**COMANDO GENERAL DEL EJÉRCITO**

**ESCUELA MILITAR DE INGENIERÍA**

**“MCAL. ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”**

**BOLIVIA**

**Imagen que contiene texto

Descripción generada automáticamente**

**SISTEMA WEB DE DISTRIBUCIÓN DE COCA-COLA CON MÓDULO DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE ENTREGA, TRANSPORTE Y SIMULACIÓN NUMÉRICA (BORRADOR)**

**CARRERA : ING. DE SISTEMAS**

**SEMESTRE : CUARTO “A’**

**INTEGRANTES :**

**CRESPO ARRIARAN NATALY NICOLE C11483-9**

**CRUZ SERRANO SHARAID GABRIELA C11424-3**

**OCAMPO VALDIVIA JOAQUÍN RODRIGOC11550-9**

**SOSSA CHUGAR THIAGO LEONARDO C11627-0**

**DOCENTES :**

**ING. NIRKA MORA MEJIA**

**MSC. VICTOR RODRÍGUEZ ESTÉVEZ**

**MSC. DUNIA SOLIZ TORRICO**

**FECHA : 18/11/2024**

**COCHABAMBA - BOLIVIA**

INDICE

[RESUMEN 1](#_Toc182790759)

[1 INTRODUCCIÓN 2](#_Toc182790760)

[2 ANTECENTES 2](#_Toc182790761)

[3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3](#_Toc182790762)

[3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 3](#_Toc182790763)

[3.2 ANÁLISIS CAUSA EFECTO 4](#_Toc182790764)

[3.2.1 CAUSAS 4](#_Toc182790765)

[3.2.2 EFECTOS 4](#_Toc182790766)

[3.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 4](#_Toc182790767)

[4 OBJETIVOS 5](#_Toc182790768)

[4.1 OBJETIVOS GENERAL 5](#_Toc182790769)

[4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 5](#_Toc182790770)

[5 JUSTIFICACIÓN 6](#_Toc182790771)

[5.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA 6](#_Toc182790772)

[5.2 JUSTIFICACIÓN operativa 6](#_Toc182790773)

[5.3 justificación económica 7](#_Toc182790774)

[6 MARCO TEÓRICO 7](#_Toc182790775)

[6.1 Sistema web de optimización logística 7](#_Toc182790776)

[6.2 Modelo de grafos 7](#_Toc182790777)

[6.3 Algoritmos de flujo máximo 8](#_Toc182790778)

[6.4 Base de datos logística 8](#_Toc182790779)

[6.5 Ecuación de demanda y oferta 8](#_Toc182790780)

[6.6 Optimización de predicción 9](#_Toc182790781)

[6.7 Costo mínimo de transporte 9](#_Toc182790782)

[6.8 Rutas óptimas en tiempo real 11](#_Toc182790783)

[6.9 Interfaz de usuario personalizada 11](#_Toc182790784)

[6.10 Informes de simulación 12](#_Toc182790785)

[7 INGENIERÍA DEL PROYECTO (EL DESARROLLO EN BASE A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS) 12](#_Toc182790786)

[8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 12](#_Toc182790787)

[8.1 CONCLUSIONES 12](#_Toc182790788)

[8.2 RECOMENDACIONES 12](#_Toc182790789)

[9 Bibliografía 12](#_Toc182790790)

[Anexos 1](#_Toc182790791)

Índice de anexos

[Anexo A: Variable del objetivo general 1](#_Toc182790792)

[Anexo B: Variable del objetivo específico 1 1](#_Toc182790793)

[Anexo C: Variable del objetivo específico 2 2](#_Toc182790794)

[Anexo D: Variable del objetivo específico 3 2](#_Toc182790795)

[Anexo E: Variable del objetivo específico 4 3](#_Toc182790796)

[Anexo F: Variable del objetivo específico 5 3](#_Toc182790797)

[Anexo G: Variable del objetivo específico 6 4](#_Toc182790798)

[Anexo H: Variable del objetivo específico 7 5](#_Toc182790799)

[Anexo I: Variable del objetivo específico 8 5](#_Toc182790800)

[Anexo J: Variable del objetivo específico 9 6](#_Toc182790801)

RESUMEN

# INTRODUCCIÓN

En la logística y distribución de productos, la optimización de rutas y la precisión en la predicción de demanda son factores críticos para garantizar la eficiencia, reducir costos y satisfacer la demanda de los clientes. La empresa Embonor SA, al manejar productos perecederos, enfrenta desafíos únicos que requieren soluciones avanzadas, ya que el deterioro de los productos y la disponibilidad de frescura influyen directamente en su rentabilidad y servicio al cliente. Este proyecto se enfoca en diseñar un sistema web que incorpore algoritmos avanzados como Runge-Kutta, el problema del cartero chino y programación lineal para crear rutas de entrega óptimas, minimizar costos de transporte y predecir con precisión la demanda. La implementación de esta solución busca no solo mejorar la eficiencia operativa de Embol SA, sino también adaptarse a las condiciones específicas de distribución de productos perecederos, garantizando la satisfacción.

# ANTECENTES

La Escuela Militar de Ingeniería es un centro de estudios con especialidad en ingeniería de Bolivia. La EMI es una institución pública de Educación Superior Universitaria, en lo académico se rige por las normas y preceptos académicos establecidos por el sistema de la Universidad Boliviana. Fundada 10 de noviembre de 1950, con el objetivo de proporcionar una educación técnica y científica de alta calidad, ya en 1936 tres espacios establecieron antecedentes y posibilitaron su creación: la Escuela de Transmisiones, que formaba ingenieros eléctricos; el Instituto Geográfico Militar, cuyo campo era la Topografía y Geodesia “Tcnl. Juan Ondarza, y la Escuela Central Técnica, que formaba técnicos ferrocarrileros y mecánicos.  
Con el objetivo de posicionarme como una de las mejores universidades del país, la Escuela Militar de Ingeniería cuenta con una extensa oferta educativa. Incluye niveles de pregrado, grado y posgrado.

La Escuela Militar de Ingeniería (EMI) “Mcal. Antonio José de Sucre” se distingue por su formación técnica y científica de alta calidad, fomentando en sus estudiantes el desarrollo de competencias que les permita abordar problemáticas reales con soluciones innovadoras. Como parte de este compromiso académico, se realiza el análisis de casos y estudios relacionados con el ámbito empresarial y económico. En este marco, el artículo científico *“El estudio de las características de las empresas EMBOL SA y CBN SA para la determinación de la competencia a la que pertenecen, en qué nivel influye esto en los precios y el equilibrio de sus productos”* (Erwin Saavedra, Brandon Cadima, Cinthya Bozo y Cristian Perez, 2021)La conclusión central del artículo es que a pesar de que Coca-Cola tiene un precio mayor que Pepsi, los consumidores de Cochabamba muestran una mayor preferencia por esta marca. Este hallazgo es sorprendente dado que, en general, se esperaría que los consumidores se inclinen por productos más económicos. Según (Erwin Saavedra, Brandon Cadima, Cinthya Bozo y Cristian Perez, 2021) estos factores que influye a la decisión de las personas están entre: la percepción de la marca Coca-Cola, hábitos de consumo, disponibilidad, publicidad entre otros. Aunque este artículo no ofrece un análisis económico exhaustivo, su aporte inicial resulta valioso para comprender factores como percepción de marca, hábitos de consumo, disponibilidad y estrategias publicitarias, los cuales son fundamentales para el desarrollo de la optimización de la logística de la distribución de Embonor S.A. empresa que enfrenta desafíos debido a la creciente complejidad en la planificación de rutas de entrega y análisis de costos. Estas problemáticas resaltan la necesidad de herramientas tecnológicas innovadoras que potencien la formación académica y contribuyan a la resolución de problemas reales en escenarios de alta exigencia operativa.

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación, se describe el planteamiento del problema y el análisis causa efecto.

## IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La empresa "Embonor S.A." enfrenta altos costos de transporte en su proceso de distribución de productos, lo que afecta la ganancia de sus operaciones. Además, las entregas a múltiples clientes presentan dificultades para garantizar que los paquetes lleguen de manera eficiente, dentro de los tiempos establecidos, y cumpliendo con las capacidades de los vehículos disponibles. Estas limitaciones generan retrasos y sobrecostos operativos.

Por otro lado, la empresa enfrenta incertidumbre en la predicción de la demanda del producto exclusivo Coca-Cola, debido a factores como la variabilidad en las tendencias de consumo y las condiciones cambiantes del transporte. Esta falta de precisión complica la planificación logística y puede provocar problemas de disponibilidad del producto, afectando la satisfacción del cliente y el posicionamiento en el mercado.

## ANÁLISIS CAUSA EFECTO

### CAUSAS

* Ineficiente asignación de vehículos sin tomar en cuenta la capacidad de carga de cada vehículo.
* Improductiva planificación de rutas que no se ajustan a las necesidades del pedido.
* Predicción inexacta de la demanda generando una sobreproducción o escasez del producto.

### EFECTOS

* Recorridos innecesarios por una mala asignación de las rutas para los conductores.
* Mala utilización de los recursos de la empresa SOBRECOSTOS.
* Inconformidad de los clientes por esperas largas del tiempo de la entrega

## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo puede Embonor SA optimizar las rutas de distribución y asignación de pedidos a su flota de vehículos, minimizando costos y garantizando la entrega oportuna del productos exclusivo, mientras predice con precisión la demanda para evitar pérdidas por deterioro y satisfacer la demanda de productos?.

# OBJETIVOS

## OBJETIVOS GENERAL

Desarrollar un sistema web de distribución de Coca – Cola con módulo de optimización de rutas de entrega, cálculo de costos de transporte y simulación numérica para mejorar la eficiencia logística, minimizar los costos operativos y garantizar la disponibilidad del producto exclusivo.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

* Definir un modelo de grafos que represente de manera precisa la problemática de la planificación de rutas logísticas.
* Aplicar algoritmos específicos de grafos, particularmente aquellos relacionados con el flujo máximo, para resolver la minimización de la distancia, el tiempo total de viaje, y el costo asociado a las rutas de entrega.
* Crear una base de datos capaz de almacenar ubicaciones, itinerarios de los distribuidores, datos de cada vehículo, información de las rutas, y de diversos pedidos.
* Encontrar una ecuación de la Demanda y Oferta en función del tiempo que satisfaga las diferentes constantes y datos existentes.
* Implementar el método de Runge-Kutta de cuarto orden para optimizar la predicción de la demanda de productos y la capacidad máxima de carga de los vehículos, ajustándolo a las condiciones específicas de cada escenario operacional de transporte.
* Implementar el método de Vogel en el sistema para calcular el costo mínimo de transporte, optimizando la asignación de pedidos a los vehículos y minimizando los costos de los recorridos.
* Crear un módulo dentro del sistema que permita sugerir rutas óptimas en tiempo real, considerando factores como distancia, tráfico y tiempo estimado de llegada.
* Diseñar una interfaz intuitiva y funcional con inicio de sesión personalizado para cada usuario, que incluye la generación de notificaciones específicas según las necesidades identificadas.
* Crear informes detallados de simulación que resuman la demanda proyectada y la capacidad de transporte requerida, proporcionando información clave para la toma de decisiones.

# JUSTIFICACIÓN

## JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La implementación de un sistema web, respaldado por una base de datos capaz de almacenar información detallada sobre ubicaciones, itinerarios, vehículos y pedidos, proporcionará una plataforma técnica eficiente para la toma de decisiones en tiempo real. La integración con la API de Google Maps también permitirá una optimización dinámica de las rutas según condiciones de tráfico, mejorando la precisión en los tiempos de entrega. El diseño de la plataforma está basado en tecnologías escalables que pueden adaptarse fácilmente a cambios futuros, como el aumento de la flota de vehículos o la expansión de la operación. Además, se incorporan sistemas de simulación y reporte para evaluar y ajustar las estrategias operativas continuamente.

## JUSTIFICACIÓN operativa

Con la implementación de modelos predictivos y el ajuste de la producción a las necesidades reales del mercado, la empresa podrá evitar problemas de sobreproducción o desabastecimiento. Esto mejora la gestión de inventarios y reduce el riesgo de perder productos perecederos debido al deterioro. El sistema estará diseñado para adaptarse a las variaciones de demanda y las condiciones operativas cambiantes, como el tráfico, las inclemencias del tiempo y los ajustes en los horarios de entrega. Esto permitirá a Embonor S.A. mantenerse ágil en un entorno logístico dinámico, asegurando que se puedan cumplir las expectativas de los clientes en todo momento.

## justificación económica

Al predecir la demanda con mayor precisión, la empresa evitará el exceso de inventario, lo que disminuirá los costos relacionados con el almacenamiento y la gestión de productos perecederos. Además, se minimizará el riesgo de deterioro de productos debido a un exceso de stock o la escasez que podría causar pérdida de ventas. Una distribución más eficiente no solo reducirá costos, sino que también mejorará la satisfacción del cliente, lo que puede resultar en un aumento de la fidelidad de los consumidores y una mayor participación en el mercado. Esto se traduce en mayores ingresos y una mejora de la rentabilidad para la empresa.

# MARCO TEÓRICO

## Sistema web de optimización logística

Un sistema web integra procesos organizacionales mediante tecnología accesible y rápida. Además, mejora la capacidad de manejo de información en tiempo real, permitiendo decisiones más efectivas. Sus características incluyen rendimiento, escalabilidad y seguridad, adaptándose a las exigencias del mercado y los usuarios. (Romero & Salazar, 2024, pág. 25)

Un sistema web permitirá integrar procesos logísticos de manera eficiente, utilizando tecnología accesible y rápida. Esto mejorará el manejo de información en tiempo real, optimizando la toma de decisiones operativas y estratégicas. Con características como rendimiento, escalabilidad y seguridad, el sistema se adaptará a las necesidades de Embonor S.A. y las exigencias del mercado. Además, su capacidad para gestionar información clave garantizará operaciones más organizadas y una mayor competitividad en la distribución logística.

## Modelo de grafos

La teoría de grafos es una herramienta clave en la modelización de redes de transporte y logística. Este modelo permite representar sistemas complejos mediante nodos (ubicaciones) y aristas (conexiones), proporcionando una estructura visual que facilita la resolución de problemas. Utilizando algoritmos como Dijkstra o Bellman-Ford, se pueden identificar rutas óptimas y analizar medidas de centralidad, reduciendo costos y tiempos. Además, los grafos permiten detectar cuellos de botella en la red, mejorando la eficiencia operativa y estratégica de la logística. (Melena, 2023, pág. 8)

La teoría de grafos es fundamental para modelar y optimizar la red de transporte y logística. Permitirá representar rutas mediante nodos y aristas, proporcionando una estructura clara para identificar problemas y soluciones. Con algoritmos como Dijkstra o Bellman-Ford, se podrán encontrar rutas óptimas, reducir costos y tiempos operativos, y analizar medidas de centralidad. Además, ayudará a detectar cuellos de botella, mejorando la eficiencia operativa y la toma de decisiones estratégicas en la distribución logística.

## Algoritmos de flujo máximo

## Base de datos logística

## Ecuación de demanda y oferta

Las ecuaciones de oferta y demanda reflejan el equilibrio dinámico entre la cantidad ofrecida y demandada de un producto o servicio. Se modelan mediante ecuaciones diferenciales que consideran parámetros como precio, inventario y constantes de proporcionalidad. Este enfoque permite ajustar la oferta y demanda en función del tiempo, asegurando la sostenibilidad operativa y mejorando la predicción de tendencias de mercado. (Cobo, 2020, pág. 5)

Las ecuaciones de oferta y demanda desempeñarán un papel clave al proporcionar un marco matemático para comprender y gestionar el equilibrio dinámico entre la disponibilidad de productos y las necesidades del mercado. Al modelar este equilibrio mediante ecuaciones diferenciales, podrás integrar parámetros críticos como precio, inventario y constantes de proporcionalidad que influyen en las decisiones operativas. Este enfoque permitirá ajustar la oferta y la demanda en tiempo real, adaptándose a cambios en el mercado y asegurando una planificación logística más precisa.

Además, estas ecuaciones mejorarán la capacidad predictiva del sistema, anticipando tendencias de mercado y permitiendo la toma de decisiones estratégicas basadas en datos. Esto no solo optimizará la asignación de recursos logísticos, como rutas y capacidad de transporte, sino que también garantizará la sostenibilidad operativa a largo plazo. En un entorno empresarial competitivo, estas herramientas matemáticas ayudarán a Embonor S.A. a mantener su eficiencia y alinearse con las expectativas del mercado, mejorando la rentabilidad y la satisfacción del cliente.

## Optimización de predicción

La optimización en modelos de predicción mejora la calidad de los resultados ajustando tiempo de procesamiento y precisión. Es clave en sectores como transporte y logística, donde se optimizan recursos, balances de carga y distribución para aumentar la eficiencia organizacional. Este enfoque permite implementar procedimientos exactos que impactan positivamente en la toma de decisiones estratégicas y operativas. (Bermúdez Colina, 2011, pág. 4)

La optimización en modelos de predicción será una herramienta esencial para mejorar la precisión y rapidez en la toma de decisiones logísticas. Este enfoque permitirá anticipar demandas, ajustar balances de carga y optimizar la distribución de recursos, asegurando una mayor eficiencia operativa. Al reducir tiempos de procesamiento y mejorar la calidad de los resultados, impactará positivamente en la gestión estratégica de la logística de Embonor S.A., alineando las operaciones con los objetivos organizacionales y aumentando la competitividad en el mercado.

## Costo mínimo de transporte

El método de Vogel se utiliza para minimizar costos en el transporte logístico asignando recursos eficientemente entre orígenes y destinos. A través de una serie de iteraciones con ajustes en las matrices de transporte, se determinan rutas óptimas que garantizan un costo total reducido. Este método es particularmente efectivo para empresas con múltiples puntos de distribución y grandes volúmenes de carga. (Cueva, 2021, pág. 65)

El método de Vogel será una herramienta esencial para optimizar la logística y reducir costos operativos. Este método permitirá asignar eficientemente los recursos entre orígenes y destinos mediante ajustes iterativos en las matrices de transporte, asegurando rutas óptimas y minimizando el costo total. Su implementación será especialmente relevante para Embonor S.A., que maneja múltiples puntos de distribución y grandes volúmenes de carga. Este enfoque no solo mejorará la eficiencia operativa, sino que también garantizará una asignación estratégica de recursos, incrementando la competitividad y optimizando la relación entre costos y tiempos de entrega. Además, facilitará la toma de decisiones basadas en datos analíticos, alineando la logística con los objetivos de sostenibilidad y rentabilidad de la empresa.

En su enfoque de programación lineal, Bazaraa plantea el problema del transporte como un modelo de optimización para minimizar costos totales, considerando restricciones de oferta y demanda. Este enfoque permite calcular flujos factibles y óptimos que satisfacen todas las condiciones de los orígenes y destinos. Aunque tiene limitaciones como la homogeneidad de productos, es una herramienta útil para estimar costos de oportunidad y mejorar la asignación de recursos. (Islas Rivera, Rivera Trujillo, & Torres Vargas, 2002, pág. 60)

El enfoque de programación lineal planteado por Bazaraa será una herramienta fundamental para abordar el problema del transporte logístico de manera estratégica y eficiente. Este modelo permitirá minimizar los costos totales mediante la optimización de los flujos logísticos, garantizando que las restricciones de oferta y demanda en los orígenes y destinos se cumplan de manera precisa. Su capacidad para calcular flujos factibles y óptimos asegurará que los recursos sean asignados de forma eficiente, mejorando significativamente la planificación y operación logística. Aunque tiene limitaciones, como asumir la homogeneidad de los productos, su utilidad en la estimación de costos de oportunidad permitirá evaluar decisiones alternativas y priorizar rutas o estrategias que generen mayor valor para la empresa. Además, este enfoque es ideal para empresas como Embonor S.A., que buscan alinear su logística con objetivos de sostenibilidad, reducción de costos y competitividad en mercados de alta demanda.

## Rutas óptimas en tiempo real

## Interfaz de usuario personalizada

Una interfaz bien diseñada debe ser interactiva, sencilla y ágil, adaptándose a las necesidades de los usuarios. Este enfoque permite maximizar la productividad y minimizar errores, especialmente en sistemas complejos. La personalización de la interfaz asegura que cada usuario pueda acceder de forma inmediata y eficiente, optimizando el tiempo y los recursos empleados en la interacción con el sistema. (Romero & Salazar, 2024, pág. 42)

Una interfaz de usuario bien diseñada será clave para mejorar la interacción con el sistema y garantizar un uso eficiente por parte de los usuarios. Al ser interactiva, sencilla y ágil, permitirá realizar tareas complejas de forma intuitiva, reduciendo significativamente errores y tiempos improductivos. Su capacidad de personalización asegurará que cada rol, ya sea administrador o empleado, acceda exclusivamente a las funcionalidades necesarias para su trabajo, aumentando la seguridad y mejorando el enfoque operativo. Además, esta interfaz optimizará la gestión de recursos al facilitar la navegación por el sistema y acelerar procesos críticos en logística, contribuyendo a una mayor productividad y al cumplimiento de los objetivos estratégicos del proyecto.

Una interfaz de usuario personalizada permite gestionar roles y accesos según las necesidades del cliente. Utilizando herramientas como Spring Security, se diseñan formularios de inicio de sesión que aseguran autenticación y seguridad, permitiendo manejar permisos específicos para roles como administrador o empleado. Estas interfaces mejoran la experiencia del usuario al ser dinámicas, intuitivas y ajustadas a los requisitos de cada organización. (Romero & Salazar, 2024, pág. 96)

Una interfaz de usuario personalizada será clave para garantizar un control eficiente y seguro del acceso al sistema. Permitir roles específicos, como administradores y empleados, facilita la asignación de tareas, previene accesos no autorizados y mejora la organización operativa. El uso de herramientas avanzadas como Spring Security no solo asegura la autenticación y protección de datos sensibles, sino que también proporciona flexibilidad para adaptar los permisos a las necesidades específicas de la empresa.

Además, estas interfaces dinámicas y ajustadas a los requisitos de Embonor S.A. potenciarán la experiencia del usuario al ofrecer una interacción intuitiva y fluida. Esto reducirá la curva de aprendizaje para los usuarios y minimizará errores, aumentando la productividad. La posibilidad de personalizar la interfaz según roles y funciones garantiza que las operaciones logísticas se desarrollen de forma eficiente, con acceso rápido a las herramientas necesarias, lo que mejora la toma de decisiones y asegura el cumplimiento de los objetivos estratégicos del proyecto.

## Informes de simulación

# INGENIERÍA DEL PROYECTO (EL DESARROLLO EN BASE A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS)

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

## RECOMENDACIONES

# Bibliografía

Cambel, A. B. (1993). *Applied Chaos Theory: A Paradigm for Complexity.* Washington D.C.: Academic Press.

Erwin Saavedra, Brandon Cadima, Cinthya Bozo y Cristian Perez. (2021). EL ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LASEMPRESAS EMBOL S.A. y CBN S.A. PARA LADETERMINACIÓN DE LA COMPETENCIA A LA QUEPERTENECEN, EN QUE NIVEL INFLUYE ESTO EN LOSPRECIOS Y LA CANTIDAD DE EQUILIBRIO DE SUSPRODUCTOS. *LAS Empresas Embol S A y CBN S A*. Cochabamba, Bolivia: Escuela Militar de Ingenieria.

Escandon, J. S. (2020). *MÉTODOS NUMÉRICOS RUNGE-KUTTAY ADAMS BASHFORTH-MOULTONEN MATHEMATICA.* Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información.

Jay Heiser y Barry Render. (2017). *Administración de operaciones .* USA: Pearson - Prentice Hall.

Murillo, P. (18 de Abril de 2008). *La investigación científica*. Obtenido de http//www.monografias.com/trabajos15/invest-científica/investcientífica.shtm

Sánchez, C. H. (1986). *Metodología de la investigación .* Lima: San Marcos.

Triana, C. A. (2017). Estudio de algunos ejemplos y problemas de la Teoría del Caos. *Trabajo de grado*. Bogota, Colombia.

Universidad de la República. (2017). *Etapas de la investigación bibliográfica.* Montevideo: Universidad de la República.

Wesner, F. B. (2015). Técnicas de programción lineal entera para la optimización de la recolección de residuos reciclbles en el Municipio de Moron. *Tesis*. Buenos Aires , Argentina: Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Departamento de Computación.

Anexos

Anexo A: Variable del objetivo general

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
| Desarrollar un sistema web para la optimización de la logística de distribución de Embonor S.A., que mediante la implementación de algoritmos Runge-Kutta de cuarto orden, cartero chino y programación lineal permita generar rutas de entrega óptimas, simulando escenarios reales. | Sistema web de optimización logística | Plataforma digital basada en tecnología web que utiliza algoritmos avanzados (Runge-Kutta, cartero chino y programación lineal) para mejorar la planificación y distribución logística mediante la generación de rutas óptimas y simulaciones de escenarios reales. | - Tiempo promedio de entrega optimizado.  - Precisión en la simulación y predicción de rutas óptimas. | - Modelado matemático y programación lineal.  - Implementación de algoritmos Heurísticos.  - Diseño y desarrollo del sistema web. | Documentación interna de Embonor S.A.  - Estudios matemáticos sobre Runge-Kutta y programación lineal.  - Referencias académicas sobre optimización logística y algoritmos de grafos.  - Datos logísticos históricos de la empresa. | -Frameworks de desarrollo web (Spring Boot  - Lenguajes de programación (Java).  - Google Maps API para rutas en tiempo real.  - PostgreSQL para bases de datos. |

Fuente: Elaboración propia 2024

Anexo B: Variable del objetivo específico 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
| . Definir un modelo de grafos que represente de manera precisa la problemática de la planificación de rutas logísticas. | Modelo de grafos | Representación matemática de la red logística mediante nodos (ubicaciones) y aristas (conexiones) para modelar rutas y restricciones logísticas. | - Número de nodos y aristas definidas.  - Precisión del modelo en la representación del sistema logístico.  - Adaptabilidad a condiciones reales. | Análisis de grafos. | Documentación sobre teoría de grafos.  Datos de rutas.  Publicaciones académicas relacionadas. | Dependencia de spring boot jgrapht-core  Google Maps API |

Fuente: Elaboración propia 2024

Anexo C: Variable del objetivo específico 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
| Aplicar algoritmos específicos de grafos, particularmente aquellos relacionados con el flujo máximo, para resolver la minimización de la distancia, el tiempo total de viaje, y el costo asociado a las rutas de entrega. | Algoritmos de flujo máximo | Métodos computacionales que optimizan el transporte identificando rutas eficientes para minimizar distancia, tiempo y costos logísticos. | - Reducción en la distancia promedio por ruta.  - Tiempo total de viaje optimizado.  - Costos logísticos reducidos. | Implementación de algoritmos.  Análisis de resultados. | Publicaciones sobre algoritmos.  Estudios previos en optimización logística.  Datos de rutas. | Java  Google Maps API  Programación lineal |

Fuente: Elaboración propia 2024

Anexo D: Variable del objetivo específico 3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
| Crear una base de datos capaz de almacenar ubicaciones, itinerarios de los distribuidores, datos de cada vehículo, información de las rutas, y de diversos pedidos. | Base de datos logística | Sistema estructurado y eficiente para registrar y gestionar información clave como ubicaciones, itinerarios, datos de vehículos y pedidos. | - Consistencia e integridad de los datos almacenados. | Diseño de bases de datos.  Normalización. | Manuales de diseño de bases de datos. | PostgreSQL. |

Fuente: Elaboración propia 2024

Anexo E: Variable del objetivo específico 4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
| Encontrar una ecuación de la Demanda y Oferta en función del tiempo que satisfaga las diferentes constantes y datos existentes. | Ecuación de demanda y oferta | Modelo matemático que describe la relación entre la demanda y oferta logística, considerando factores temporales y constantes empresariales. | - Precisión en las predicciones realizadas.  - Ajuste del modelo a los datos históricos.  - Capacidad predictiva del modelo. | Modelado matemático. | Publicaciones sobre modelos de oferta y demanda.  Estudios económicos relacionados. | Java  Apache Commons Math |

Fuente: Elaboración propia 2024

Anexo F: Variable del objetivo específico 5

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
| Implementar el método de Runge-Kutta de cuarto orden para optimizar la predicción de la demanda de productos y la capacidad máxima de carga de los vehículos, ajustándolo a las condiciones específicas de cada escenario operacional de transporte. | Optimización de predicción | Método numérico avanzado que utiliza Runge-Kutta de cuarto orden para calcular la demanda de productos. | - Capacidad del modelo para adaptarse a diferentes escenarios operativos. | Implementación del método Runge-Kutta. | Documentación sobre Runge-Kutta.  Estudios numéricos relacionados. | Java  Apache Commons Math |

Fuente: Elaboración propia 2024

Anexo G: Variable del objetivo específico 6

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
| Implementar el método de Vogel en el sistema para calcular el costo mínimo de transporte, optimizando la asignación de pedidos a los vehículos y minimizando los costos de los recorridos. | Costo mínimo de transporte | Método de optimización logística que utiliza el método de Vogel para asignar pedidos a vehículos y calcular el costo mínimo en las rutas de transporte. | - Reducción en los costos de transporte.  - Eficiencia en la asignación de pedidos.  - Comparación de costos antes y después de la implementación. | Implementación del método de Vogel.  Simulaciones matemáticas. | Documentación sobre el método de Vogel.  Estudios logísticos relacionados. | Java  Método de vogel |

Fuente: Elaboración propia 2024

Anexo H: Variable del objetivo específico 7

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
| Diseñar una función integrada con la API de Google Maps para sugerir rutas óptimas en tiempo real, considerando factores como distancia, tráfico y tiempo estimado de llegada. | Rutas óptimas en tiempo real | Función que utiliza la API de Google Maps para generar y sugerir rutas eficientes. | - Tiempo promedio de entrega optimizado.  - Precisión en la generación de rutas.  - Reducción de kilómetros recorridos. | Integración de API.  Análisis de resultados en escenarios dinámicos. | Documentación de Google Maps API.  Datos actuales de tráfico. | Google Maps API.  Java  JavaScript. |

Fuente: Elaboración propia 2024

Anexo I: Variable del objetivo específico 8

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
| Diseñar una interfaz intuitiva y funcional con inicio de sesión personalizado para cada usuario, que incluye la generación de notificaciones específicas según las necesidades identificadas. | Interfaz de usuario personalizada | Plataforma interactiva y visual que permite a cada usuario iniciar sesión de forma única y recibir notificaciones específicas según las necesidades del sistema. | - Funcionalidad de las notificaciones generadas. | Diseño UX/UI.  Pruebas de usabilidad.  Prototipos de interfaz.  Implementación de notificaciones. | Guías de diseño UX/UI.  Requerimientos del usuario final. | Figma.  Visual Studio Code.  Frameworks web. |

Fuente: Elaboración propia 2024

Anexo J: Variable del objetivo específico 9

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| OBJETIVO | VARIABLE | DEFINICIÓN | INDICADORES | TÉCNICAS | FUENTES | HERRAMIENTAS |
| Crear informes detallados de simulación que resuman la demanda proyectada y la capacidad de transporte requerida, proporcionando información clave para la toma de decisiones. | Informes de simulación | Documentos generados automáticamente que resumen y analizan la demanda proyectada y la capacidad logística. | - Precisión de las proyecciones.  - Claridad de la presentación de datos. | Análisis estadístico.  Visualización de datos. | Datos históricos de demanda y transporte.  Requerimientos de la empresa. | Java  Apache POI |

Fuente: Elaboración propia 2024