuvo que, el 65% de los encuestados mencionaron que las nuevas rutas si podrían generar un ahorro de combustible, el 15% expresó que se ahorrarían parcialmente y el 20% reveló que no existirán cambios en el costo del combustible, como se muestra en la Figura 22. Poseer rutas optimizadas contribuye a la minimización de los costos de transporte y es un factor favorable dentro del uso correcto de los recursos.

Figura 22 Reducción de costos de combustible II

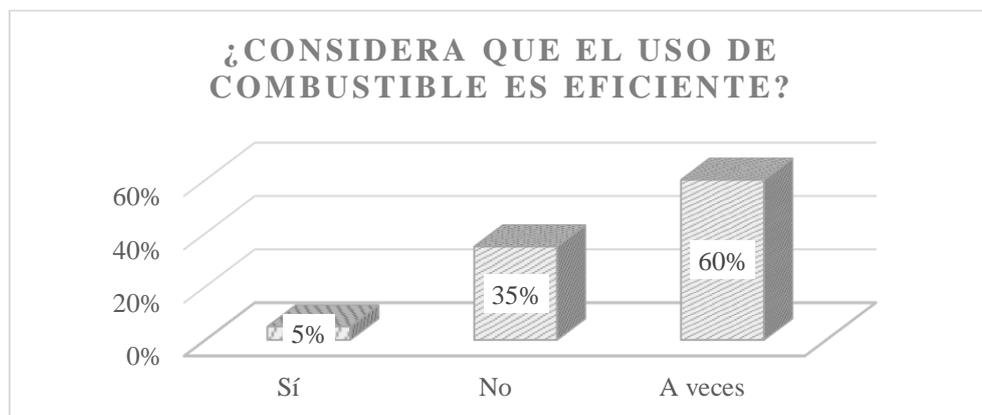


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 13: ¿Considera que el uso de combustible es eficiente?

En la figura 23, se detallan los resultados de esta interrogante. Se obtuvo que, el 60% de los encuestados mencionó que el combustible se usa de manera eficiente parcialmente, el 35% se consideró que no es eficiente y el 5% indicó que se usa eficientemente. Dentro del manejo de rutas de transporte es importante el uso de los recursos de forma efectiva puesto que su optimización afecta negativamente los costos.

Figura 23 Reducción de costos de combustible III

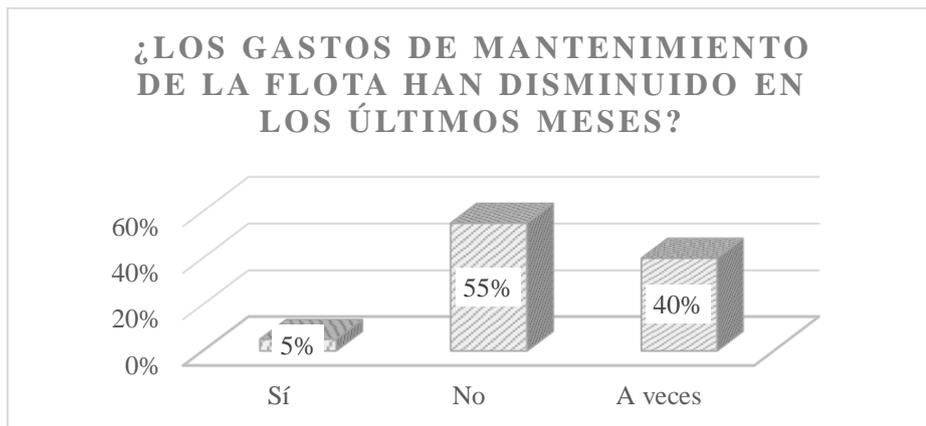


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 14: ¿Los gastos de mantenimiento de la flota han disminuido en los últimos meses?

En la Figura 24 se muestran los resultados obtenidos para esta interrogante, donde, el 55% reveló que los gastos de flota no han disminuido en los últimos meses, 40% expresó que los gastos han disminuido parcialmente y el 5% que si ha disminuido. El mantenimiento de flota también incurre dentro de los costos debido a que si no se conservan en buenas condiciones podrían causar retrasos en las entregas.

Figura 24 Gastos de mantenimiento de la flota I

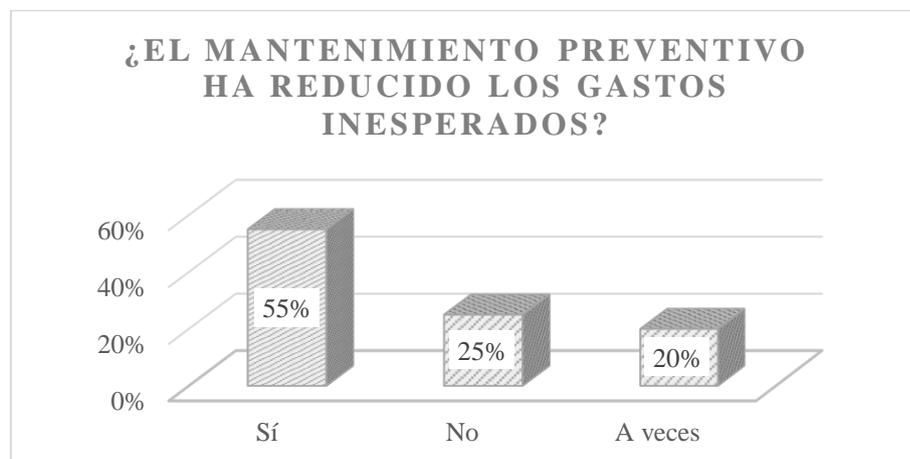


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 15: ¿El mantenimiento preventivo ha reducido los gastos inesperados?

En la Figura 25, se muestran los resultados de esta interrogante. Se evidencia que el 55% de los encuestados indicaron que los mantenimientos preventivos han reducido los gastos inesperados, por otra parte, el 25% señaló que no han reducido los gastos y el 20% que se han disminuido parcialmente.

Figura 25 Gastos de mantenimiento de la flota II

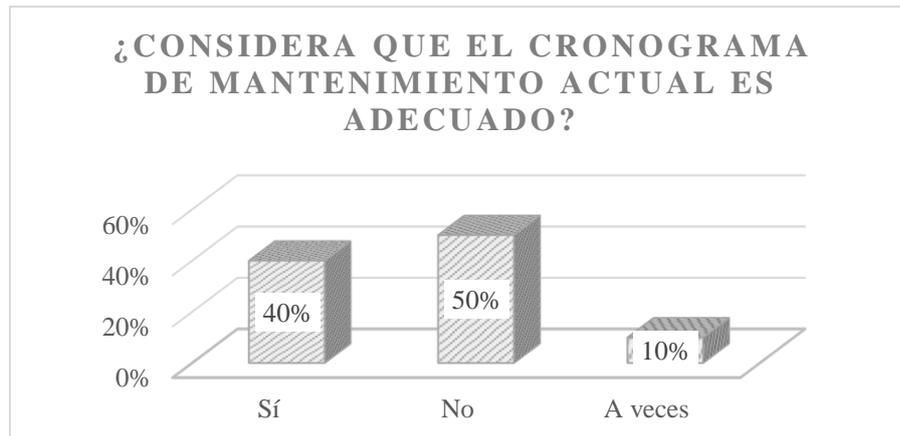


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 16: ¿Considera que el cronograma de mantenimiento es adecuado?

Como se detalla en la Figura 26, el 50% de los encuestados consideró que el cronograma de mantenimiento no es adecuado, el 40% indicó que si, mientras que el 10% dijo que era parcialmente adecuado. En base a esto es necesario modificar el cronograma de mantenimiento de la empresa puesto que el que se maneja actualmente no es adecuado.

Figura 26 Gastos de mantenimiento de la flota II

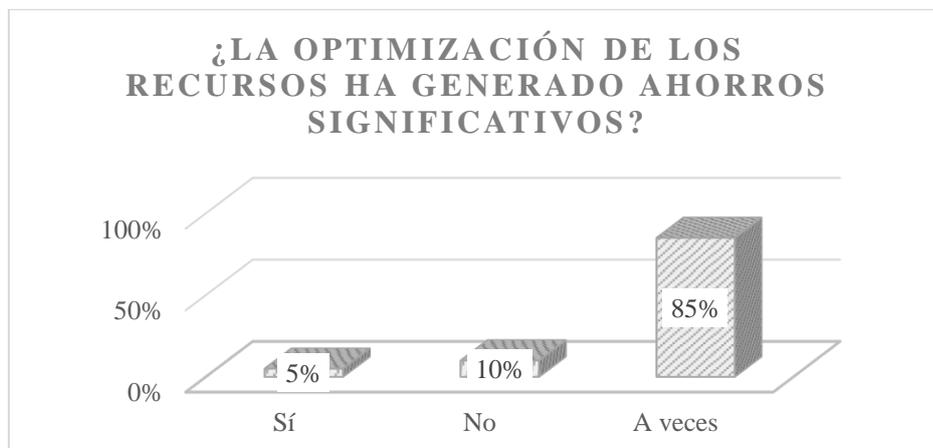


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 17: ¿La optimización de los recursos ha generado ahorros significativos?

Para esta interrogante se obtuvo que, para el 85% de los encuestados la optimización de los recursos ha generado ahorros parcialmente, mientras que el 10% mencionó que no ha generado ahorros significativos y el 5% que si han aparecido ahorros, como se encuentra ilustrado en la Figura 27. Optimizar los recursos adecuadamente es ventajoso para la empresa puesto que su reducción afecta positivamente la eficiencia.

Figura 27 Ahorro en costos por uso eficiente de recursos I

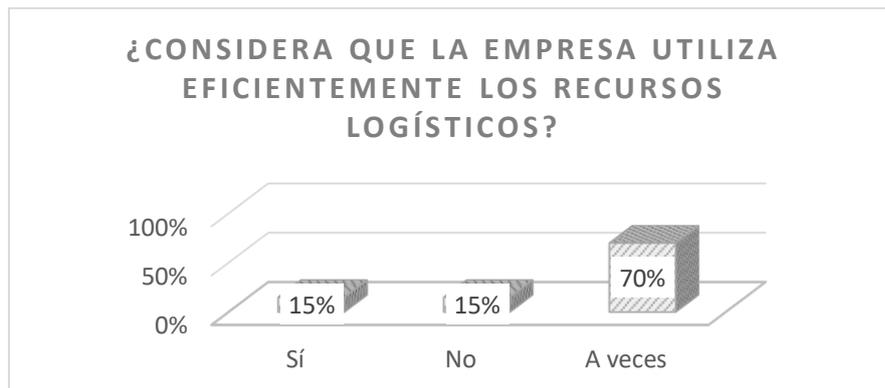


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 18: ¿Considera que la empresa utiliza eficientemente los recursos logísticos?

En la Figura 28, se detallan los resultados de esta interrogante, donde, el 70% de los encuestados mencionaron que los recursos logísticos son usados de forma eficiente parcialmente, mientras que el 15% especificó que se usan eficientemente, el 15% restante dijo que su uso no es eficaz. En este contexto, se considera que manejar los recursos de manera responsable es relevante dentro de la empresa puesto que posibilita un impacto positivo en los costos de logística.

Figura 28 Ahorro en costos por uso eficiente de recursos II

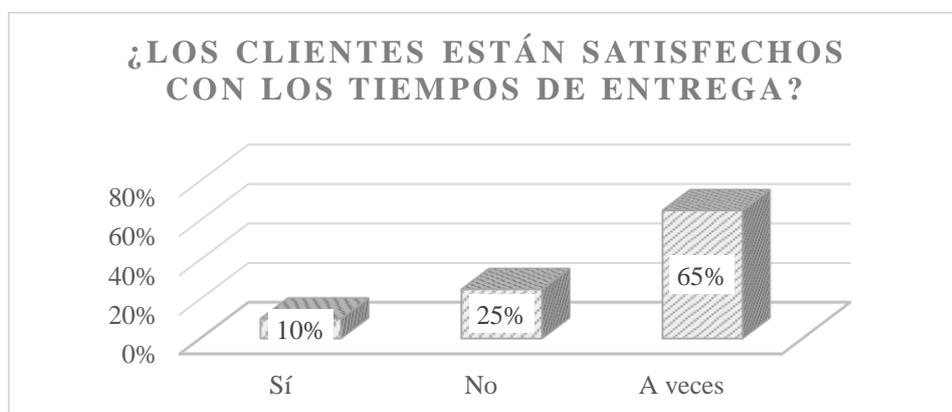


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 19: ¿Los clientes están satisfechos con los tiempos de entrega?

La Figura 29, en consonancia con las respuestas de los encuestados, se detalla que el 65% mencionó que los clientes están parcialmente satisfechos con los tiempos de entrega, el 25% reveló que no se sienten satisfechos y el 10% restante que si lo están. En base a esto, se deben tomar decisiones que permitan mejorar y reducir los tiempos de entregas, para cuidar la satisfacción de los clientes, puesto que el porcentaje de consumidores completamente insatisfechos es significativo.

Figura 29 Nivel de satisfacción en tiempos de entrega I



Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 20: ¿Considera que los tiempos de entrega actuales son adecuados?

En la Figura 30, se detallan las respuestas a la interrogante 20, donde, se reveló que, el 65% de los encuestados señalaron que los tiempos de entrega a veces son adecuados, el 25% mencionó que no son adecuados, mientras que el 10 restante indicó que si eran adecuados. Estos hallazgos sugieren un posible margen de reducción en los tiempos de entrega. Optimizar los tiempos de entrega en la empresa tendrá un impacto significativo a la misma puesto que estaría contribuyendo a la satisfacción del cliente.

Figura 30 Nivel de satisfacción en tiempos de entrega II



Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 21: ¿El servicio de transporte cumple con las expectativas?

En la Figura 31, en consistencia con las respuestas de los encuestados sobre la percepción de la calidad del servicio se reveló que, el 60% mencionó que el servicio de transporte cumple parcialmente con las expectativas de los clientes, el 20% que no cumple con las expectativas, mientras que el 20% restante indicó que las expectativas si son cumplidas. En este contexto, los tiempos de entrega y el servicio de transporte reflejan al cliente la administración de la empresa, por esto, es importante mantenerlos en buena gestión para brindar una imagen segura al mercado.

Figura 31 Percepción de la calidad del servicio I

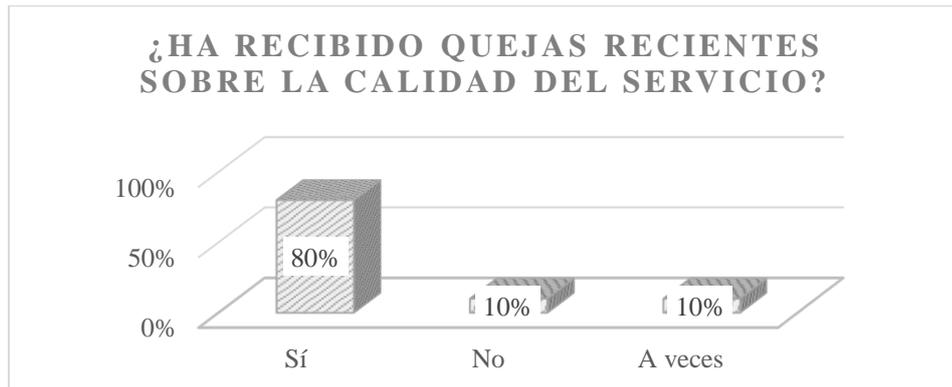


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 22: ¿Ha recibido quejas recientes sobre la calidad del servicio?

En la Figura 32, se muestran los resultados de esta interrogante, donde, el 80% de los encuestados mencionaron que la empresa ha recibido quejas recientes sobre la calidad del servicio que se brinda, mientras que el 10% mencionó que no se han recibido quejas. Estos resultados muestran una verdadera problemática sobre el servicio brindado a los clientes, lo que señala una brecha para la optimización de la logística de distribución de la empresa.

Figura 32 Percepción de la calidad del servicio II

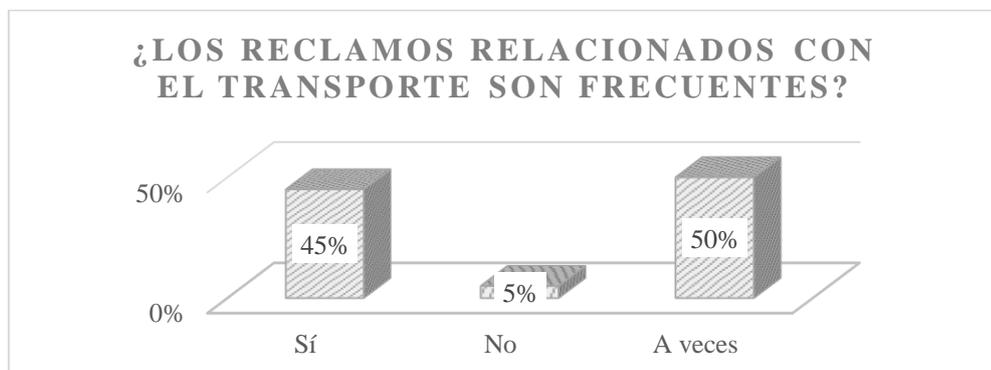


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 23: ¿Los reclamos relacionados con el transporte son frecuentes?

En la Figura 33, se detallan los resultados de esta interrogante, donde, el 45% de los encuestados señalaron que los reclamos relacionados con el transporte son realizados de forma frecuente. Así mismo, el 50% mencionó que en ciertas ocasiones los clientes realizaron quejas por el transporte, mientras que el 5% restante indicó que no existían quejas. Los reclamos excesivos de los clientes indican que la logística de distribución de la empresa presenta deficiencias significativas, lo que indica una posibilidad de mejora en los métodos de transporte.

Figura 33 Número de reclamos o quejas relacionados con el transporte I

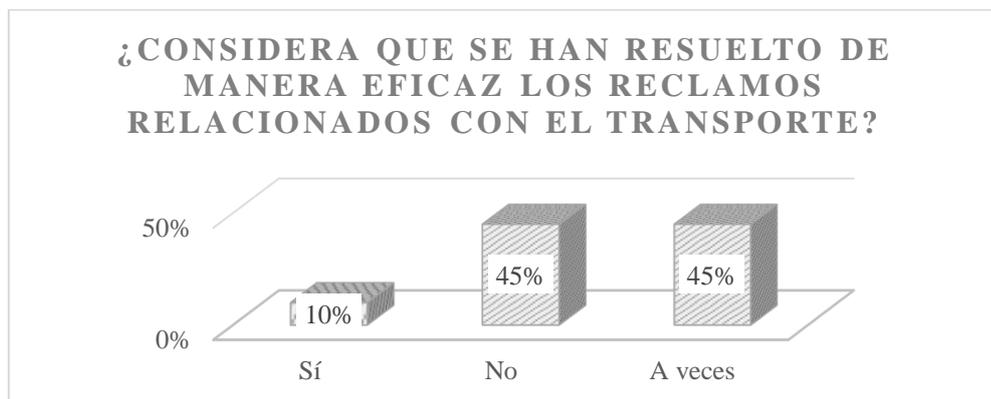


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 24: ¿Considera que se han resuelto de manera eficaz los reclamos relacionados con el transporte?

En la Figura 34, se muestran los resultados obtenidos para la interrogante 24, donde, el 45% mencionó que los problemas relacionados con el transporte no se han resuelto de manera eficaz, el 45% indicó que se han resuelto parcialmente y el 10% que si han sido resueltas. Ante estos resultados, la empresa no ha presentado soluciones que mejoren estos reclamos, lo que abre una posibilidad de mejora en la logística de distribución.

Figura 34 Número de reclamos o quejas relacionados con el transporte II

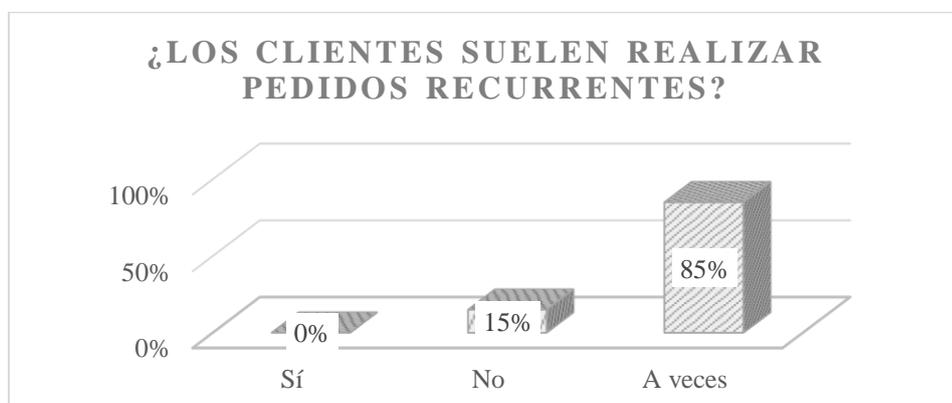


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 25: ¿Los clientes suelen realizar pedidos recurrentes?

En la Figura 35, se detallan los resultados de esta interrogante, donde, el 85% de los encuestados mencionaron que los clientes realizaron pedidos recurrentes de forma parcial, mientras que el 15% restante reveló que no se suelen realizar pedidos recurrentes. Ante los puntos de mejora de la empresa se puede conseguir un aumento de la frecuencia de los pedidos proporcionando un mejor servicio de transporte.

Figura 35 Repetición de pedidos por clientes satisfechos I

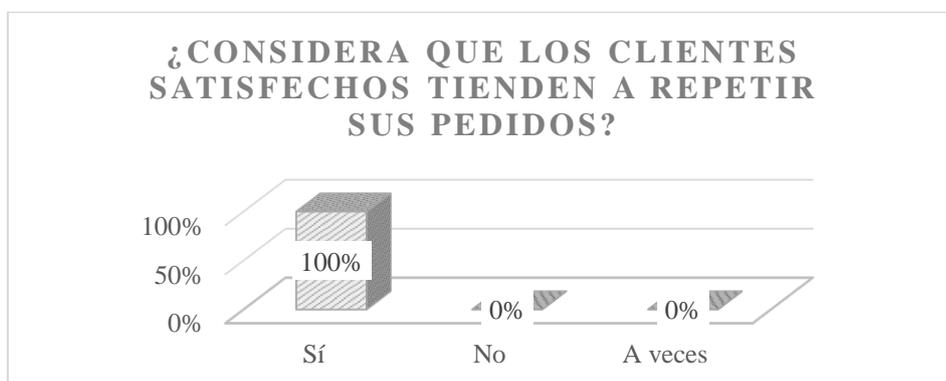


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 26: ¿Considera que los clientes satisfechos tienden a repetir sus pedidos?

En la Figura 36, se evidencia que, para esta interrogante el 100% de los encuestados mencionaron que los clientes satisfechos con el servicio proporcionado tienden a repetir sus pedidos de forma recurrente. Como se pudo observar en el análisis de la pregunta anterior, en esta interpretación queda acentuada la relevancia que tiene la satisfacción del cliente.

Figura 36 Repetición de pedidos por clientes satisfechos II

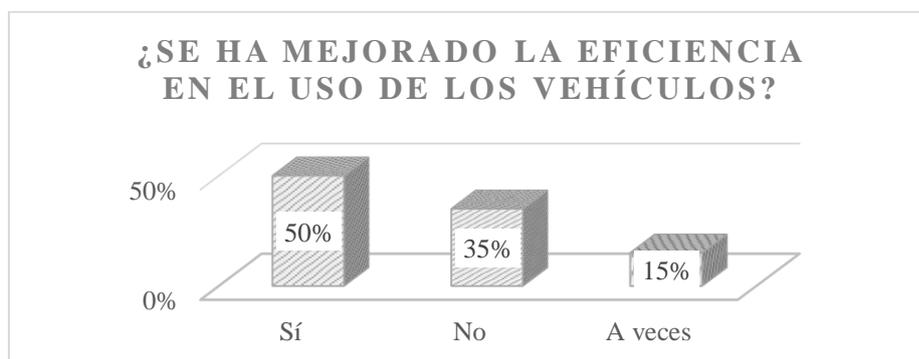


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 27: ¿Se ha mejorado la eficiencia en el uso de los vehículos?

En la Figura 37, se presentan las respuestas obtenidas sobre el nivel de utilización de flota, donde, el 50% de los encuestados afirmaron que se ha mejorado la eficiencia en el uso de los vehículos de la empresa en los últimos años, el 35% mencionó que no se habían presentado mejoras y el 15% restante expresó que las mejoras fueron parciales. En este contexto, se analiza que, a pesar de la supuesta mejora en el tiempo, la eficiencia del transporte de la empresa aun posee margen de progreso.

Figura 37 Nivel de utilización de la flota I



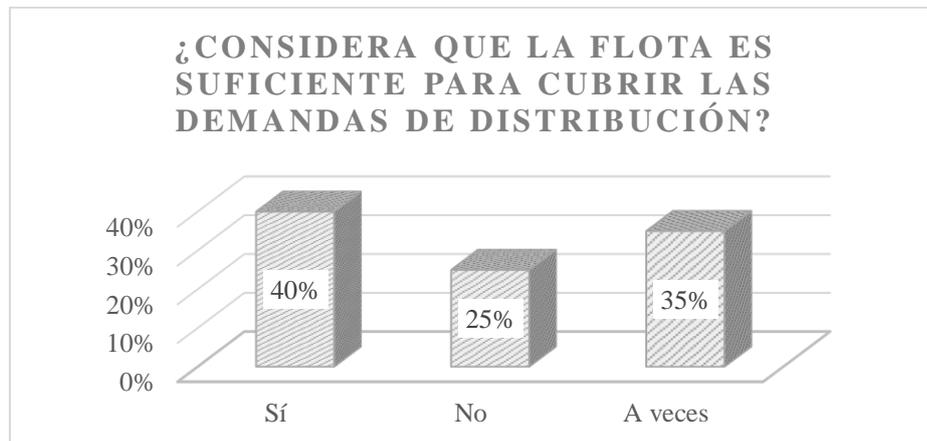
Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 28: ¿Considera que la flota es suficiente para cubrir las demandas?

Como se muestra en la Figura 38, para esta interrogante se tiene que, el 40% de los encuestados consideró que la cantidad de vehículos que la empresa posee en la actualidad es

suficiente para cubrir la demanda, el 35% mencionó que en ocasiones es insuficiente y el 25% restante que la flota actual no era suficiente para cubrir la demanda de los clientes. En este contexto, se considera que la flota de vehículos es suficiente para las necesidades actuales de la empresa, considerando sus clientes fijos.

Figura 38 Nivel de utilización de la flota II

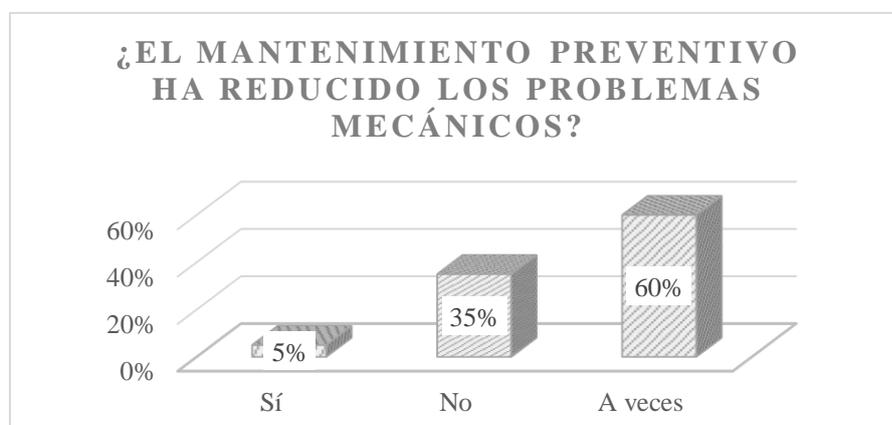


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 29: ¿El mantenimiento preventivo ha reducido los problemas mecánicos?

En la Figura 29, se detallan los datos recolectados sobre la frecuencia de mantenimiento de vehículos, donde, el 60% de los encuestados reveló que el mantenimiento preventivo reduce parcialmente los problemas mecánicos, el 35% mencionó que no redujeron los problemas y el 5% que si fueron reducidos. Contar con un correcto mantenimiento preventivo reduce de manera significativa los problemas mecánicos que se pueden presentar en las actividades de transporte.

Figura 39 Frecuencia de mantenimiento de vehículos I

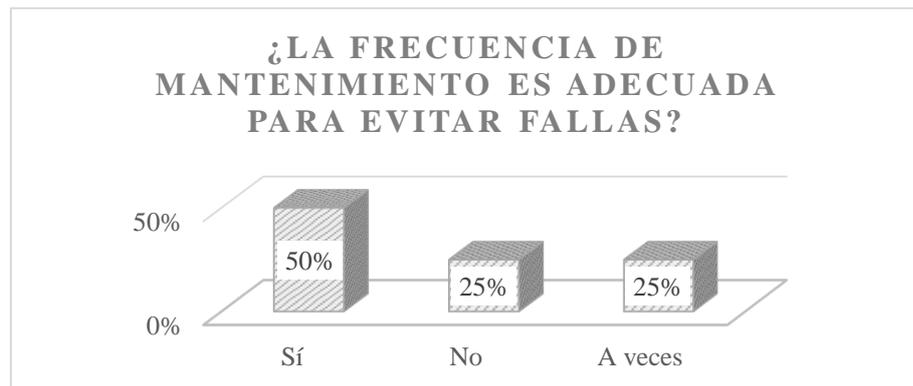


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 30: ¿La frecuencia de mantenimiento es adecuada para evitar fallas?

De igual forma, en la Figura 40, se expresan los resultados obtenidos para esta interrogante, donde, el 50% de los encuestados mencionaron que la frecuencia de mantenimiento es adecuada para evitar fallas, mientras que el 25% expresó que no era la adecuada, el 25% restante que a veces evitaba fallas el mantenimiento. En este sentido, se considera que el mantenimiento que se maneja en la empresa es adecuado para evitar distintas fallas en los vehículos de ésta.

Figura 40 Frecuencia de mantenimiento de vehículos II

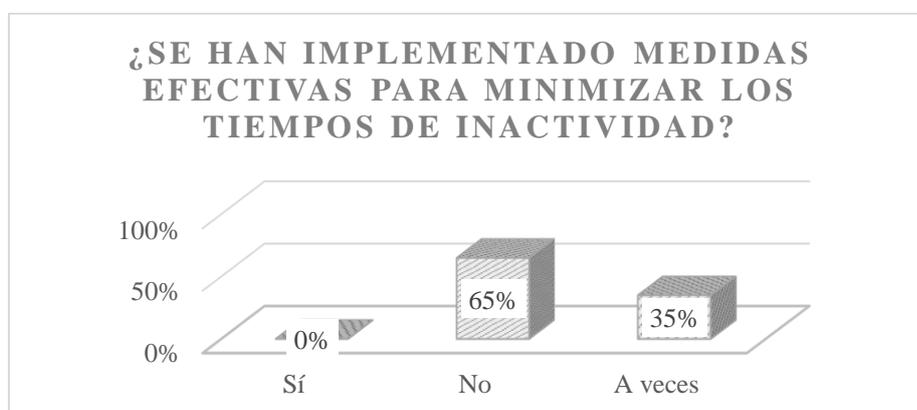


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 31: ¿Se han implementado medidas efectivas para minimizar los tiempos de inactividad?

En la Figura 41, se detallan los resultados de la pregunta 31, donde, el 65% de los encuestados concluyeron que no se han implementado medidas efectivas para minimizar los tiempos de inactividad, mientras que el 35% restante mencionó que se habían implementado en ciertas ocasiones. Los tiempos inactivos de un equipo pueden traer consigo impactos negativos a la empresa puesto que no se aprovechan los recursos en su totalidad.

Figura 41 Reducción de tiempos de inactividad de los vehículos I

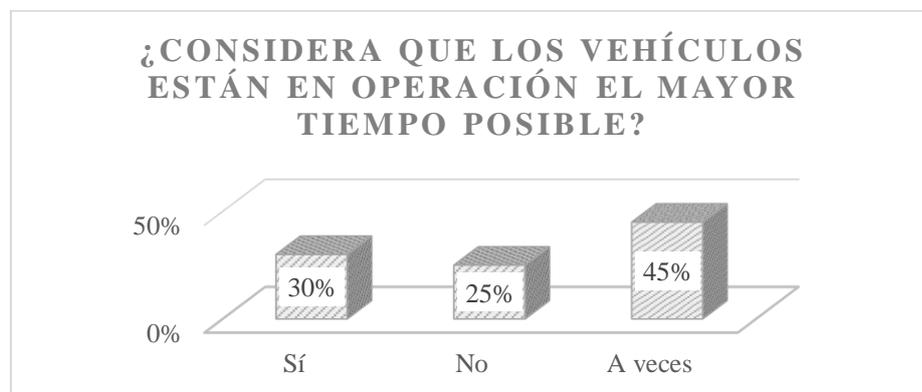


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 32: ¿Considera que los vehículos están en operación el mayor tiempo posible?

Por otra parte, en la Figura 42, se detallan los resultados, donde, el 45% de los encuestados expresó que a veces los vehículos están en operación el mayor tiempo posible, el 25% que no están operativos en su totalidad y el 30% restante mencionó que los vehículos si operaban de forma ininterrumpida. En este sentido, se puede mencionar que las rutas tienen margen de mejoras puesto que los vehículos pueden tener más tiempo en operación del que se usa actualmente.

Figura 42 Reducción de tiempos de inactividad de los vehículos II

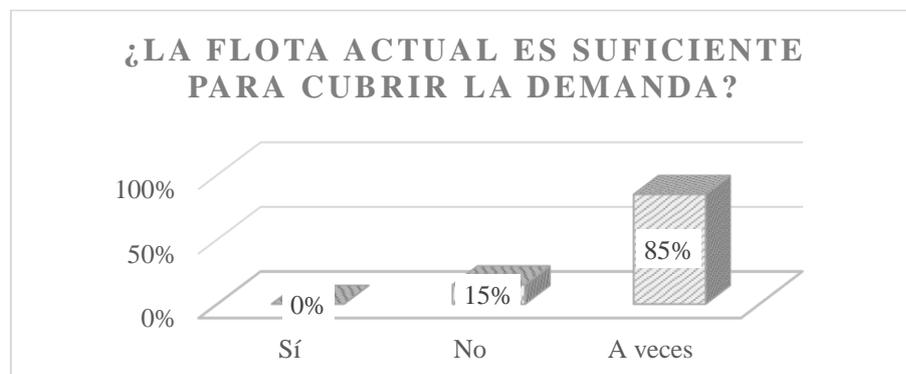


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 33: ¿La flota actual es suficiente para cubrir la demanda?

En la Figura 43, se revela que, el 85% de los encuestados mencionaron que la flota actual a veces es suficiente para cubrir la demanda, por otra parte, el 15% de indicó que la flota no es suficiente. En este sentido, contar con una flota adecuada agiliza el manejo de la demanda puesto que si se posee el número adecuado de vehículos se puede aumentar la eficiencia de los mismo.

Figura 43 Número de vehículos necesarios para cubrir la demanda I

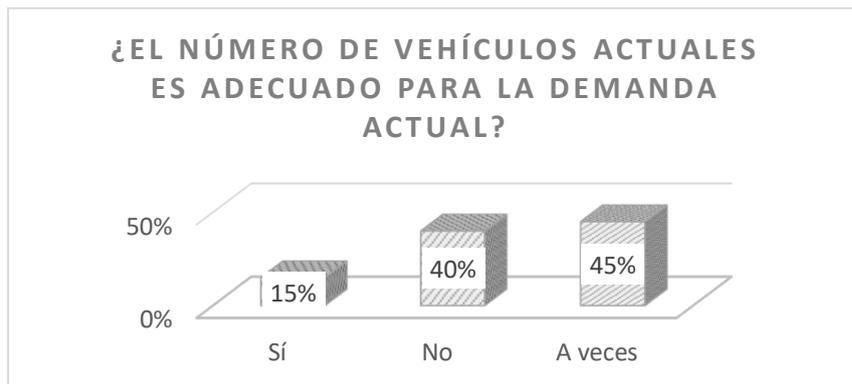


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 34: ¿El número de vehículos actuales es adecuado para la demanda actual?

En la Figura 44, se detallan los resultados de esta interrogante, donde, el 45% de los encuestados indicaron que a veces el número de vehículos era adecuado para la demanda actual, mientras que el 40% señaló que el número de vehículos no es adecuado para la demanda actual y el 15% restante que si era adecuada la cantidad de unidades. Contar con el número apropiado de vehículos es fundamental para cubrir la demanda de los clientes y aumentar la satisfacción de éstos.

Figura 44 Número de vehículos necesarios para cubrir la demanda II

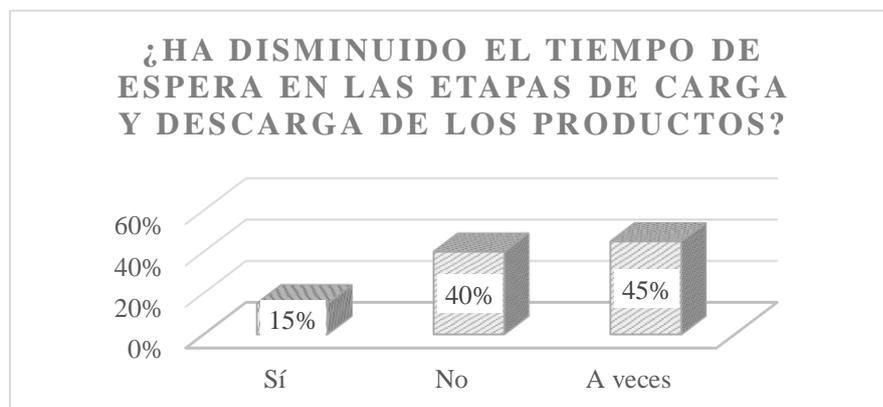


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 35: ¿Ha disminuido el tiempo de espera en las etapas de carga y descarga de los productos?

En la Figura 45 se presentan los resultados de esta interrogante, donde, el 45% de los encuestados mencionaron que el tiempo de carga y descarga de los productos ha disminuido parcialmente, el 40% expresó que no ha disminuido y el 15% que si se han presentado mejoras. Los tiempos de carga y descarga son fundamentales puesto que inciden dentro del tiempo total en el que se realizan las entregas.

Figura 45 Porcentaje de reducción de tiempos de espera



Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 36: ¿Los tiempos muertos afectan significativamente las operaciones?

En la Figura 46, se detallan los resultados de esta interrogante, donde, el 100% afirmó que los tiempos muertos si afectan de forma significativa las operaciones diarias de la empresa. En este contexto, los tiempos muertos dentro de las actividades de transporte son relevantes en las operaciones de la empresa puesto que pueden aumentar los costos del producto.

Figura 46 Impacto de la disminución de tiempos muertos en la operación

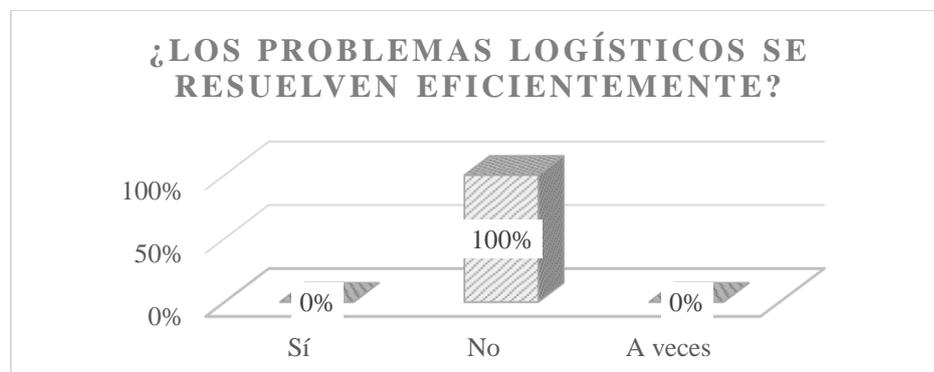


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 37: ¿Los problemas logísticos se resuelven eficientemente para evitar tiempos muertos adicionales?

En la figura 47, en consistencia con las respuestas de los encuestados, se detalla que, el 100% mencionó los problemas logísticos no se resuelven de manera eficiente para evitar tiempos muertos adicionales. Reducir los tiempos muertos dentro del proceso logístico producen un impacto positivo a la logística que se maneja en la empresa puesto que podemos aumentar eficiencia operativa y reducir los costos.

Figura 47 Tiempo de respuesta ante problemas logísticos I

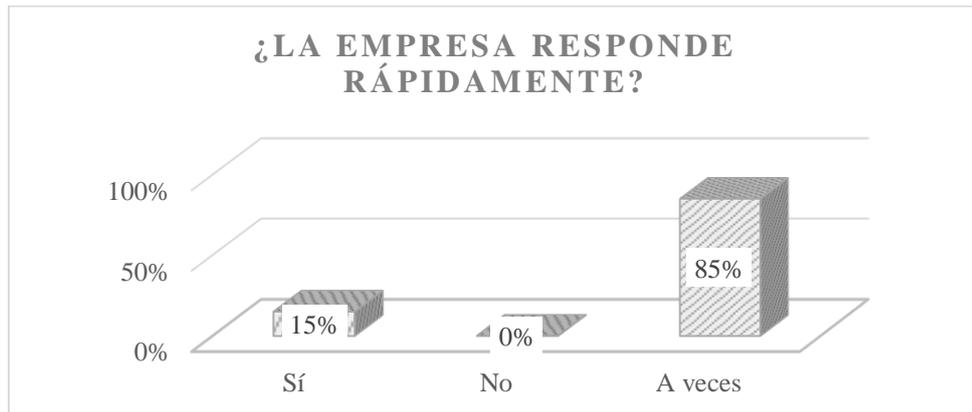


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 38: ¿La empresa responde de manera rápida cuando se presentan problemas logísticos durante las entregas?

En la Figura 48, se detallan las respuestas de la interrogante 38, donde, el 85% de los encuestados mencionaron que a veces la empresa responde de manera rápida cuando se presentan problemas logísticos durante las entregas, mientras que el 15% restante señaló que si existe una respuesta rápida por parte de la empresa. Presentar soluciones de manera rápida ante una problemática permite reducir el impacto de los inconvenientes producidos y demuestra una buena gestión de la organización.

Figura 48 Tiempo de respuesta ante problemas logísticos II

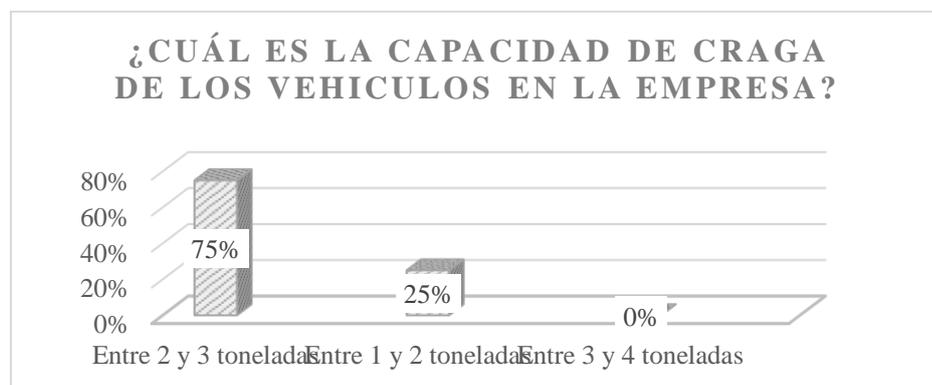


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 39: ¿Cuál es la capacidad de carga promedio de los vehículos de distribución utilizados en la empresa?

En la Figura 49, se detallan los resultados de esta interrogante, donde, el 75% de los encuestados indicó que la capacidad de los vehículos está entre 2 y 3 toneladas, mientras que el 25% restante señaló que está entre 1 y 2 toneladas. Conocer la capacidad de carga de los vehículos de distribución es fundamental debido a que de esta manera se pueden evitar problemas referentes a la cantidad de producto que se puede transportar en cada ruta de transporte.

Figura 49 Carga promedio

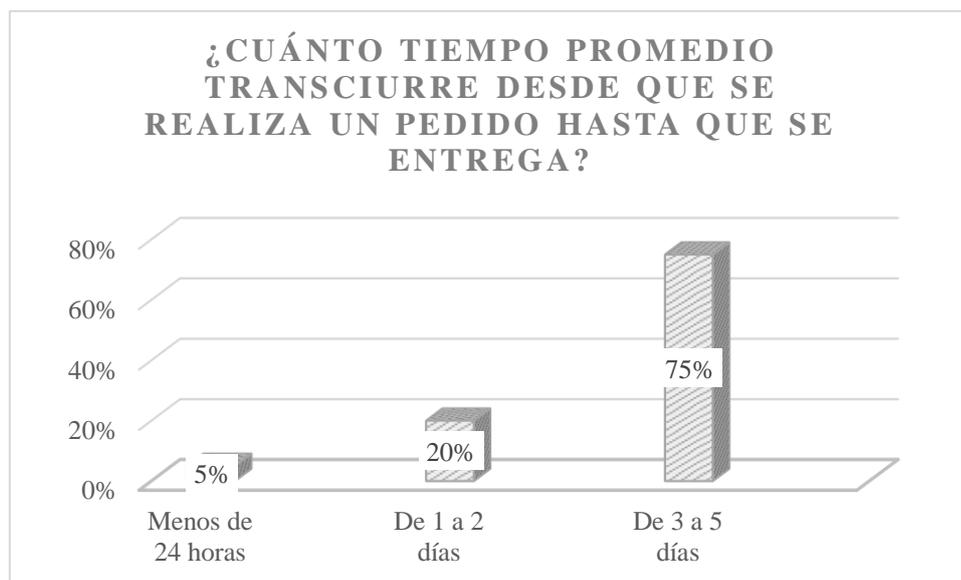


Nota. Elaborado por autores.

Pregunta 40: ¿Cuánto tiempo promedio transcurre desde que se realiza un pedido hasta que se entrega?

En la Figura 50, se detallan las respuestas a esta interrogante, donde, el 75% de los encuestados indicó que el tiempo promedio que transcurre desde que se realiza un pedido o solicitud hasta que se entrega al cliente respectivo es de 2 a 3 días, mientras que el 20% mencionó que el tiempo es de 1 a 2 días. Controlar los tiempos de entrega del producto es fundamental para cumplir con lo establecido con los clientes, aumentando su satisfacción y confianza, reduciendo los costos de transporte.

Figura 50 Tiempo promedio



Nota. Elaborado por autores.

3.1.2. Análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach

Existen varios métodos para calcular la confiabilidad de un instrumento, uno de los más comunes es el alfa de Cronbach, desarrollado por Cronbach, (1915), este es un indicador aceptado de la consistencia interna de la confiabilidad en el cual solo se necesita la administración del instrumento de medición (Hernández & Mendoza, 2018).

El coeficiente de Cronbach debe de ser al menos 0,70 para que el cuestionario o instrumento indique una consistencia interna adecuada, debido a que si el valor obtenido es menor que 0,70 da como resultado que la consistencia interna del cuestionario es deficiente (Aithal & Aithal, 2020). Para una mayor comprensión de lo antes mencionado en la Tabla 28 se proporciona información sobre el alfa de Cronbach.

Tabla 28 Valor del Alfa de Cronbach

Valor del Alfa de Cronbach	Grado de confiabilidad
$\alpha \leq 0$	Problema grave en el diseño del cuestionario
$0 < \alpha < 0.5$	Baja consistencia interna y escasa interrelación entre las preguntas
$0.5 < \alpha < 0.7$	Confiabilidad y consistencia interna moderada
$\alpha = 0.7$	Confiabilidad adecuada y coherencia interna
$0.7 < \alpha < 0.9$	Confiabilidad y consistencia interna alta. Se puede mejorar
$0.9 < \alpha < 1.0$	Confiabilidad y consistencia interna alta.
$\alpha = 1.0$	Coherencia interna perfecta

Nota: Elaborado por autores modificado de (Aithal & Aithal, 2020).

Mediante el análisis de las preguntas del cuestionario aplicado a los trabajadores de la empresa SavinLab S.A., en el software IBM SPSS 28, se refleja que el instrumento de recolección de datos posee una consistencia interna alta con un coeficiente de 0,828 como se puede apreciar en la Tabla 29.

Tabla 29 Estadística de Fiabilidad

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,828	40

Nota: Elaborado por autores

Una vez que se realizó el análisis del cuestionario, se validó el instrumento y se obtuvo la fiabilidad resultando un coeficiente de 0,828 en el Alfa de Cronbach, podemos conocer la

percepción que tienen los trabajadores de las distintas áreas y a su vez la situación actual de la empresa.

3.1.3. Datos generales de la empresa

SAVINLAB S.A. es una empresa ecuatoriana con sede principal en Santa Elena, dedicada al sector de cría de moluscos. Fundada el 13 de julio de 2023, la compañía se enmarca en la categoría económica A032102 - A03210201, que abarca la explotación de criaderos de camarones y laboratorios de larvas de camarón. Con su reciente incorporación al mercado, SAVINLAB S.A. busca posicionarse en la industria acuícola mediante prácticas eficientes y sostenibles, alineadas con los desafíos del sector y las oportunidades de desarrollo en la región (SAVINLAB S.A, 2024).

Misión:

Nos dedicamos a producir y entregar larvas de camarón de excelente calidad, empleando métodos sostenibles y tecnología avanzada que aseguran el bienestar de los camarones. Nuestro compromiso es satisfacer las expectativas de nuestros clientes mientras impulsamos un crecimiento responsable en la industria acuícola y cuidamos del medio ambiente.

Visión:

Buscamos ser referentes globales en la producción de larvas de camarón, destacando por nuestra capacidad innovadora, responsabilidad ecológica y contribución positiva a las comunidades acuícolas. Nuestro objetivo es promover un futuro más sostenible para la acuicultura y la preservación de los ecosistemas marinos.

La Tabla 30 presenta el inventario de procesos estándar de SAVINLAB S.A., ofreciendo una visión jerárquica del flujo productivo de larvas dentro de la empresa. Este inventario permite identificar las etapas clave del proceso, facilitando su gestión y control. Sin embargo, el enfoque de la presente investigación se centra exclusivamente en el proceso logístico, analizando su estructura, eficiencia y posibles áreas de mejora. Este enfoque específico busca optimizar la logística interna y externa de la empresa para asegurar un manejo eficiente en la distribución y entrega de productos.

Tabla 30 Inventario de procesos estándar de la empresa SAVINLAB S.A.

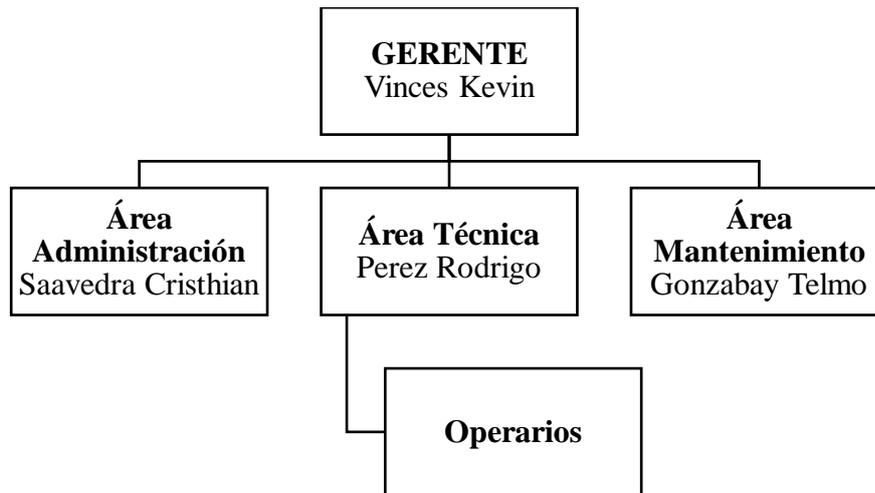
		INVENTARIO DE PROCESOS
Responsables:		
Empresa Evaluada:	SAVINLAB S.A.	
Nombre	Código	
Proceso Estratégico		
Gestión Gerencial	A	
Procesos Claves		
Ventas	B	
Recepción de Nauplios	C	
Producción de postlarvas de camarón	D	
Preparación de los tanques de cultivo	D1	
Preparación del agua de cultivo	D2	
Aireación de los tanques de cultivo	D3	
Siembra de Nauplio	D4	
Producción de postlarvas de camarón	D5	
Preparación de algas	D6	
Preparación de alimento seco o líquido	D7	
Preparación de artemia	D8	
Cosecha y embalaje	D9	
Logística de distribución	E ←	
Procesos de apoyo		
Gestión financiera	F	
Proveeduría	G	

Nota: Elaborado por autores.

Estructura Organizacional de la empresa SAVINLAB S.A.

En la Figura 51, se detalla la estructura organizacional de SAVINLAB S.A. En la cúspide de esta estructura se encuentra el gerente, Sr. Vines Kevin. El área administrativa está a cargo del Sr. Saavedra Cristhian, mientras que, el área técnica está representada por el Sr. Pérez Rodrigo. Por otro lado, el Sr. Gonzabay Telmo es responsable del área de mantenimiento. Esta organización permite una clara distribución de responsabilidades y funciones, facilitando así la gestión operativa de la empresa.

Figura 51 Estructura Organizacional de la empresa SAVINLAB S.A.



Nota: Elaborado por autores.

Proceso logístico, área de distribución de la empresa SAVINLAB

El proceso logístico de la empresa se está conformado por el proceso de recepción y envío, este es un proceso clave de la empresa como se encuentra detallado en el inventario de procesos. El proceso de envío consiste en la entrega de los moluscos al cliente preparando el transporte y rutas, mientras que, en el proceso de recepción se verifica que los productos hayan llegado en buen estado, se registra la información correspondiente y se almacenan adecuadamente.

Rutas de distribución actual

Las rutas de distribución en las que opera la empresa SAVINLAB son en las ciudades de Tenguel, Balao, Naranjal, Isla Puna y Huaquillas. Actualmente, la empresa labora con dos vehículos. Para la planificación de información se aplica una base de datos en el que se encuentra detallado el código del cliente, nombre, dirección, teléfono y la fecha programada para su visita.

En este contexto, se establece que la empresa objeto de estudio posee una misión y visión bien orientadas, por esto, se puede afirmar que para su cumplimiento se debe hacer uso de métodos que permitan la optimización de la logística de distribución. Técnicas como el algoritmo de ahorro de Clare y Wright ayudaran a minimizar las distancias entre las rutas, esto permitirá una disminución de los costos de transporte evidenciando así un aumento en la eficiencia de transporte.

3.1.4. Aplicación del algoritmo heurístico

La metodología aplicada para la optimización de la logística de distribución en la empresa es la aplicación del algoritmo heurístico de Clarke y Wright, también, llamado algoritmo de ahorro, en el que se basa en detallar la siguiente información de interés para encontrar su solución:

Centro de distribución

Tabla 31 Ubicación de la empresa

Centro de Distribución	Ubicación
SavinLab S.A.	A032102 - A03210201

Nota: Elaborado por autores

Índices:

Tabla 32 Índices

Código	Descripción
i	Cliente que se está atendiendo
j	Próximo cliente para atender
r	Rutas
Cap	Capacidad de vehículo (3.5T)

Nota: Elaborado por autores

Parámetros:

Tabla 33 Parámetros

Código	Descripción
d_{ij}	Distancia entre el cliente i al cliente j
d_{mi}	Demanda del cliente i

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

$$\text{Min}Z \quad \sum_{r=1}^m \sum_{i=1, j=1}^n d_{ij} * x_{ijr}$$

Nota: Elaborado por autores

En la ecuación 1, se muestra la restricción donde cada ruta se debe partir del depósito o centro de distribución.

$$\sum_{j=1}^n X_{1jr} = 1; \forall j - 1 \forall r \quad (8)$$

En la ecuación 2, se muestra la restricción donde cada ruta debe terminar en el centro de distribución.

$$\sum_{i=1}^n X_{1ir} = 1; \forall i - 1 \forall r \quad (9)$$

En la ecuación 3, se muestra la restricción para cada cliente i este debe tener una salida de un cliente j

$$\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^m X_{1jr} = 1 ; \forall i - 1 \quad (10)$$

En la ecuación 4, se muestra la restricción para cada cliente j debe tener una llegada de un cliente i

$$\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^m X_{1jr} = 1 ; \forall j - 1 \quad (11)$$

En la ecuación 5, se muestra la restricción para cada cliente en una ruta, si tiene una conexión de salida en una ruta a su vez debe poseer una conexión de llegada.

$$\sum_{i=1}^n X_{ijr} = \sum_{j=1}^n X_{1jr}; \forall j, \forall r \quad (12)$$

En la ecuación 6, se muestra la restricción donde la demanda no puede superar la capacidad del vehículo.

$$\sum_{j=1}^n (X_{1jr} * dm_j) \leq cap \forall i - 1, \forall r \quad (13)$$

En la ecuación 7, se muestra la restricción donde demanda debe de ser mayor a cero.

$$\sum_{j=1}^n (X_{1jr} * dm_i) > 0 \quad \forall i - 1, \forall r \quad (14)$$

Solución del modelo

Para la aplicación del algoritmo heurístico de Clarke y Wright en la problemática de ruta de vehículos se deben ejecutar los siguientes pasos detallados en la Tabla 34, donde se encuentran el cálculo de la matriz de distancias, la creación de las rutas, el cálculo de los ahorros, el ordenamiento de los ahorros, el inicio de las rutas, la fusión de las rutas y la finalización.

Tabla 34 Pasos para la aplicación del método

Pasos	Descripción
Cálculo de la matriz de distancias	Calcular la matriz de distancias entre todas las estancias de los clientes incluyendo el depósito
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.
Calcular los ahorros	La fórmula para calcular los ahorros es: $S_{ij} = C_{i1} + C_{1j} - C_{ij}$
Iniciar las rutas	Iniciar una ruta para cada cliente.
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.
Finalización	Finalizar el método cuando no sea posible ninguna mejora adicional.

Nota: Elaborado por autores

Rutas SAVINLAB S.A.

Los Vehículos comienzan y culminan su ruta en la misma empresa (E), el producto se distribuye a 5 clientes diferentes (F-J) detallados en análisis situacional. En la Tabla 35 podemos observar datos importantes como los nombres de los clientes, su latitud, longitud y demanda.

Tabla 35 Rutas SAVINLAB S.A.

Cliente	Latitud	Longitud	Demanda (Tn)
E (Salinas)	-2.20833333333333	-80.9680555555556	
F (Tenguel)	-2.99351	-79.78932	0,86
G (Isla Puna)	-2.833333	-80.133333	0,80
H (Balao)	-2.91	-79.81	0,30
I (Naranjal)	-2.67364	-79.6183	0,73
J (Huaquillas)	-3.48027777777778	-80.2316666666667	0,65

Nota: Elaborado por autores

Cálculo de matriz de distancia

Se aplicó la fórmula de Haversine en el que se calcula la distancia entre dos puntos utilizando datos como las coordenadas de latitud y longitud, donde el radio de la Tierra es 6371 kilómetros. Se usó Wolframe para hallar la matriz de distancias, para esto se programó como se muestra en el Anexo A, tal que, se establecen datos necesarios como el radio de la tierra, las coordenadas de latitud y longitud de los clientes y el centro de distribución y su transformación a grados.

De esta forma se obtiene que, para: $Table[distanceInKilometers[coordenadas[[i, 1]], coordenadas[[i, 2]], coordenadas[[j, 1]], coordenadas[[j, 2]]], \{i, 1, Length[coordenadas]\}, \{j, 1, Length[coordenadas]\}]$; donde se ordena calcular las distancias para i, j , a partir de la longitud de las coordenadas establecidas. En este contexto, se calcula la siguiente tabla de distancias (Tabla 36).

Tabla 36 Distancia entre clientes (Kilómetros).

i/j	E	F	G	H	I	J
E	0.	157.37	115.88	150.45	158.62	163.38

F	157.37	0.	42.15	9.57	40.32	73.08
G	115.88	42.15	0.	36.91	59.9	72.76
H	150.45	9.57	36.91	0.	33.82	78.82
I	158.62	40.32	59.9	33.82	0.	112.62
J	163.38	73.08	72.76	78.82	112.62	0.

Nota: Elaborado por autores

3.1.4.1. Creación de rutas iniciales

Al conocer la matriz de distancias se creó las rutas iniciales dependiendo de las distancias en las que se encuentra en la empresa con los diferentes clientes de igual manera se detalla en la Tabla 37 la longitud de viaje de cada ruta, la carga total de cada vehículo, el consumo de combustible (litros) y el costo total del consumo del combustible (\$) conociendo que el carro de transporte posee una capacidad de carga de 3.7 T, con una capacidad de 80 litros de gasolina extra y un rendimiento del carro de 6 Km/l.

Tabla 37 Longitud de viaje de cada ruta y la carga total de cada vehículo

	Viaje	Longitud de viaje (Km)	Carga del vehículo (Tn)	Consumo de combustible (litros)	Costo total del combustible (\$)
Ruta 1	E-F-G-E	315.4	1.66	52.57	33.12
Ruta 2	E-H-I-J-E	526.16	1.68	87.69	55.24
TOTAL		841.56	3.34	140.26	88.36

Nota: Elaborado por autores

3.1.4.2. Cálculo de los ahorros:

Con base en la Tabla 31 la distancia entre E y F es $EF = (157.37)$, la distancia entre E y G es $EG = (115.88)$ y la distancia entre F y G es $FG = (42.15)$. Se calcula la distancia de ahorro para cada par de clientes así de la misma matriz de distancia anterior.

$$S_{ij} = Ci_1 + Ci_1 - Ci_1 \quad (8)$$

Si los clientes F y G están en la misma ruta se ahorra la siguiente distancia:

$$EF+EG-FG= 157.37 + 115.88 - 42.15 = \mathbf{231.1}$$

Si los clientes F y H están en la misma ruta se ahorra la siguiente distancia:

$$EF+EH-FH= 157.37 + 150.45 - 9.57 = \mathbf{298.25}$$

Si los clientes G y H están en la misma ruta se ahorra la siguiente distancia:

$$EG+EH-GH= 115.88 +150.45 - 36.91 = \mathbf{229.42}$$

Los cálculos respectivos se realizaron en el software WOLFRAM, como se muestra en el Anexo B, para la orden: matrizAhorros = ConstantArray[0, {n, n}];, donde se establece que la matriz de ahorros es constante en n elementos; también, se establecen los bucles tal que: For[j = i + 1, j <= n, j++, matrizAhorros[[i, j]] =distanciasRedondeadas[[i, 1]] + distanciasRedondeadas[[j, 1]] - distanciasRedondeadas[[i, j]]; matrizAhorros[[j, i]] = matrizAhorros[[i, j]]; (*La matriz es simétrica *)];], donde se ordena que se aplique la fórmula (8) para el cálculo de los ahorros, además, se emplea el comando “bucle” para iterar los ahorros hasta llegar a la solución óptima. Con esto, se obtuvieron los datos que se encuentran detallados en la Tabla 38, adicional se subraya el valor con mayor ahorro el cual es de 298.25, este se encuentra entre el cliente F y H.

Tabla 38 Matriz de ahorro para cada pareja de clientes (Kilómetros)

i/j	E	F	G	H	I	J
E	-					
F	-	-	231.1	298.25	275.67	247.67
G	-	231.1	-	229.42	214.6	206.5
H	-	298.25	229.42	-	275.25	235.01
I	-	275.67	214.6	275.25	-	209.38
J	-	247.67	206.5	235.01	209.38	-

Nota: Elaborado por autores

3.1.4.3.Orden de los ahorros de manera descendente:

Se ordenan los ahorros de mayor a menor como se detalla en la Tabla 39.

Tabla 39 Orden de los ahorros de manera descendente.

Ahorros de manera descendente		Interacción	
K	K MAYOR	Par de nodos de la interacción K	Demanda total del par de nodos

1	298.25	F	H	1.16
2	275.67	F	I	1.59
3	275.25	H	I	1.03
4	247.67	F	J	1.51
5	235.01	H	J	0.95
6	231.1	F	G	1.66
7	229.42	G	H	1.1
8	214.6	G	I	1.53
9	209.38	I	J	1.38
10	206.5	G	J	1.45

Nota: Elaborado por autores

3.1.4.4. Iniciar una ruta para cada cliente:

Al hallar el primer arco factible, de acuerdo con el mayor ahorro el cual corresponde al par de nodos de F e H. Considerando las restricciones anteriores y que la demanda no excede la capacidad del vehículo 3,5 T se busca el par de nodos siguiente para luego mezclar las rutas de los pares de nodos.

3.1.4.5. Fusión de rutas:

Al mezclar las rutas se expresaría de la siguiente forma:

RUTA 1

$(E - J - I - F - E) = 163.8 + 112.62 + 40.32 + 157.37 = 474.11$ Kilómetros. La carga del vehículo para la primera ruta es de $0.65 + 0.73 + 0.86 = 2.24$ Toneladas

RUTA 2

$(E - H - G - E) = 150.45 + 36.91 + 115.88 = 303.24$ Kilómetros. La carga del vehículo para la primera ruta es de $0.30 + 0.80 = 1.1$ Toneladas

El resumen de la solución del algoritmo de Clarke y Wright obtenido en este capítulo se presenta en la Tabla 40.

Tabla 40 Resumen de la solución del algoritmo de Clarke y Wright

Viaje	Longitud de viaje (Km)	Carga de vehículo (Tn)	Consumo de combustible (litros)	Costo total del combustible (\$)
Ruta 1 E-J-I-F-E	474.11	2.24	79.02	49.78
Ruta 2 E-H-G-E	303.24	1.1	50.54	31.85
TOTAL	777.35	3.34	129.56	81.63

Nota: Elaborado por autores

3.1.4.6. Finalización. Ruta SAVILAB S.A. Resultados Logrados

La ruta inicial fue de 841.56 km, mientras que la ruta optimizada fue de 777.35 km. Por lo tanto, la diferencia de kilómetros es de:

$$841.56 \text{ km} - 777.35 \text{ km} = \mathbf{64.21} \text{ Kilómetros}$$

El porcentaje de mejora es de:

$$(64.21/841.56) * 100 = \mathbf{7.63\%}$$

El consumo de combustible para la ruta inicial fue de 140.26 litros, mientras que la ruta optimizada fue de 129.56 litros. Por lo tanto, la diferencia del combustible en litros es de:

$$140.26 \text{ litros} - 129.56 \text{ litros} = \mathbf{10.7} \text{ litros}$$

El porcentaje de mejora es de:

$$(10.7/140.26) * 100 = \mathbf{7.63\%}$$

El consumo de combustible en términos monetarios para la ruta inicial fue de \$ 88.36 dólares americanos, mientras que la ruta optimizada fue de \$ 81.63 dólares americanos. Por lo tanto, la diferencia en términos monetarios es de:

$$\text{\$ } 88.36 \text{ dólares americanos} - \text{\$ } 81.63 \text{ dólares americanos} = \text{\$ } 6.73 \text{ dólares americanos}$$

El porcentaje de mejora es de: $(6.73/88.36) * 100 = \mathbf{7.62\%}$

Cálculo de la eficiencia

Se calcula la eficiencia a partir del costo total del transporte, antes y después de la aplicación del método. Para esto, en la tabla 41, se mencionan los valores que incurren en el transporte en cada operación de distribución, así como el valor estimado, el valor real y el valor optimizado.

Tabla 41 Costos asociados al transporte

Costos	Valor Estimado	Valor Real	Valor Optimizado
	\$	\$	\$
Costo de carga (CC)	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 30.00
Costo de descarga (CD)	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 30.00
Mantenimiento vehicular (MV)	\$40.00	\$ 40.00	\$ 40.00
Costo de almacenaje (CA)	\$50	\$ 50.00	\$ 50.00
Costo de combustible (CCom)	\$70	\$ 88.36	\$ 81.63
Costo mano de obra (CMO)	\$42.18	\$ 42.18	\$ 42.18
Costo Total del Transporte (CT)	\$262.18	\$ 280.54	\$ 273.52
Horas Hombre	12HH	13 HH	12HH

Nota: Elaborado por autores

Al conocer que, la eficiencia es la relación entre los resultados logrados y los recursos empleados, se procede a calcular su valor inicial en el periodo antes de la aplicación del método y su valor luego de la optimización con los datos mostrados en la Tabla 36.

Eficiencia previa a la optimización

$$Eficiencia = \frac{\text{resultados logrados}}{\text{recursos empleados}} = \frac{12HH * \$262.18}{13 HH * \$280.54} * 100 = 86.26\%$$

Se calcula la eficiencia post optimización

$$Eficiencia = \frac{\text{resultados logrados}}{\text{recursos empleados}} = \frac{12HH * \$262.18}{12HH * \$273.52} * 100 = 95.85 \%$$

La eficiencia antes de la optimización de la logística de distribución es de 86.26%, mientras que la eficiencia tras la aplicación del algoritmo de Clarke y Wright es de 95.85% obteniendo un aumento del 9.59%, estos resultados obtenidos son de gran relevancia para la empresa debido a que impactan tanto a su desempeño financiero como en la satisfacción del cliente.

3.1.5. Análisis Financiero

Para la optimización de la logística de distribución para la eficiencia de transporte en la empresa SAVINLAB S.A., Salinas – Ecuador se requiere una inversión de activos fijos de \$490000 estadounidenses. En la Tabla 42, se presenta el rubro, la descripción, la cantidad, y los costos que incurren en el análisis financiero.

Tabla 42 Cálculo de la inversión

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)	Costo Anual
Recurso humano	Investigador	2	\$ 8.000,00	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00
	Gerente	1	\$ 1.900,00	\$ 1.900,00	\$ 22.800,00
	Ingeniero	1	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 21.600,00
	Operador	10	\$ 830,00	\$ 8.300,00	\$ 99.600,00
Oficina	Computadora	4	\$ 800,00	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00
Servicios Básicos	Internet	30	\$ 45,00	\$ 1.350,00	\$ 16.200,00
	Luz	1	\$ 600,00	\$ 600,00	\$ 7.200,00
Oficina	Impresiones		\$ 250,00	\$ 250,00	\$ 3.000,00
Servicio Básico	Agua	1	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 6.000,00
Metodología	Modelo		\$ 800,00	\$ 800,00	\$ 800,00
Oficina	Materiales de oficina		\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 3.600,00
Transporte	Transporte		\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 120.000,00
Otros	Varios		\$ 6.000,00	\$ 6.000,00	\$ 72.000,00
Subtotal				\$ 51.000,00	\$ 392.000,00

Imprevisto	\$ 5.100,00	\$ 39.200,00
10%		
Reajuste 15%	\$ 7.650,00	\$ 58.800,00
Total	\$ 63.750,00	\$ 490.000,00

Nota: Elaborado por autores

Así mismo, se calcularon herramientas financieras como valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y su periodo de recuperación de la inversión (PR) para demostrar la viabilidad del proyecto. En la Tabla 43 se presentan los cálculos específicos necesarios para resolver las herramientas financieras mencionadas anteriormente.

VAN (\$): Valor Actual Neto

TIR (%): Tasa Interna de Retorno

PR (t): Periodo de Recuperación

Tabla 43 Cálculos específicos

Años	0	1	2	3	4	5
FF	\$ -490.000,00	\$ 351.200,00	\$ 351.200,00	\$ 351.200,00	\$ 351.200,00	\$ 351.200,00
Saldo						
actualizado	\$ -490.000,00	\$ 327.681,19	\$ 314.660,61	\$ 305.737,36	\$ 298.990,58	\$ 293.588,73
10%						
Saldo						
actualizado	\$ -490.000,00	\$ -162.318,81	\$ 152.341,80	\$ 458.079,16	\$ 757.069,74	\$ 1.050.658,47
acumulado						

Nota: Elaborado por autores

Donde:

- Tasa (%) = Valor por definición.
 - Tasa (%) = 10%
- VNA (\$) = VNA (interés; flujo de caja) + desembolso inicial.
 - VNA (\$) = \$1.331.324,31
- VAN (\$) = Beneficio Neto Actualizado (VNA) – inversión Inicial (Io).
 - VAN (\$) = \$841.324,31
- TIR (%) = Se resta el valor inicial (costo) del valor final (venta o retorno de la inversión) de la operación, dividido entre el valor inicial y se multiplica el resultado por 100.
 - TIR (%) = 66%

- $PR(t) = \text{inversión inicial} / \text{flujo de efectivo por periodo}$.
 - $PR(t) = 2 \text{ años}$

El análisis financiero desarrollado (Tabla 44) demuestra que el valor neto actual es de \$1.331.324,31, de igual manera, se muestra el valor actual neto siendo \$841.324,31, con una tasa interna de retorno de 66%, siendo superior a la que se planteó (10%), el periodo de recuperación de la inversión se dará en dos años.

Tabla 44 Resultado de las herramientas financieras

Análisis financiero	
VNA (\$)	\$1.331.324,31
VAN (\$)	\$841.324,31
TIR (%)	66%
PR	2

Nota: Elaborado por autores

3.2. Marco de discusión

En un contexto donde la optimización de la logística ha sido abordada en la literatura desde diferentes enfoques metodológicos, utilizando tanto revisiones como mapeos sistemáticos para sintetizar las contribuciones en este campo, esta investigación realiza un estado del arte presentado en el capítulo I, que se organiza siguiendo la metodología propuesta por Secinaro et al., (2022), la cual permite un MSL para analizar exhaustivamente los métodos empleados en la optimización logística. Esta metodología se adapta para áreas donde es esencial evaluar tanto el progreso académico como las tendencias futuras en aplicaciones empresariales (Rudas et al., 2013). En este resumen, realizar MSL nos permitió obtener una visión actualizada sobre los métodos y técnicas aplicadas por otros autores para la solución de problemas en la logística de distribución, consiguiendo mejoras significativas en los costos de transporte.

El marco metodológico de esta investigación se fundamenta en el Mapeo Sistemático de la Literatura (MSL) desarrollado, previamente, donde se destacó como solución a la problemática el método de ahorro de Clarke y Wright, donde Kunnapadeelert & Management, (2021) mencionan que el algoritmo de ahorro busca minimizar la distancia recorrida por los vehículos al combinar rutas obteniendo así una disminución en los costos de transporte. Las

investigaciones han demostrado que la optimización de la logística, especialmente, en el transporte, se ha vuelto cada vez más relevante debido a la necesidad de disminuir los costos operativos y mejorar la sostenibilidad de las cadenas de suministro. (Campos et al., 2022; Kunnapapdeelert & Management, 2021; Lambora et al., 2019).

La aplicación del algoritmo de ahorro permite optimizar las rutas de transporte consiguiendo el menor valor posible de distancia entre los clientes (Kunnapapdeelert & Management, 2021). Según Ma & Wang, (2022) la logística de distribución es un factor crítico en las operaciones de las empresas puesto que, no solo contribuye a reducir costos innecesarios sino, también a mejorar su competitividad en el mercado. Los resultados obtenidos luego de la aplicación del método de Clare & Wright nos sitúan en un umbral positivo en cuanto a la mejora de la eficiencia dentro de la empresa SavinLab S.A. logrando aumentarla consistentemente.

En este sentido, la optimización de la logística en la empresa SavinLab S.A., además de ser un desafío, también, presenta una oportunidad significativa para conseguir una mejora en las operaciones de transporte, reducir los costos y aumentar la satisfacción en los clientes. La compilación de técnicas y un enfoque basado en datos son de suma importancia para alcanzar los objetivos, asegurar el éxito de la empresa y su permanencia en el mercado.

CONCLUSIONES

En resumen, y alcanzando el objetivo principal de esta investigación realizada en la empresa SAVINLAB S.A., se llega a las siguientes conclusiones:

- I. El soporte científico direccionado hacia la optimización de la logística de distribución para la eficiencia de transporte se realizó, mediante, un enfoque metodológico robusto y replicable del mapeo sistemático de literatura propuesto por Secinaro et al., (2022) en el que se analizaron 35 artículos científicos que sustentó lo fundamental que ha sido en los últimos años la optimización de la logística.
- II. A través del análisis de artículos científicos que aplicaron la optimización de la logística de distribución, se determinó un marco metodológico que fundamentó la aplicación del método de ahorro de Clarke y Wright para la obtención de resultados esperados.
- III. Mediante, los relevantes resultados del tercer capítulo se mencionan las siguientes conclusiones:
 - a) La aplicación de herramientas metodológicas como el método para proporcionarle confiabilidad al instrumento de recolección de datos, Alfa de Cronbach, Minitab otorgaron el grado de confiabilidad adecuado a los datos que se recolectaron en la presente investigación
 - b) Gracias a la optimización de la logística de distribución para la eficiencia del transporte en la empresa SAVINLAB S.A., Salinas – Ecuador se obtuvo una mejora del 7.63% en la distancia recorrida y 7.62% en costos de combustible.
 - c) Con la disminución de los costos se logró calcular la eficiencia del transporte de la empresa SAVINLAB S.A., obteniendo como resultado un aumento de 9.59% en comparación con el valor antes de la optimización.

RECOMENDACIONES

- I. Para la realización del estado del arte es recomendable contar con los conocimientos adecuados sobre las diferentes bases de datos científicos y métodos, por los que se recomienda tener una introducción hacia estos temas antes de ejecutar la investigación.
- II. En el desarrollo del marco metodológico, es importante realizar una elección rigurosa de los artículos científicos que proporcionen una metodología sistemática que permitan desarrollar el estudio que se ha planteado.
- III. Para la propuesta de optimización se recomienda a los directivos de la empresa SAVINLAB S.A. tomar las medidas necesarias para optimizar la logística de distribución para la eficiencia del transporte. Además, es fundamental que comprendan que para lograr lo planteado deben mantener un constante desarrollo que sea respaldado por la aplicación de métodos que optimicen la logística para mejorar la eficiencia de transporte y lograr una mayor satisfacción al cliente.

REFERENCIAS

- Aithal, A., & Aithal, P. S. (2020). Development and Validation of Survey Questionnaire & Experimental Data – A Systematical Review-based Statistical Approach. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3724105>
- Aljanabi, M. R., Borna, K., Ghanbari, S., & Obaid, A. J. (2024). SVD-based adaptive fuzzy for generalized transportation. *Alexandria Engineering Journal*, 94, 377–396. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.03.020>
- Berrones-Sanz, L. D. (2021). Costos operativos en el transporte de mercancía por carretera: el caso de los sistemas de construcción ligera en México. *Dirección y Organización*, 73, 5–17. <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i73.589>
- Campos, V. N., Carlos, C. C., & Bautista, Z. L. (2022). *Métodos Algorítmicos para la optimización de rutas en el Sistema del Transporte Urbano*. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2021.1.1.32>
- Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. (2024). Artificial Intelligence in Logistics Optimization with Sustainable Criteria: A Review. *Sustainability 2024*, Vol. 16, Page 9145, 16(21), 9145. <https://doi.org/10.3390/SU16219145>
- Chibueze Izah, S., Sylva, L., & Hait, M. (2024). Cronbach's Alpha: A Cornerstone in Ensuring Reliability and Validity in Environmental Health Assessment. *ES Energy Environ*, 23, 1057–1058. <https://doi.org/10.30919/esee1057>
- FAO. (2023). *Strong demand in China upholds global shrimp trade in 2023 | GLOBEFISH | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/in-action/globefish/marketreports/resource-detail/es/c/1661951/>
- García Briones, M. Y., Romero Moncayo, E. E., & Rodríguez Loor, G. B. (2017). Proceso logístico en la cadena de suministros de pequeñas y medianas empresas. *Revista Científica Sinapsis*, 1(10). <https://doi.org/10.37117/s.v1i10.110>
- Grosse, E. H., Sgarbossa, F., Berlin, C., & Neumann, W. P. (2023). Human-centric production and logistics system design and management: transitioning from Industry 4.0 to Industry 5.0. *International Journal of Production Research*, 61(22), 7749–7759. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2246783>
- Gupta, H., Shreshth, K., Kharub, M., & Kumar, A. (2024). Strategies to overcome challenges to smart sustainable logistics: a Bayesian-based group decision-making approach. *Environment, Development and Sustainability*, 26(5), 11743–11770. <https://doi.org/10.1007/S10668-023-03477-6/METRICS>

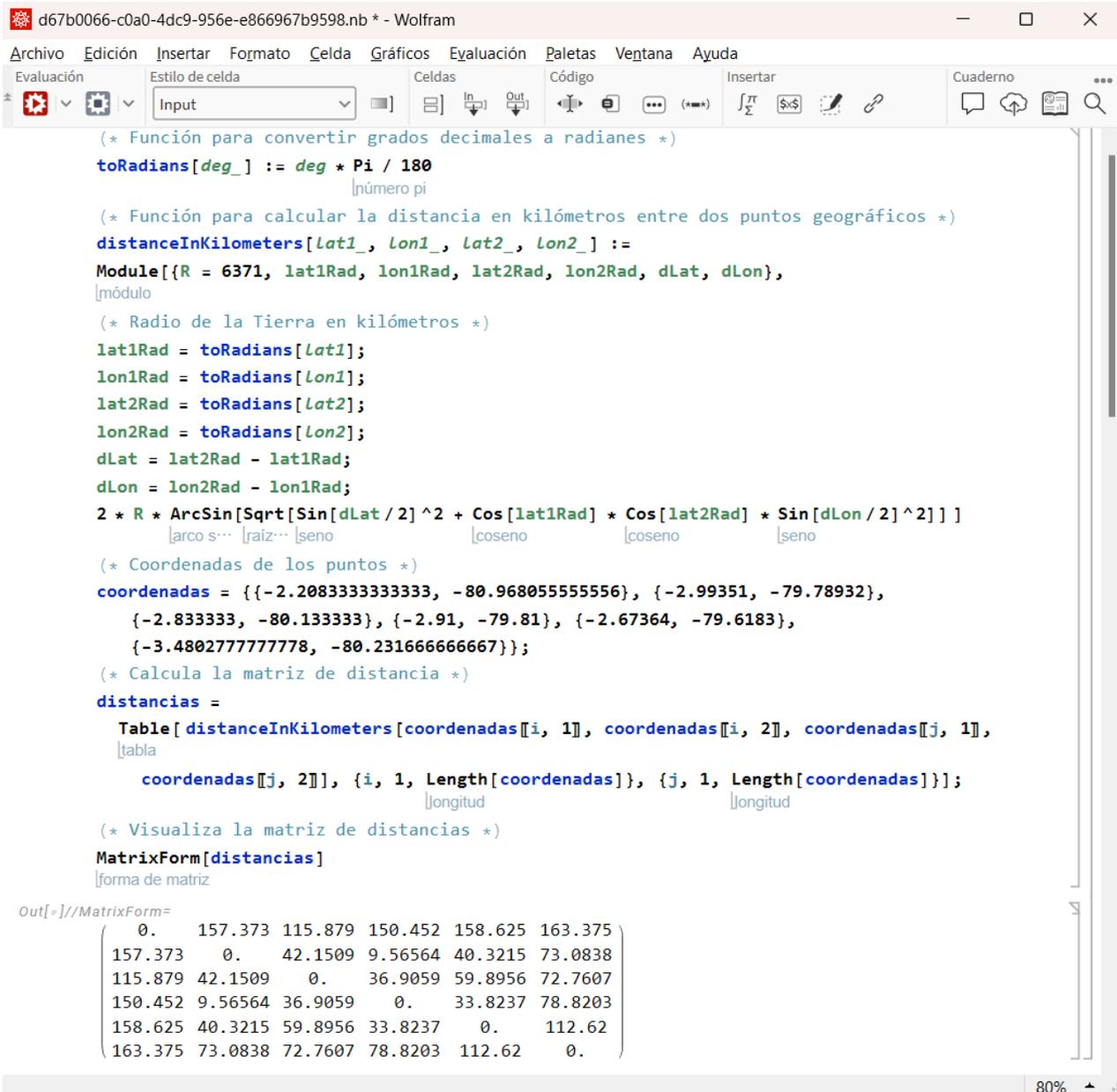
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Research methodology: quantitative, qualitative and mixed routes*.
- Jair, E., & Acosta, G. (2016). “*TENDENCIAS EN LA GESTIÓN DE LOGÍSTICA Y CADENAS DE SUMINISTRO: Un estudio de planeación por escenarios para la industria automotriz*.” <https://www.researchgate.net/publication/309650891>
- Jeong, H., & Lee, S. (2019). Optimization of vehicle-carrier routing: Mathematical model and comparison with related routing models. *ElsevierHY Jeong, S LeeProcedia Manufacturing*, 2019•Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920304042>
- Khodyakov, D., Grant, S., Kroger, J., Gadwah-Meaden, C., Motala, A., & Larkin, J. (2023). Disciplinary trends in the use of the Delphi method: A bibliometric analysis. *PLOS ONE*, 18(8). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0289009>
- Kunnapapdeelert, S., & Management, C. (2021). Capacitated vehicle routing problem for Thailand’s steel industry via saving algorithms. *Aasmr.OrgS Kunnapapdeelert, C ThawnernJournal of System and Management Sciences*, 2021•aasmr.Org, 11(2), 171–181. <https://doi.org/10.33168/JSMS.2021.0211>
- Lambora, A., Gupta, K., & Chopra, K. (2019). Genetic Algorithm- A Literature Review. *Proceedings of the International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing: Trends, Prespectives and Prospects, COMITCon 2019*, 380–384. <https://doi.org/10.1109/COMITCON.2019.8862255>
- Liu, Q. (2024). Logistics Distribution Route Optimization in Artificial Intelligence and Internet of Things Environment. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 7(2), 221–239. <https://doi.org/10.31181/DMAME7220241072>
- 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>
- Meza, D., Vizquete, M., & DCA Portalanza -. (2022). Optimización de los procesos de logística, su mejora y satisfacción al cliente. *Cienciadigital.OrgDCV Meza, MGC Vizquete, DCA Portalanza, KAM PalaciosConcienciaDigital*, 2022•cienciadigital.Org. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i1.3.2137>
- Mora García, L. A. (2023). *Gestión Logística Integral. Las mejores Prácticas en la Cadena de Abastecimiento* (3ra ed.). ECOE Ediciones.

- Mosallanezhad, B., Hajiaghaei-Keshteli, M., & Triki, C. (2021). Shrimp closed-loop supply chain network design. *Soft Computing*, 25(11), 7399–7422. <https://doi.org/10.1007/S00500-021-05698-1/FIGURES/22>
- Muyulema Allaica, J. C., & Tapias Molina, D. B. (2024). Propuesta de marco para la evaluación de la sostenibilidad organizacional de las PyMEs agroalimentarias. *Arandu UTIC*, 11(2), 161–187. <https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.256>
- Narváez-Narváez, J., ... C. P.-C.-R., & 2023, undefined. (2023). Deuda de la documentación en el desarrollo ágil de software: mapeo sistemático de la literatura. *Scielo.Org.CoJC Narváez-Narváez, CJ Pardo-Calvache, CE Orozco-GarcésRevista Científica, 2023•scielo.Org.Co.* http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-22532023000100107&script=sci_arttext
- Onofre. (2020). *A3.Aplicacindeunmodelodesimulacinonsoftwarestella9.1.*
- Pamucar, D., Deveci, M., Gokasar, I., Martínez, L., & Köppen, M. (2022). Prioritizing transport planning strategies for freight companies towards zero carbon emission using ordinal priority approach. *Computers & Industrial Engineering*, 169, 108259. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108259>
- Pascual, V., ... R. B.-M.-... B. C., & 2021, undefined. (2021). Etapas del método estadístico. *Repository.Uaeh.Edu.Mx*, 9(17), 35–36. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/huejutla/article/view/6703>
- Reyes-Soriano, F. E., Muyulema-Allaica, J. C., Menéndez-Zaruma, C. M., Lucin-Borbor, J. M., Balón-Ramos, I. D. R., & Herrera-Brunett, G. A. (2022). Bibliometric Analysis on Sustainable Supply Chains. *Sustainability 2022, Vol. 14, Page 13039, 14(20)*, 13039. <https://doi.org/10.3390/SU142013039>
- 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>
- Rudas, J., Gómez, L., & Toro, .A.O. (2013). Revisión sistemática de literatura. Caso de estudio: Modelamiento de un par deslizante con fines de predecir desgaste. *Redalyc.Org*, 50–58. <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250735006.pdf>
- Ruiz-Ramírez, J. A., & Glasserman-Morales, L. D. (2021). Características del aseguramiento de la calidad educativa: un mapeo sistemático 2016-2020. *Revista Complutense de Educación*, 32(3), 337–348. <https://doi.org/10.5209/RCED.70182>
- SAVINLAB S.A . (2024). <https://ecuadornegocios.com/info/savinlab-sa-BF31E59DF777D326>

- Secinaro, S., Brescia, V., Lanzalonga, F., & Santoro, G. (2022). Smart city reporting: A bibliometric and structured literature review analysis to identify technological opportunities and challenges for sustainable development. *Journal of Business Research*, *149*, 296–313. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2022.05.032>
- Serrano Cervantes, M. E., & Montero García, L. de J. (2019). El uso de modelos de redes y modelos de transporte para la optimización y reducción de tiempos y costos de transporte en la Comercializadora Gonac S. A de C. V. / The use of network models and transport models for the optimization and reduction of transport times and costs in the Comercializadora Gonac S. A de C. V. *RICEA Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración*, *8*(15), 29–53. <https://doi.org/10.23913/ricea.v8i15.123>
- Tsai, W.-H., Li, J., Jurburg, D., López, A., Carli, I., Chong, M., Kelli De Oliveira, L., Dablanc, L., Tanco, M., Renato De Sousa, P., Eiffel, G., & Newton, B. (2023). Understanding the Challenges Facing Decarbonization in the E-Commerce Logistics Sector in Latin America. *Sustainability* *2023*, *Vol. 15*, *Page 15718*, *15*(22), 15718. <https://doi.org/10.3390/SU152215718>
- Urzúa, M. J. G., Sepulveda, R. J. P., Alfaro, M., Fuertes, G., Ternero, R., & Vargas, M. (2020). Logistic modeling of the last mile: Case study Santiago, Chile. *Mdpi.ComJG Urzúa-Morales, JP Sepulveda-Rojas, M Alfaro, G Fuertes, R Ternero, M VargasSustainability*, *2020*•*mdpi.Com*. <https://doi.org/10.3390/su12020648>
- Useche, M. C., Artigas, W., Queipo, B., & Perozo, É. (2019). *TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS CUALI-CUANTITATIVOS*.
- Zúñiga-Igarza, L. M., Pérez-Campdesuñer, R., De Miguel-Guzmán, M., & Molina-Molina, M. P. (2022). Determinant Variables of Logistic Management in Micro and Small Enterprises. *Economía y Negocios*, *13*(1), 1–20. <https://doi.org/10.29019/eyn.v13i1.1039>

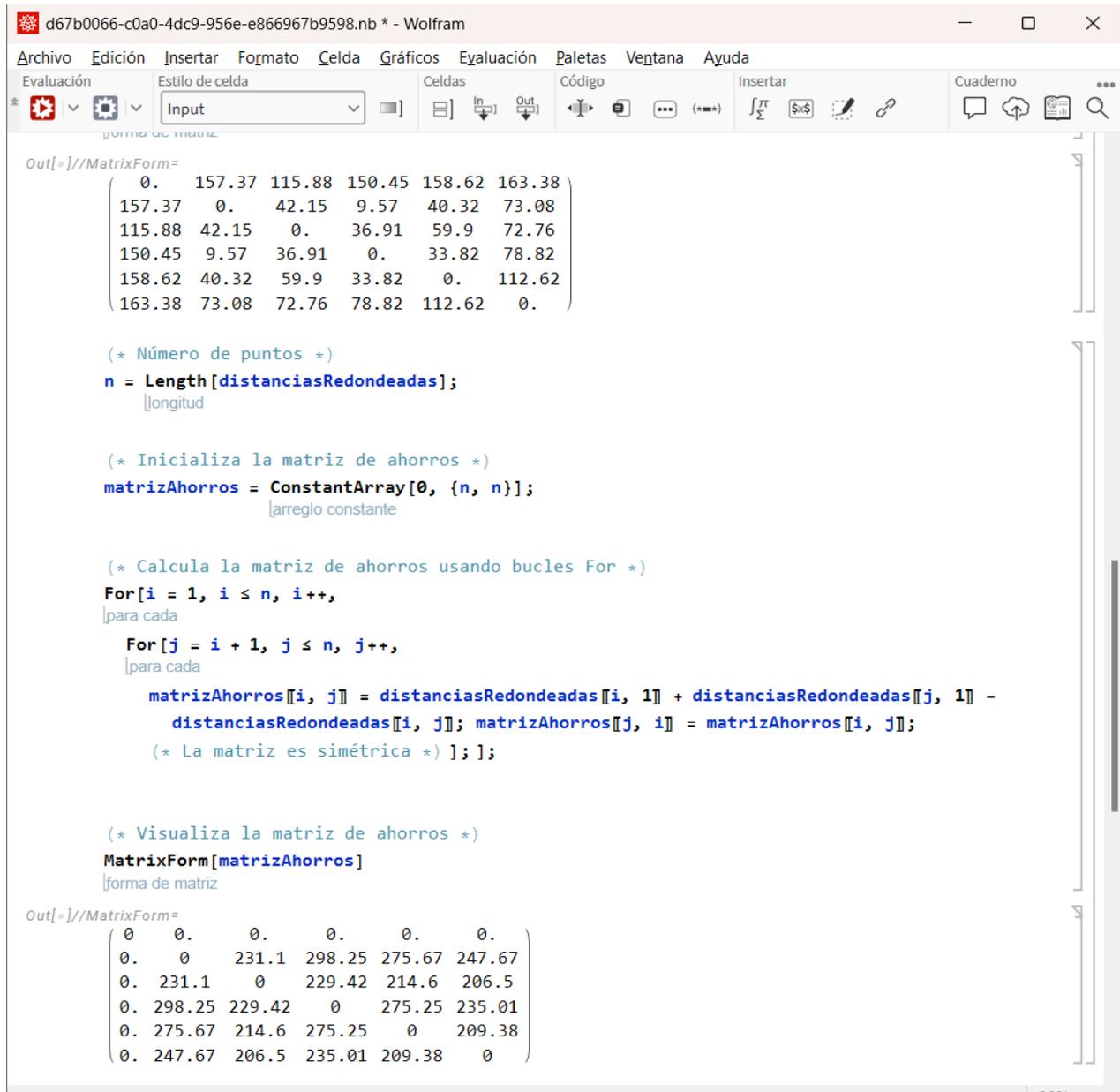
ANEXOS

Anexo A: Obtención de la matriz distancia



```
d67b0066-c0a0-4dc9-956e-e866967b9598.nb * - Wolfram
Archivo Edición Insertar Formato Celda Gráficos Evaluación Paletas Ventana Ayuda
Evaluación Estilo de celda Celdas Código Insertar Cuaderno
Input
(* Función para convertir grados decimales a radianes *)
toRadians[deg_] := deg * Pi / 180
|número pi
(* Función para calcular la distancia en kilómetros entre dos puntos geográficos *)
distanceInKilometers[Lat1_, Lon1_, Lat2_, Lon2_] :=
Module[{R = 6371, lat1Rad, lon1Rad, lat2Rad, lon2Rad, dLat, dLon},
|módulo
(* Radio de la Tierra en kilómetros *)
lat1Rad = toRadians[Lat1];
lon1Rad = toRadians[Lon1];
lat2Rad = toRadians[Lat2];
lon2Rad = toRadians[Lon2];
dLat = lat2Rad - lat1Rad;
dLon = lon2Rad - lon1Rad;
2 * R * ArcSin[Sqrt[Sin[dLat / 2]^2 + Cos[lat1Rad] * Cos[lat2Rad] * Sin[dLon / 2]^2]]]
|arco s... |raíz... |seno |coseno |coseno |seno
(* Coordenadas de los puntos *)
coordenadas = {{-2.208333333333333, -80.96805555555556}, {-2.99351, -79.78932},
|-2.833333, -80.133333}, {-2.91, -79.81}, {-2.67364, -79.6183},
|-3.480277777777778, -80.23166666666667}};
(* Calcula la matriz de distancia *)
distancias =
Table[distanceInKilometers[coordenadas[[i, 1]], coordenadas[[i, 2]], coordenadas[[j, 1]],
|tabla
coordenadas[[j, 2]], {i, 1, Length[coordenadas]}, {j, 1, Length[coordenadas]}];
|longitud |longitud
(* Visualiza la matriz de distancias *)
MatrixForm[distancias]
|forma de matriz
Out[ ]//MatrixForm=
(
0. 157.373 115.879 150.452 158.625 163.375
157.373 0. 42.1509 9.56564 40.3215 73.0838
115.879 42.1509 0. 36.9059 59.8956 72.7607
150.452 9.56564 36.9059 0. 33.8237 78.8203
158.625 40.3215 59.8956 33.8237 0. 112.62
163.375 73.0838 72.7607 78.8203 112.62 0.
)
80%
```

Anexo B: Obtención de la matriz distancia optimizadas



The screenshot shows a Wolfram Notebook window with the following content:

```
Out[ ]//MatrixForm=  

$$\begin{pmatrix} 0. & 157.37 & 115.88 & 150.45 & 158.62 & 163.38 \\ 157.37 & 0. & 42.15 & 9.57 & 40.32 & 73.08 \\ 115.88 & 42.15 & 0. & 36.91 & 59.9 & 72.76 \\ 150.45 & 9.57 & 36.91 & 0. & 33.82 & 78.82 \\ 158.62 & 40.32 & 59.9 & 33.82 & 0. & 112.62 \\ 163.38 & 73.08 & 72.76 & 78.82 & 112.62 & 0. \end{pmatrix}$$

```

```
(* Número de puntos *)  
n = Length[distanciasRedondeadas];  
|longitud
```

```
(* Inicializa la matriz de ahorros *)  
matrizAhorros = ConstantArray[0, {n, n}];  
|arreglo constante
```

```
(* Calcula la matriz de ahorros usando bucles For *)  
For[i = 1, i ≤ n, i++,  
|para cada  
  For[j = i + 1, j ≤ n, j++,  
  |para cada  
    matrizAhorros[[i, j]] = distanciasRedondeadas[[i, 1]] + distanciasRedondeadas[[j, 1]] -  
    distanciasRedondeadas[[i, j]]; matrizAhorros[[j, i]] = matrizAhorros[[i, j]];  
    (* La matriz es simétrica *) ]];
```

```
(* Visualiza la matriz de ahorros *)  
MatrixForm[matrizAhorros]  
|forma de matriz
```

```
Out[ ]//MatrixForm=  

$$\begin{pmatrix} 0 & 0. & 0. & 0. & 0. & 0. \\ 0. & 0 & 231.1 & 298.25 & 275.67 & 247.67 \\ 0. & 231.1 & 0 & 229.42 & 214.6 & 206.5 \\ 0. & 298.25 & 229.42 & 0 & 275.25 & 235.01 \\ 0. & 275.67 & 214.6 & 275.25 & 0 & 209.38 \\ 0. & 247.67 & 206.5 & 235.01 & 209.38 & 0 \end{pmatrix}$$

```

Anexo C: Batería de preguntas

ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INSTRUMENTO: CUESTIONARIO MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO

Estimado Trabajador opina sobre una Auditoría de Calidad. Marque solo una puntuación de la escala que cree que cumple por cada ítem

Cédula número:	Sexo:	masculino ()	femenino ()	Edad:	() años	
Dimensiones/indicadores/ítems				Escala		
				1. Sí	2. No	3. A veces
Dimensión 1: Tiempos de entrega						
Indicador 1. Tiempo promedio de entrega por ruta						
1.	¿Las entregas se realizan dentro del tiempo promedio estimado?			1	2	3
2.	¿El tiempo promedio de entrega ha mejorado en los últimos seis meses?			1	2	3
Indicador 2. Porcentaje de entregas puntuales						
3.	¿Considera que la mayoría de las entregas se realizan puntualmente?			1	2	3
4.	¿Recibe alguna sanción o penalización por entregas no puntuales?			1	2	3
Indicador 3. Tiempo total de respuesta a los pedidos						
5.	¿El tiempo de respuesta a los pedidos es adecuado para cumplir con las demandas del cliente?			1	2	3
6.	¿El tiempo de respuesta afecta la satisfacción del cliente?			1	2	3
Indicador 4. Variación del tiempo de entrega después de la optimización						
7.	¿Ha disminuido el tiempo de entrega promedio después de la implementación de mejoras logísticas?			1	2	3
8.	¿Las mejoras implementadas han afectado positivamente los tiempos de entrega?			1	2	3
Dimensión 2: Costos operativos						
Indicador 5. Costo promedio de operación por viaje						
9.	¿El costo promedio por viaje se ha reducido en los últimos meses?			1	2	3
10.	¿El costo operativo está dentro de los límites presupuestados?			1	2	3
Indicador 6. Reducción de costos de combustible						
11.	¿Ha habido una reducción en los costos de combustible?			1	2	3
12.	¿Las nuevas rutas optimizadas han generado ahorros en combustible?			1	2	3
13.	¿Considera que el uso de combustible es eficiente?			1	2	3
Indicador 7. Gastos de mantenimiento de la flota						
14.	¿Los gastos de mantenimiento de la flota han disminuido en los últimos meses?			1	2	3
15.	¿El mantenimiento preventivo ha reducido los gastos inesperados?			1	2	3
16.	¿Considera que el cronograma de mantenimiento actual es adecuado?			1	2	3
Indicador 8. Ahorro en costos por uso eficiente de recursos						
17.	¿La optimización de los recursos ha generado ahorros significativos?			1	2	3
18.	¿Considera que la empresa utiliza eficientemente los recursos logísticos?			1	2	3
Dimensión 3: Satisfacción del cliente						
Indicador 9. Nivel de satisfacción en tiempos de entrega						
19.	¿Los clientes están satisfechos con los tiempos de entrega?			1	2	3
20.	¿Considera que los tiempos de entrega actuales son adecuados?			1	2	3
Indicador 10. Percepción de la calidad del servicio						
21.	¿El servicio de transporte cumple con las expectativas de los clientes?			1	2	3
22.	¿Ha recibido quejas recientes sobre la calidad del servicio?			1	2	3
Indicador 11. Número de reclamos o quejas relacionados con el transporte						
23.	¿Los reclamos relacionados con el transporte son frecuentes?			1	2	3
24.	¿Considera que se han resuelto de manera eficaz los reclamos relacionados con el transporte?			1	2	3
Indicador 12. Repetición de pedidos por clientes satisfechos						
25.	¿Los clientes suelen realizar pedidos recurrentes?			1	2	3
26.	¿Considera que los clientes satisfechos tienden a repetir sus pedidos?			1	2	3
Dimensión 4: Utilización de la Flota de Transporte						
Indicador 13. Nivel de utilización de la flota						
27.	¿Se ha mejorado la eficiencia en el uso de los vehículos?			1	2	3
28.	¿Considera que la flota es suficiente para cubrir las demandas de distribución?			1	2	3
Indicador 14. Frecuencia de mantenimiento de vehículos						
29.	¿El mantenimiento preventivo ha reducido los problemas mecánicos?			1	2	3
30.	¿La frecuencia de mantenimiento es adecuada para evitar fallas?			1	2	3
Indicador 15. Reducción de tiempos de inactividad de los vehículos						
31.	¿Se han implementado medidas efectivas para minimizar los tiempos de inactividad?			1	2	3
32.	¿Considera que los vehículos están en operación el mayor tiempo posible?			1	2	3
Indicador 16. Número de vehículos necesarios para cubrir la demanda						
33.	¿La flota actual es suficiente para cubrir la demanda?			1	2	3
34.	¿El número de vehículos actuales es adecuado para la demanda actual?			1	2	3
Dimensión 5: Reducción de Tiempos de Inactividad						
Indicador 17. Porcentaje de reducción de tiempos de espera						
35.	¿Ha disminuido el tiempo de espera en las etapas de carga y descarga de los productos?			1	2	3
Indicador 18. Impacto de la disminución de tiempos muertos en la operación						
36.	¿Los tiempos muertos afectan significativamente las operaciones diarias?			1	2	3
Indicador 19. Tiempo de respuesta ante problemas logísticos						
37.	¿Los problemas logísticos se resuelven eficientemente para evitar tiempos muertos adicionales?			1	2	3
38.	¿La empresa responde de manera rápida cuando se presentan problemas logísticos durante las entregas?			1	2	3

Anexo D: Entrevista al gerente de SAVINLAB S. A.

Entrevista para la recolección de datos

Autores: Guale Tumbaco Axel, De La Cruz Quimis Helen

Objetivo: aplicar la técnica de entrevista mediante preguntas abiertas, claras y precisas para recolectar datos que ayudaran a desarrollar la investigación de la OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A., SALINAS - ECUADOR.

1. Nombre de la persona entrevistada

2. ¿La empresa tiene un modelo optimizado de logística de distribución?

3. ¿Cuáles son los lugares a donde llega el producto terminado?

4. ¿Con cuántos vehículos cuenta la empresa para transportar el producto terminado a los clientes?

5. ¿Cuánto es el costo de combustible por ruta?

Anexo E: Autorización de SAVINLAB S.A.

OFICIO N°: S/N

La libertad, 26 de junio del 2024

**ASUNTO: AUTORIZACIÓN PARA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA
DESARROLLO DE PROPUESTA DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Sres.

DE LA CRUZ QUIMIS HELEN

GUALE TUMBACO AXEL

PETICIONARIOS

De mis consideraciones:

En atención al Oficio s/n suscrito por ustedes, mediante el cual solicita la autorización para la recopilación de información en la empresa SAVINLAB S. S., a fin de realizar el trabajo de tesis de grado, con el tema "OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A., SALINAS – ECUADOR." Al respecto, sírvase encontrar la autorización para realizar lo solicitado.

Atentamente



Administración

SAVINLAB S.A.

RUC:2490406371001

Anexo F: Solicitud para la Aplicación del Instrumento

Solicitud para aplicar instrumento: CUESTIONARIO EFICIENCIA DEL TRANSPORTE

La Libertad, 22 de octubre del 2024

Yo, De La Cruz Quimis Helen y Guale Tumbaco Axel, con cédula No. 0928074194 y 2400357394, egresado de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera Ingeniería Industrial, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Me encuentro realizando mi proyecto de titulación denominado "OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A., SALINAS - ECUADOR."; por lo que es necesario aplicar una encuesta a una muestra de 20 personas, para comprobar la confiabilidad, validez de criterio y validez de constructo del instrumento construido para medir mi variable dependiente de mi investigación.

Por lo tanto, solicito a la empresa SAVINLAB S.A., me brinde las facilidades y emitir la constancia en la que me autoriza la aplicación del cuestionario para la recolección de datos de mi investigación.

Atentamente



De La Cruz Quimis Helen

CI. 0928074194



Guale Tumbaco Axel

CI. 2400357394



Anexo G: Validación de experto 1

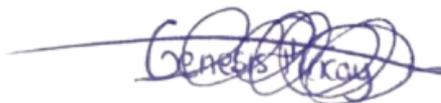
MATRIZ DE VALIDACIÓN POR CRITERIO DE EXPERTOS O JUICIO DE EXPERTOS

Validación del instrumento por Experto N

Nombre del instrumento: Cuestionario de dificultades presentes en la logística.
Objetivo: Conocer la escala valorativa de la logística de distribución.
Dirigido a: Trabajadores de la empresa Savinlab S.A.
Apellidos y nombres del evaluador: Pincay Soriano, Génesis Denisse
Grado académico del experto evaluador: Ingeniera Civil
Áreas de experiencia profesional: Profesional (X) Educativa ()
Institución donde labora: MACONSI S.A.
Tiempo de experiencia profesional en el área: 5 AÑOS
Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		

La Libertad, 10 de septiembre del 2024



Ing. Génesis Denisse Pincay Soriano

C.I: 0928388602

Experto 1

Anexo H: Validación de experto 2

MATRIZ DE VALIDACIÓN POR CRITERIO DE EXPERTOS O JUICIO DE EXPERTOS

Validación del instrumento por Experto N

Nombre del instrumento: Cuestionario de dificultades presentes en la logística.
Objetivo: Conocer la escala valorativa de la logística de distribución.
Dirigido a: Trabajadores de la empresa Savinlab S.A.
Apellidos y nombres del evaluador: Lino Suarez, Wilthon Eduardo
Grado académico del experto evaluador: Ingeniera Civil
Áreas de experiencia profesional: Profesional (X) Educativa ()
Institución donde labora: PROLARCAM – Laboratorio de Larvas
Tiempo de experiencia profesional en el área: 6 AÑOS
Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		

La Libertad, 10 de septiembre del 2024



Ing. Wilthon Eduardo Lino Suarez

C.I: 0919651026

Experto 2

Anexo I: Validación de experto 3

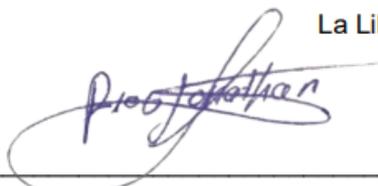
MATRIZ DE VALIDACIÓN POR CRITERIO DE EXPERTOS O JUICIO DE EXPERTOS

Validación del instrumento por Experto N

Nombre del instrumento: Cuestionario de dificultades presentes en la logística.
Objetivo: Conocer la escala valorativa de la logística de distribución.
Dirigido a: Trabajadores de la empresa Savinlab S.A.
Apellidos y nombres del evaluador: Ríos Huacón, Jonathan Ezequiel
Grado académico del experto evaluador: Ingeniero Civil
Áreas de experiencia profesional: Profesional (X) Educativa ()
Institución donde labora: Servicios Industriales Silva Tomalá
Tiempo de experiencia profesional en el área: 5 años
Valoración:

BUENO	REGULAR	MALO
X		

La Libertad, 10 de septiembre del 2024



Ing. Jonathan Ezequiel Ríos Huacón

C.I: 0925274979

Experto 3

Anexo J: Aceptación del Tutor



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

La Libertad, 31 de octubre del 2024

Ing. Sosa Bueno Graciela Celedonia, Phd
Docente Guía de la Unidad de Integración Curricular
Carrera de ingeniería industrial - UPSE
En su despacho. -

De mi consideración

Por la presente, me dirijo a usted para informar sobre el Cumplimiento de los Estudiantes: De la Cruz Quimis Helen Andrea y Guale Tumbaco Axel Stalyn en el Desarrollo del **primer capítulo, segundo capítulo y tercer capítulo** del trabajo de integración curricular cuyo tema es: "OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN PARA LA EFICIENCIA DEL TRANSPORTE EN LA EMPRESA SAVINLAB S.A., SALINAS - ECUADOR"

Los estudiantes han demostrado un buen entendimiento del marco teórico, marco metodológico, marco de discusiones y resultados, necesario para la optimización de la logística de distribución.

La información presentada es relevante, bien investigada y adecuadamente referenciada.

Agradezco su atención

ATENTAMENTE

Ing. Franklin Reyes Soriano, Mgtr.
DOCENTE TUTOR