



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA

TESIS

Para obtener el grado de:
INGENIERO EN TIC's

DESARROLLO DE UN BOT PREDICTIVO BASADO EN LÓGICA DIFUSA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE

PRESENTA:

Macias Arias Mario Alberto

REVISORES:

DIRECTORA DE TESIS: DRA. JULISSA ELAYNE COSME CASTORENA

CODIRECTOR DE TESIS: D(N) RAFAEL PRECIADO GUTIÉRREZ

CODIRECTOR DE TESIS: EDINGUER VAZQUEZ AYALA

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis. En primer lugar, a mis padres, por su amor incondicional y su apoyo constante a lo largo de mi vida. Su confianza en mí ha sido una fuente de motivación y fuerza que me ha impulsado a alcanzar mis metas.

A mi novia, por su paciencia, comprensión y ánimo en los momentos difíciles. Tu apoyo ha sido fundamental en este proceso, y estoy profundamente agradecido por tenerte a mi lado.

Asimismo, quiero extender mi gratitud a mis maestros, Dra. Julissa Elayne Cosme Catureño, Prof. Rafael Preciado Gutiérrez, y Edinguer Vazquez Ayala, quienes me han brindado su conocimiento, orientación y respaldo. Sus enseñanzas han sido invaluable en mi desarrollo académico y profesional.

A todos ustedes, gracias por contribuir a este importante capítulo de mi vida.

Índice

Agradecimientos	1
RESUMEN	5
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA	5
ANTECEDENTES 1.1	5
Evolución de la Logística	6
Avances Tecnológicos en la Logística	6
Planteamiento del problema 1.2	8
Preguntas de planeación 1.3	9
Data logger 1.4	9
Especialidad en tratamiento de datos 1.5	10
Objetivos 1.6	11
Objetivo General	11
Objetivos Específicos	11
Justificación 1.7	12
Hipótesis 1.8	13
Alcances y limitaciones 1.9	14
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE FUNDAMENTOS	14
Marco conceptual 2.1	15
Marco teórico 2.2	19
2.2.1 Teoría 1: Lógica Difusa	19
2.2.2 Teoría 2: Predicción Basada en Datos	19
2.2.3 Teoría 3: Optimización Logística	20
2.3 Marco Normativo	20

2.4 Estado del Arte (Investigaciones Previas)	20
2.4.1 Investigación 1: Sistema de predicción logística para transporte de alimentos perecederos	20
2.4.2 Investigación 2: Uso de data loggers en la logística de productos agrícolas	21
2.4.3 Investigación 3: Aplicación de lógica difusa en la planificación de rutas logísticas	21
CAPÍTULO 3: DISEÑO METODOLÓGICO	21
Enfoque mixto 3.1	21
Alcance del proyecto 3.2	22
Diseño de la investigación 3.3	22
UNIVERSO O POBLACIÓN 3.4	23
MUESTRA 3.5	23
HIPÓTESIS 3.6	23
DEFINICIÓN DE VARIABLES 3.7	24
Operacionalización de variables 3.8	24
Figura. 3.8 tabla de operaciones de variables	25
TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS 3.9	25
Diseño de instrumentos 3.10	26
Validación de instrumentos 3.11	27
Institucional externo 3.12	27
Pilotaje 3.13	28
Trabajo de campo 3.14	29
Método de análisis de datos 3.15	29
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL USO DE DATOS 4.1	30
DESCRIPCIÓN MINUCIOSA DE DATOS RECABADOS 4.2	31
Figura. 4.2 tabla de datos Temperatura	32
Figura. 4.2 tabla de datos Humedad	33
Figura. 4.2 tabla de datos Impacto	33
Interpretación de datos recabados 4.3	33
Figura. 4.3 Variable de aprendizaje Temperatura C°	36

Figura. 4.3 Variable de aprendizaje Humedad	37
Figura. 4.3 Variable de aprendizaje Impacto.....	37
Discusión de datos recabados 4.4	37
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	38
CONSTATACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS 5.1	38
Verificación del cumplimiento de los objetivos de la investigación 5.2	39
Inferencias de los resultados de la investigación 5.3	40
Figura. 5.3 Inicio de la interfaz del bot	41
Figura. 5.3 interfaz del bot predictivo	42
Figura. 5.3 interfaz del bot predictivo	43
Figura. 5.3 resultados del bot predictivo	43
Figura. 5.3 lectura del archivo csv	44
Figura. 5.3 lectura del archivo csv	44
Figura. 5.3 archivo de predicción csv	45
Figura. 5.3 predicciones del archivo csv	45
Recomendación de tema para futuras investigaciones 5.4.....	45
CAPÍTULO 6: REFERENCIAS.....	46
Fuentes de Investigación 6.1	47
<i>Lógica Difusa en Sistemas Predictivos 6.1.1</i>	<i>48</i>
<i>Optimización de Rutas y Logística 6.1.2.....</i>	<i>48</i>
<i>Aprendizaje Automático y Predicción 6.1.3.....</i>	<i>48</i>
<i>Sostenibilidad en Logística y Transporte 6.1.4</i>	<i>49</i>
CAPÍTULO 7: APÉNDICES	49
Apéndice 1: Material Adicional 7.1	50
<i>Códigos de Programación Utilizados en el Proyecto 7.1.1.....</i>	<i>50</i>
Apéndice 2: Datos Experimentales 7.2	50
Figura. 7.2 resultados experimentales	51
Figura. 7.2 resultados experimentales	52
<i>Apéndice 2.2: Diagramas de Flujo del Sistema de Predicción 7.2.1</i>	<i>52</i>
<i>Apéndice 2.3: Estadísticas de Rendimiento del Sistema 7.2.2</i>	<i>52</i>
Apéndice 3: Datos Experimentales 7.3	53
Figura. 7.3 Datos experimentales	53

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un sistema predictivo basado en lógica difusa para optimizar las condiciones y rutas de transporte de productos en la industria del transporte. El sistema se centra en la predicción de factores críticos como la temperatura, la humedad del empaque y las rutas de transporte. A través de la entrada de datos proporcionados por el usuario, el sistema realiza predicciones para determinar la susceptibilidad del empaque a la humedad, el impacto de las rutas de transporte y la duración del trayecto.

Para alimentar este sistema, se utilizarán los datos recopilados por un data logger MSR175. Este dispositivo proporcionará mediciones de temperatura y humedad a lo largo de las rutas de transporte y durante el proceso de carga y descarga de los productos. Los datos obtenidos serán clave para entrenar y mejorar el sistema de predicción, permitiendo una mayor precisión en las recomendaciones del bot sobre las condiciones más óptimas para el transporte.

La metodología empleada en el proyecto se basa en el uso de lógica difusa para procesar las entradas y generar salidas precisas que ayuden a mejorar la eficiencia del transporte, minimizando el daño a los productos transportados. Este enfoque permite modelar incertidumbres en los datos y obtener resultados confiables para decisiones operativas en tiempo real.

El sistema está diseñado para ser interactivo, permitiendo a los usuarios ingresar datos como la temperatura, el tipo de empaque, la ruta y la duración del trayecto, generando predicciones que se pueden utilizar para optimizar las operaciones logísticas.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

ANTECEDENTES 1.1

La logística ha evolucionado desde sus orígenes, centrada inicialmente en el suministro militar y el almacenamiento. La introducción del ferrocarril y el barco de vapor mejoró el transporte y el manejo de bienes. Con el tiempo, los sistemas de gestión avanzados y la automatización optimizaron las operaciones logísticas. Actualmente, la digitalización, el Internet de las Cosas (IoT) y las tecnologías emergentes continúan

transformando la logística, incrementando la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones.

Christopher, M. (2016)

Evolución de la Logística

La evolución de la logística ha sido marcada por importantes avances tecnológicos. Durante la Revolución Industrial, la introducción del ferrocarril y el barco de vapor mejoró el transporte y almacenamiento de bienes, la profesionalización de la logística incluyó la implementación de sistemas de gestión avanzados y la automatización de procesos mediante robots en almacenes.

La digitalización ha revolucionado la logística con tecnologías basadas en la nube y el Internet de las Cosas (IoT), permitiendo el monitoreo en tiempo real de condiciones a lo largo de la cadena de suministro. En la última década, el análisis de Big Data y el análisis predictivo han optimizado la eficiencia y reducción de costos, mientras que la sostenibilidad ha impulsado el uso de prácticas más ecológicas.

Mirando hacia el futuro, tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), el blockchain, y los drones y vehículos autónomos están configurando la logística, mejorando la eficiencia, la transparencia y la sostenibilidad en la distribución de productos. Estos avances son cruciales para entender el contexto del proyecto a realizar

Wang, Y., Gunasekaran, A., & Ngai, E. W. T. (2016)

Avances Tecnológicos en la Logística

La tecnología ha transformado significativamente la logística. La automatización de almacenes y la digitalización, incluyendo el uso del Internet de las Cosas (IoT), han mejorado la eficiencia operativa y el monitoreo en tiempo real. El análisis de Big Data y técnicas predictivas optimizan la planificación y reducen costos. Además, la sostenibilidad se ha reforzado con tecnologías ecológicas como vehículos eléctricos. Actualmente, tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA)

Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2012)

Automatización: La incorporación de robots en almacenes ha optimizado el manejo y la preparación de pedidos, aumentando la eficiencia operativa.

Digitalización: La adopción de tecnologías basadas en la nube y software avanzado ha permitido una planificación y ejecución más eficiente de las operaciones logísticas.

Internet de las Cosas (IoT): El IoT facilita el monitoreo en tiempo real de sensores y dispositivos, proporcionando visibilidad continua sobre las condiciones y el estado de los productos a lo largo de la cadena de suministro.

Big Data y Análisis Predictivo: El análisis de grandes volúmenes de datos y las técnicas predictivas permiten prever la demanda, identificar tendencias y ajustar operaciones para mejorar la eficiencia y reducir costos.

Sostenibilidad: Las tecnologías más ecológicas, como los vehículos eléctricos y la optimización de rutas, están siendo adoptadas para minimizar el impacto ambiental.

Tecnologías Emergentes: La inteligencia artificial (IA), el blockchain, y los drones y vehículos autónomos están revolucionando la logística, mejorando la eficiencia, la transparencia y la sostenibilidad en la distribución de productos.

Bumblauskas, D., & Daugherty, P. J. (2020)

En los últimos años, la logística y distribución de productos ha cobrado una relevancia crucial para la industria, debido al aumento en la demanda de entregas rápidas y seguras (Dani et al., 2020). Este fenómeno se observa con especial interés en el sector de productos perecederos o delicados, como los frutos secos, que requieren condiciones específicas de transporte para mantener su calidad (**Ivanov & Dolgui, 2019**). Sin embargo, el manejo de estos productos implica desafíos debido a factores externos, como las variaciones de temperatura, humedad y la posibilidad de impactos en el trayecto, que pueden comprometer la integridad de la carga (**Jahre et al., 2021**).

La optimización en el transporte de estos bienes sensibles ha llevado al desarrollo de tecnologías como los data loggers y los

sistemas de monitoreo en tiempo real, los cuales permiten recolectar datos detallados de las condiciones durante el traslado **(Arslan et al., 2018)**. Estos datos han sido útiles para detectar incidentes en ruta, pero la necesidad de optimización predictiva va un paso más allá al anticipar riesgos y sugerir estrategias de mitigación antes de que se produzcan daños en la mercancía **(Wamba et al., 2020)**.

Es en este contexto que surge la idea de aplicar sistemas basados en lógica difusa para predecir y gestionar el impacto de condiciones variables en la logística de transporte. La lógica difusa, que permite modelar incertidumbres y trabajar con datos no exactos, se presenta como una herramienta adecuada para analizar las condiciones de transporte y hacer predicciones útiles **(Zadeh, 1965; Mahdiraji et al., 2020)**. Mediante un sistema de predicción basado en lógica difusa, es posible tomar decisiones más precisas y mejorar la eficiencia operativa en la distribución, mitigando riesgos de daños y optimizando la seguridad y el control de la carga en diversas rutas y condiciones **(Kannan et al., 2016)**.

Este proyecto se alinea con los avances en tecnología de transporte y gestión de datos en tiempo real, buscando así contribuir a una mayor eficiencia en la industria logística y un menor impacto en los productos sensibles a las variaciones ambientales y los movimientos bruscos **(Ceryno et al., 2019)**.

Planteamiento del problema 1.2

En la actualidad, el transporte de mercancías enfrenta numerosos desafíos, especialmente en lo que respecta a la gestión de condiciones que pueden afectar la integridad de la carga. Factores como la temperatura, la humedad y el impacto durante el transporte son variables críticas que, si no se gestionan adecuadamente, pueden conducir a daños significativos. La incapacidad para predecir y adaptarse a estas condiciones resulta en un aumento de costos y en una disminución de la satisfacción del cliente.

Para abordar esta problemática, se utilizan herramientas como el data logger MSR175, que permite la recolección de datos precisos sobre las condiciones de transporte. Sin embargo, la falta de sistemas de predicción eficientes y precisos en el ámbito del transporte genera incertidumbre y riesgos asociados a la entrega de productos de calidad. Esta situación no

solo afecta a las empresas de transporte, sino también a los consumidores finales, quienes dependen de la integridad de los productos durante su transporte.

Desarrollar un bot predictivo basado en lógica difusa se presenta como una solución innovadora para mitigar estos problemas. Este enfoque permitirá integrar y analizar variables inciertas, proporcionando a las empresas herramientas para anticipar condiciones adversas y optimizar la gestión de sus rutas de transporte. Al mejorar la precisión en las predicciones, se espera que las empresas puedan reducir costos y mejorar la eficiencia operativa en sus procesos logísticos.

Preguntas de planeación 1.3

¿Cómo influye la variación de temperatura, humedad e impacto en la calidad del producto durante el transporte de frutos secos?

¿Qué nivel de precisión puede alcanzarse al utilizar lógica difusa en la predicción de condiciones de transporte adversas?

¿Cuáles son los parámetros críticos que deben monitorearse en tiempo real para optimizar la logística de transporte de productos perecederos?

¿Cómo puede implementarse un sistema de alertas predictivo para reducir los daños en el transporte de frutos secos en diferentes tipos de rutas?

¿De qué manera la optimización en la logística de transporte mediante lógica difusa puede impactar en los costos operativos y la satisfacción del cliente?

Data logger 1.4

Un data logger especializado para transportes, este modelo tiene integrados los sensores que se necesitaran para el proyecto, así como: sensor de Temperatura y humedad, sensor de luz y sensor de presión del aire

El MSR175 es un data logger utilizado para registrar datos de sensores en tiempo real. Permite la configuración de parámetros como la tasa de muestreo y los rangos de medición, así como la recopilación, almacenamiento y transferencia de datos. Es útil para análisis y generación de informes sobre los datos recolectados y requiere mantenimiento periódico y calibración para asegurar su precisión.

(MSR Electronics. (n.d.). MSR175 data logger. MSR Electronics)

1.4

data



Figura.
Transport
Datalogger
logger
MSR175

Especialidad en tratamiento de datos 1.5

Para la implementación del proyecto de monitoreo y control en logística con el data logger MSR175 y empleando lógica difusa para el tratamiento de datos, se pueden detallar las siguientes etapas:

La implementación inicia con la configuración del data logger MSR175 para el registro continuo de datos críticos en los envíos. Este dispositivo se ubica estratégicamente en los puntos de transporte para capturar información detallada sobre las condiciones de distribución. Se considera un almacenamiento adecuado y seguro de los datos, de forma que estos puedan ser recuperados y analizados conforme a los requerimientos del sistema.

Una vez recopilada la información, el sistema aplica algoritmos de lógica difusa para interpretar las variables registradas. La lógica difusa permite convertir datos cuantitativos en representaciones más flexibles, adaptándose a variaciones y otorgando valor a datos que no necesariamente siguen un patrón rígido. Este enfoque es especialmente útil en la logística, donde factores como el tiempo de tránsito o la manipulación física son susceptibles a alteraciones impredecibles.

Mediante la lógica difusa, se pueden generar criterios adaptativos que determinan la necesidad de intervención. Por ejemplo, si las condiciones de transporte se desvían de los rangos ideales, el sistema envía alertas o recomendaciones basadas en un análisis continuo, haciendo el control adaptable y eficiente.

Objetivos 1.6

Objetivo General

Desarrollar un bot predictivo basado en lógica difusa que optimice las condiciones y rutas de transporte de frutos secos, mediante la anticipación de riesgos ambientales y mecánicos (temperatura, humedad e impacto) durante el traslado, con el fin de mejorar la eficiencia logística y reducir los daños en la carga, garantizando la calidad del producto hasta su destino final.

Objetivos Específicos

Implementar un bot de lógica difusa que permita analizar los datos obtenidos, considerando las diferentes condiciones ambientales y mecánicas de las rutas (rural, urbana y medio rural).

Desarrollar algoritmos predictivos que identifiquen patrones de riesgo y generen alertas anticipadas de posibles condiciones desfavorables para la carga.

Evaluar el impacto del bot predictivo en la reducción de daños a la carga, midiendo la eficiencia del sistema en la mejora de la integridad de los frutos secos durante el transporte.

Optimizar las decisiones logísticas de la empresa, proporcionando recomendaciones sobre rutas y condiciones de transporte basadas en las predicciones generadas por el bot.

Justificación 1.7

El transporte de productos perecederos, como los frutos secos, exige un manejo cuidadoso para garantizar la calidad y seguridad de la carga. Sin embargo, diversos factores como la temperatura, la humedad y los impactos durante el transporte pueden generar pérdidas significativas en la calidad del producto, afectando tanto la satisfacción del cliente como los costos operativos de las empresas de transporte. Ante esta problemática, el desarrollo de un sistema que permita optimizar las condiciones y rutas de transporte se presenta como una necesidad urgente para mejorar la eficiencia en la distribución logística.

La implementación de un bot predictivo basado en lógica difusa representa una solución innovadora y eficiente para abordar estos desafíos. La lógica difusa, a diferencia de los sistemas tradicionales de predicción, permite trabajar con información imprecisa o incierta, como es común en el entorno logístico, donde los factores que afectan el transporte de la carga no siempre pueden expresarse de manera precisa. A través de este enfoque, el bot puede generar recomendaciones más adaptativas y realistas en función de las condiciones cambiantes durante el transporte, garantizando así que los productos lleguen en condiciones óptimas.

El uso de un data logger MSR175 para el registro de datos como la temperatura ambiente de la camioneta, la humedad en las cajas de cartón y los impactos durante el recorrido, proporciona la base necesaria para alimentar el modelo predictivo. Este sistema no solo permitirá predecir los posibles riesgos asociados con el transporte, sino que también contribuirá a la mejora continua de las rutas, ayudando a las empresas a optimizar sus operaciones y reducir las pérdidas económicas derivadas de daños a la carga.

De esta manera, la presente investigación se justifica no solo por la necesidad de mejorar la calidad y eficiencia en el transporte de frutos secos, sino también por el potencial de aplicar tecnologías avanzadas, como la lógica difusa y los sensores inteligentes, para resolver problemas complejos en el ámbito logístico. Esta propuesta tiene un alto valor práctico para las empresas de transporte, quienes podrán obtener información precisa y en tiempo real sobre las condiciones del transporte,

mejorando la toma de decisiones y aumentando la competitividad en el mercado.

Hipótesis 1.8

Se plantea que el desarrollo de un bot predictivo basado en lógica difusa, utilizando datos de temperatura, humedad e impacto registrados por el data logger MSR175, permitirá optimizar las condiciones de transporte y las rutas logísticas, reduciendo los riesgos de daños en la carga de frutos secos. Este sistema será capaz de prever situaciones de riesgo y ofrecer recomendaciones en tiempo real, mejorando así la eficiencia operativa, reduciendo costos asociados a pérdidas de calidad y aumentando la satisfacción del cliente.

Alcances y limitaciones 1.9

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un bot predictivo basado en lógica difusa para optimizar las condiciones y las rutas de transporte de frutos secos. El sistema utilizará datos en tiempo real registrados por un data logger MSR175, que medirá variables clave como temperatura, humedad e impacto. Con base en estos datos, el bot predictivo generará recomendaciones para mejorar las condiciones del transporte y optimizar las rutas logísticas, lo que contribuirá a la reducción de daños en la carga y a la mejora de la eficiencia operativa. Este sistema será aplicable principalmente a empresas de transporte de productos sensibles a las condiciones ambientales, proporcionando herramientas útiles para optimizar las rutas y las condiciones del transporte en tiempo real, mejorando la competitividad y reduciendo costos operativos.

Sin embargo, existen ciertas limitaciones que deben considerarse. El rendimiento del bot dependerá de la precisión y calidad de los datos proporcionados por el data logger MSR175. Cualquier imprecisión en los datos registrados podría afectar la efectividad de las predicciones y las recomendaciones del sistema. Además, el enfoque de este proyecto se limita a tres variables específicas: temperatura, humedad e impacto. Factores adicionales, como la velocidad del vehículo o las condiciones meteorológicas imprevistas, no serán considerados en el modelo predictivo.

Asimismo, el sistema se diseñará inicialmente para el transporte de frutos secos, lo que implica que su aplicabilidad a otros productos o sectores podría requerir ajustes adicionales. Aunque se utilizarán datos reales para el desarrollo del modelo, el proyecto no contempla una simulación a gran escala ni un monitoreo continuo en diversas condiciones logísticas, lo que restringe la evaluación completa del impacto del sistema en un entorno operativo más amplio. Finalmente, el proyecto se centrará en la creación de una versión inicial del bot predictivo, sin incluir pruebas a gran escala en tiempo real con múltiples rutas y vehículos, lo que limita la evaluación de la efectividad completa del sistema en un entorno operativo extendido.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE FUNDAMENTOS

Marco conceptual 2.1

este trabajo se basa en la integración de varias teorías y conceptos clave que sustentan el desarrollo y la aplicación de un bot predictivo basado en lógica difusa para la optimización del transporte de productos sensibles, específicamente los frutos secos. A continuación, se presentan los principales conceptos y teorías que sirven como base para la investigación.

Lógica Difusa: La lógica difusa (o lógica fuzzy) es una extensión de la lógica clásica que permite manejar información imprecisa o incierta. A diferencia de la lógica booleana, que se basa en valores binarios (verdadero o falso), la lógica difusa permite asignar un valor de pertenencia a un conjunto, que puede estar entre 0 y 1. Este enfoque es particularmente útil en sistemas de predicción y toma de decisiones donde los datos no son precisos o están sujetos a variabilidad (Zadeh, 1965). En el contexto de esta tesis, la lógica difusa se aplicará para predecir las condiciones de transporte (como la temperatura, humedad e impacto) y generar recomendaciones para optimizar las rutas de transporte.

Sistemas de Predicción: Los sistemas de predicción son herramientas que utilizan modelos matemáticos y algorítmicos para anticipar futuros eventos o comportamientos basados en datos históricos o en tiempo real. En este caso, el sistema predictivo que se desarrollará utilizará la lógica difusa para modelar las condiciones de transporte y predecir los riesgos o problemas que puedan surgir durante el proceso logístico. Estos sistemas son esenciales en áreas como la logística y la gestión de la cadena de suministro, donde las decisiones deben tomarse rápidamente y con información parcial o incierta (Hahn et al., 2014).

Data Logger: El data logger MSR175 es un dispositivo de medición que se utilizará para obtener datos clave relacionados con las condiciones de transporte, tales como la temperatura, la humedad y el impacto en la carga (MSR Electronics, 2020). Estos datos servirán de entrada al bot predictivo, alimentando el modelo lógico difuso para generar las predicciones y recomendaciones necesarias para optimizar las rutas y condiciones de transporte.

Optimización Logística: La optimización logística se refiere al proceso de mejorar la eficiencia de las operaciones de transporte y distribución. En el contexto de esta tesis, la optimización busca reducir los costos operativos y minimizar los riesgos de daños en la carga, lo que se logra a través del uso de tecnologías como los sistemas predictivos basados en lógica difusa (Murray, 2017). La capacidad de predecir condiciones adversas durante el transporte y ajustar las rutas o las condiciones de carga puede generar

importantes ahorros y mejoras en la eficiencia general de las operaciones logísticas.

Transporte de Productos Perecederos: Los productos perecederos, como los frutos secos, son especialmente sensibles a factores ambientales como la temperatura y la humedad. El transporte de estos productos requiere una gestión eficiente para evitar pérdidas de calidad y asegurar que los productos lleguen en condiciones óptimas a su destino. La implementación de un sistema predictivo que optimice las condiciones de transporte es fundamental para mejorar la calidad del servicio y la competitividad de las empresas de transporte (González et al., 2015).

Concepto y Dimensiones 1: Monitoreo de Variables Críticas 2.1.1

El monitoreo de variables críticas es el proceso de medir y registrar condiciones específicas que pueden afectar la calidad y seguridad de las mercancías durante el transporte. Este monitoreo es fundamental en la logística para prevenir pérdidas y asegurar la satisfacción del cliente.

Dimensiones

Temperatura:

Definición: Medida del calor en el entorno de transporte.

Importancia: La temperatura inadecuada puede alterar las propiedades físicas y químicas de muchos productos, especialmente alimentos y productos farmacéuticos.

Métodos de Medición: Uso de termómetros digitales o sensores de temperatura conectados al data logger.

Humedad:

Definición: Cantidad de vapor de agua presente en el aire.

Importancia: La humedad excesiva puede causar moho, corrosión y deterioro de productos, mientras que la humedad insuficiente puede afectar productos como alimentos deshidratados o papel.

Métodos de Medición: Sensores de humedad que se integran al sistema de monitoreo.

Impacto:

Definición: Fuerzas o golpes aplicados a los productos durante su transporte.

Importancia: El impacto puede causar daños físicos en productos frágiles o sensibles, afectando su integridad y calidad.

Métodos de Medición: Sensores de impacto y vibración que registran datos.

Concepto y Dimensiones 2: Predicción de Condiciones 2.1.1

La predicción de condiciones en el transporte logístico consiste en anticipar factores que puedan afectar la calidad de los productos durante su traslado. En este proyecto, se centra en la predicción de tres variables clave: temperatura, humedad e impacto, que son fundamentales para asegurar la integridad de la carga. Utilizando un modelo de lógica difusa, el sistema será capaz de generar recomendaciones basadas en datos recogidos en tiempo real por el data logger MSR175, permitiendo optimizar las rutas y las condiciones del transporte.

Las dimensiones de la predicción incluyen:

Temperatura: Mantener la carga dentro de un rango adecuado de temperatura es crucial para evitar daños a los productos.

Humedad: Controlar la humedad durante el transporte es esencial para prevenir deterioros, como el crecimiento de moho en productos sensibles.

Impacto: Minimizar los impactos durante el transporte reduce los riesgos de daños físicos en la carga.

Estas dimensiones guiarán las decisiones del bot predictivo para mejorar la eficiencia y la seguridad del transporte.

Concepto y Dimensiones 3: Optimización de Procesos Logísticos 2.1.1

La optimización de procesos logísticos se refiere al conjunto de acciones y estrategias implementadas para mejorar la eficiencia de las operaciones de transporte, distribución y gestión de productos. En este contexto, el objetivo es reducir costos, minimizar riesgos y mejorar los tiempos de entrega, garantizando que los productos lleguen a su destino en las mejores condiciones posibles. Para ello, se utilizará un bot predictivo basado en lógica difusa que, al predecir las condiciones de transporte, generará recomendaciones sobre cómo ajustar las rutas y las condiciones operativas para optimizar el proceso logístico.

Las dimensiones de la optimización incluyen:

Eficiencia operativa: Mejorar el uso de recursos (vehículos, rutas y tiempos) para reducir costos y tiempos de transporte sin comprometer la calidad del servicio.

Seguridad de la carga: Minimizar los riesgos de daño en la carga mediante la predicción de condiciones como temperatura, humedad e impacto, permitiendo una mejor planificación y gestión.

Gestión de rutas: Ajustar las rutas de transporte en función de las predicciones sobre las condiciones del entorno, optimizando los tiempos de entrega y evitando posibles imprevistos.

Estas dimensiones permiten que el sistema de predicción apoye una logística más eficiente y segura, contribuyendo a la mejora continua de los procesos.

.

Marco teórico 2.2

En esta sección se presentan las teorías y fundamentos que sustentan el desarrollo del bot predictivo basado en lógica difusa para optimizar el transporte, enfocándose en los conceptos de lógica difusa, predicción de datos y optimización logística.

2.2.1 Teoría 1: Lógica Difusa

La lógica difusa, propuesta por Lotfi A. Zadeh en 1965, es un enfoque matemático que permite manejar incertidumbre y ambigüedad en la toma de decisiones. A diferencia de la lógica clásica, trabaja con valores continuos entre 0 y 1, lo que la hace ideal para modelar problemas complejos como la predicción de condiciones de transporte. En este proyecto, se utiliza para evaluar variables como temperatura, humedad y impacto en función de rutas de transporte.

2.2.2 Teoría 2: Predicción Basada en Datos

La predicción de datos combina técnicas estadísticas y de inteligencia artificial para anticipar eventos futuros con base en patrones históricos. En el caso del bot, se utilizan los datos registrados por el data logger MSR175 para entrenar un modelo que permita predecir condiciones óptimas de transporte, reduciendo riesgos y mejorando la eficiencia.

2.2.3 Teoría 3: Optimización Logística

La optimización logística busca minimizar costos y maximizar la eficiencia en procesos de transporte y distribución. Teorías como la planificación de rutas y el manejo eficiente de recursos son esenciales para garantizar que las predicciones del bot se alineen con los objetivos de la empresa, mejorando el manejo de la carga de frutos secos.

2.3 Marco Normativo

El transporte y la distribución de productos están regidos por normativas específicas que aseguran su integridad y calidad. Algunas normativas relevantes para este proyecto incluyen:

Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010: Requisitos generales de etiquetado para alimentos y condiciones de transporte. ISO 9001: Gestión de la calidad aplicada a procesos logísticos. Reglamento para el transporte de mercancías generales: Normas específicas sobre manejo y almacenamiento de productos durante su traslado. Estas regulaciones aseguran que las condiciones propuestas por el bot cumplan con estándares legales y de calidad.

2.4 Estado del Arte (Investigaciones Previas)

Esta sección analiza investigaciones y desarrollos previos relacionados con sistemas predictivos, lógica difusa y transporte logístico.

2.4.1 Investigación 1: Sistema de predicción logística para transporte de alimentos perecederos

Este estudio implementó un modelo de lógica difusa para evaluar las condiciones de transporte de productos sensibles. Los resultados demostraron que ajustar variables como temperatura y vibración mejora significativamente la integridad de la carga.

2.4.2 Investigación 2: Uso de data loggers en la logística de productos agrícolas

Investigación centrada en el impacto de los registros de data loggers en la mejora de rutas de transporte. Este trabajo identificó que los datos históricos ayudan a reducir costos logísticos al optimizar el almacenamiento y transporte.

2.4.3 Investigación 3: Aplicación de lógica difusa en la planificación de rutas logísticas

Se desarrolló un sistema que utiliza lógica difusa para seleccionar rutas óptimas en función de la distancia, el tráfico y el impacto ambiental. Los resultados indicaron una mejora del 15% en la eficiencia del transporte.

CAPÍTULO 3: DISEÑO METODOLÓGICO

Enfoque mixto 3.1

El enfoque mixto de este proyecto combina técnicas cualitativas y cuantitativas para el desarrollo de un bot predictivo basado en lógica difusa orientado a la optimización del transporte logístico. Este enfoque permite abordar de manera integral los problemas relacionados con la predicción de condiciones de transporte y la mejora de los procesos logísticos. Por un lado, se utilizan datos cuantitativos, como las mediciones de temperatura, humedad e impacto obtenidos del data logger MSR175, los cuales se procesan mediante modelos matemáticos y algoritmos de lógica difusa para generar predicciones y recomendaciones. Por otro lado, el enfoque cualitativo se aplica en el análisis de las decisiones estratégicas de transporte, la interpretación de los resultados y la identificación de posibles mejoras en los procesos logísticos a partir de los resultados del sistema predictivo. Esta combinación de enfoques permite no solo una medición precisa de las condiciones del transporte, sino también una comprensión profunda de cómo optimizar las operaciones logísticas en función de los datos obtenidos.

Alcance del proyecto 3.2

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un bot predictivo basado en lógica difusa para optimizar el transporte de frutos secos, prediciendo las condiciones de temperatura, humedad e impacto mediante datos obtenidos de un data logger MSRI75. El objetivo es generar recomendaciones para mejorar las rutas y condiciones operativas del transporte, reduciendo riesgos y aumentando la eficiencia.

El alcance se limita a la predicción de estas condiciones específicas y a la utilización del data logger MSRI75 para la recolección de datos. No se incluirán pruebas en tiempo real ni análisis de datos históricos, y el proyecto no abarcará la evaluación financiera ni la implementación en flotas diversas.

Diseño de la investigación 3.3

El diseño de la investigación para este proyecto se basa en un enfoque cuantitativo, con un componente aplicado que permite el desarrollo y evaluación de un bot predictivo basado en lógica difusa para la optimización de procesos logísticos en el transporte de frutos secos. La investigación se llevará a cabo mediante un diseño experimental, donde se utilizarán datos obtenidos del data logger MSRI75 para analizar las condiciones de transporte, tales como temperatura, humedad e impacto.

El proceso incluirá la recolección de datos en diferentes condiciones de transporte simuladas, que serán procesados utilizando modelos de lógica difusa para hacer predicciones y generar recomendaciones sobre las mejores rutas y condiciones operativas. Los resultados obtenidos se evaluarán en función de su efectividad para optimizar las rutas de transporte y reducir los riesgos de daño en la carga.

El diseño no contemplará la implementación en tiempo real ni la evaluación a largo plazo del sistema, centrándose únicamente en el análisis y predicción de las condiciones durante el transporte simulado.

UNIVERSO O POBLACIÓN 3.4

estudio está conformado por los datos de transporte de productos perecederos, específicamente frutos secos, bajo condiciones controladas y simuladas. Estos datos incluyen las mediciones de temperatura, humedad e impacto obtenidas por el data logger MSR175 durante el transporte simulado. Aunque el proyecto no contempla pruebas en tiempo real ni la implementación en flotas reales, se utilizarán escenarios simulados que representen distintos tipos de rutas de transporte, como rurales, urbanas y suburbanas.

El análisis se realizará sobre un conjunto de datos representativo de las condiciones ambientales y operativas del transporte de productos sensibles, con el fin de validar la eficacia del bot predictivo en la optimización de las condiciones logísticas.

MUESTRA 3.5

La muestra de este proyecto está compuesta por un conjunto de datos obtenidos a través del data logger MSR175, que registra las condiciones de temperatura, humedad e impacto en rutas de transporte simuladas. Dado que el enfoque del proyecto es experimental y simulado, la muestra incluirá mediciones en diferentes escenarios de transporte, como rutas urbanas, rurales y suburbanas, para representar una variedad de condiciones logísticas.

La selección de la muestra se basará en una variedad de condiciones ambientales y operativas, lo que permitirá evaluar la capacidad del bot predictivo para generar recomendaciones efectivas en función de distintas variables de transporte. No se utilizarán datos reales de empresas externas, sino que la muestra se limitará a los datos recopilados durante la fase de simulación del proyecto.

HIPÓTESIS 3.6

Se plantea que, mediante el uso de un bot predictivo basado en lógica difusa, es posible optimizar los procesos logísticos en el transporte de frutos secos, reduciendo los riesgos de daño en la carga y mejorando la eficiencia operativa. Se espera que la predicción de las condiciones de temperatura, humedad e impacto, obtenidas a través del data logger MSR175, permita generar recomendaciones para ajustar las rutas y las condiciones del transporte de manera más efectiva que los métodos tradicionales de planificación logística.

DEFINICIÓN DE VARIABLES 3.7

Variables independientes:

Temperatura (°C): Nivel de temperatura dentro del transporte.

Humedad (%): Porcentaje de humedad relativa en el ambiente del transporte.

Impacto (g): Magnitud de los impactos o golpes que recibe el producto durante el trayecto.

Vibración (Hz): Frecuencia y amplitud de las vibraciones durante el transporte.

Variable dependiente:

Estado del producto: Nivel de deterioro o daños en los productos sensibles transportados (medido en términos de impacto en la calidad o funcionalidad del producto).

Variable interviniente:

Tipo de producto transportado: Características del producto, como su sensibilidad a la temperatura, humedad, o golpes.

Condiciones del trayecto: Estado de la carretera, duración del trayecto, condiciones climáticas externa

Operacionalización de variables 3.8

Variable	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Temperatura	Variación de temperatura	Rango de temperatura durante el trayecto	Grados Celsius (°C)
Humedad	Nivel de humedad	Porcentaje de humedad relativa en el transporte	Porcentaje (%)

Impacto	Intensidad de impactos	Fuerza medida por los sensores de impacto	Gravedad (g)
Vibración	Frecuencia de vibraciones	Frecuencia de vibración registrada	Hertz (Hz)
Estado del producto	Deterioro	Cambios en la calidad del producto al final del trayecto	Escala de 1 a 5 (1 = sin daños, 5 = muy dañado)
Condiciones del trayecto	Características del entorno	Estado de la carretera, duración del trayecto	Observación cualitativa

Figura. 3.8 tabla de operaciones de variables

TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS 3.9

La recopilación de datos en este proyecto se llevará a cabo mediante el uso del data logger MSR175, un dispositivo diseñado para registrar datos de temperatura, humedad e impacto durante simulaciones de transporte. Los datos se recopilarán en diversas rutas de transporte simuladas, como urbanas, rurales y suburbanas, para representar diferentes condiciones operativas.

El data logger MSR175 proporcionará mediciones precisas de las condiciones ambientales y operativas durante las simulaciones de transporte de frutos secos. Estos datos serán procesados y analizados utilizando modelos de lógica difusa para realizar predicciones y generar recomendaciones sobre las rutas y condiciones óptimas para el transporte. Las simulaciones se realizarán en varias corridas de transporte para generar la información necesaria para la validación del sistema predictivo.

Diseño de instrumentos 3.10

El diseño de los instrumentos en este proyecto se enfoca en la recolección de datos precisos y relevantes para la predicción de las condiciones de transporte. El principal instrumento utilizado será el data logger MSR175, que se encargará de medir y registrar tres variables clave: temperatura, humedad e impacto. Estos datos se recogerán durante las simulaciones de transporte, representando diversas rutas y condiciones operativas.

El data logger MSR175 estará configurado para realizar mediciones a intervalos regulares durante cada corrida de transporte simulada. Los instrumentos de medición estarán calibrados para asegurar la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos. Una vez recopilados los datos, serán procesados por el sistema basado en lógica difusa, que generará predicciones y recomendaciones para optimizar las rutas y las condiciones de transporte.

Además, se utilizarán herramientas de análisis de datos y software para procesar y visualizar los resultados de las simulaciones, facilitando la interpretación de las predicciones generadas por el bot.

Validación de instrumentos 3.11

La validación de los instrumentos en este proyecto incluye tanto el data logger MSR175 como el bot predictivo. El data logger MSR175 será calibrado para asegurar la precisión en la medición de temperatura, humedad e impacto durante las simulaciones de transporte. Se verificará que los datos obtenidos se encuentren dentro de los rangos aceptables para el transporte de frutos secos, y cualquier desviación será ajustada para mantener la fiabilidad de las mediciones.

Por otro lado, la validación del bot predictivo se llevará a cabo comparando sus predicciones con los resultados esperados en las simulaciones. Se evaluará si las recomendaciones generadas por el bot, basadas en la lógica difusa, son efectivas para optimizar las rutas y condiciones de transporte, y se realizará un ajuste en los parámetros de la lógica si es necesario. El rendimiento del bot será probado en diferentes escenarios de transporte, asegurando que las predicciones sean coherentes y aplicables para mejorar la eficiencia y seguridad del transporte de frutos secos.

Institucional externo 3.12

El proyecto se desarrolla dentro de un contexto académico e institucional, pero también podría beneficiarse de la colaboración con instituciones externas que cuenten con experiencia en el área logística, así como en el uso de tecnología para la optimización del transporte. Las instituciones que participen en la validación o evaluación del sistema podrían incluir empresas de transporte, universidades con programas en logística y tecnologías de la información, así como organismos de certificación que validen el desempeño y la precisión de los sistemas predictivos.

Además, instituciones externas con experiencia en el uso de data loggers y tecnologías similares podrían contribuir en la capacitación sobre el uso y la interpretación de los datos, o incluso en la mejora de los modelos predictivos utilizados en este proyecto. La colaboración con estas

entidades ayudaría a validar la aplicabilidad y la efectividad del bot predictivo en escenarios reales, proporcionándole una validación externa que aumentaría la fiabilidad del sistema desarrollado.

Pilotaje 3.13

El pilotaje de este proyecto consistirá en la implementación de las simulaciones de transporte utilizando el bot predictivo y el data logger MSR175 en un entorno controlado. Las simulaciones se realizarán en diversas rutas de transporte (urbanas, rurales y suburbanas) para representar una variedad de condiciones logísticas y operativas. Durante esta fase, se recopilarán los datos de temperatura, humedad e impacto bajo las condiciones simuladas.

El pilotaje se llevará a cabo en fases, donde en cada una se ajustarán los parámetros del bot en función de los resultados obtenidos, evaluando su capacidad para predecir las condiciones de transporte y generar recomendaciones útiles para la optimización de rutas. Las predicciones del sistema se validarán mediante la comparación con los resultados esperados y las condiciones del transporte simuladas.

Una vez completado el pilotaje, se evaluará la efectividad del sistema predictivo y se realizarán ajustes en el modelo de lógica difusa si es necesario, para asegurar que las recomendaciones sean precisas y aplicables en escenarios logísticos reales.

Trabajo de campo 3.14

El trabajo de campo en este proyecto consistirá en el análisis de datos históricos obtenidos a través de archivos CSV, los cuales contendrán la información de al menos 100 corridas de transporte. Estos archivos incluirán mediciones de temperatura, humedad e impacto durante las distintas rutas de transporte. En lugar de realizar simulaciones, el bot predictivo se entrenará y validará utilizando estos datos previos para aprender y hacer predicciones sobre las condiciones más adecuadas para optimizar el transporte de frutos secos.

El proceso de trabajo de campo consistirá en cargar y analizar estos archivos CSV, con los cuales el bot podrá aprender de las variaciones en las condiciones de transporte y generar predicciones basadas en las corridas pasadas. A través del uso de modelos de lógica difusa, el bot predictivo realizará recomendaciones sobre las mejores rutas y condiciones de transporte. El trabajo de campo se centrará en validar la capacidad del sistema para hacer predicciones útiles, evaluando su rendimiento con el conjunto de datos y ajustando los parámetros del modelo según sea necesario.

Este enfoque permitirá realizar un análisis de la eficacia del bot predictivo sin necesidad de simulaciones adicionales, basándose exclusivamente en los datos históricos disponibles.

Método de análisis de datos 3.15

El análisis de los datos en este proyecto se llevará a cabo utilizando métodos estadísticos y técnicas de lógica difusa. Los archivos CSV con datos de temperatura, humedad e impacto de las corridas de transporte serán procesados y analizados para extraer patrones y tendencias relacionadas con las condiciones de transporte y el comportamiento de la carga.

El primer paso en el análisis será la limpieza y preparación de los datos, que incluirá la verificación de la consistencia y la corrección de posibles errores en los registros. Luego, los datos serán utilizados para entrenar el bot predictivo, que empleará algoritmos de lógica difusa para identificar relaciones entre las variables de entrada (temperatura, humedad, impacto) y los resultados esperados (optimización de rutas y condiciones de transporte).

Una vez que el bot predictivo haya aprendido a partir de los datos históricos, se utilizará para generar predicciones sobre nuevas corridas de transporte. Se evaluará la precisión de las predicciones mediante la comparación de los resultados obtenidos con los datos reales o esperados. Además, se realizarán análisis adicionales para ajustar los parámetros del modelo, mejorando su capacidad para realizar recomendaciones precisas y aplicables en la optimización del transporte de frutos secos.

Finalmente, se utilizarán métricas de rendimiento, como el error cuadrático medio (MSE) o el coeficiente de determinación (R^2), para evaluar la eficacia del sistema predictivo y su capacidad para realizar predicciones útiles y precisas.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL USO DE DATOS 4.1

En este proyecto, los datos recabados mediante el data logger MSR175 fueron fundamentales para alimentar y entrenar el bot predictivo. Los registros de temperatura, humedad e impacto, obtenidos de las 10 corridas de transporte realizadas, sirvieron como entrada para el sistema basado en lógica difusa. Estos datos permitieron que el bot pudiera identificar patrones y relaciones entre las variables de transporte y sus efectos en las condiciones de la carga.

El uso de estos datos se distribuye en varias fases clave:

Procesamiento y Análisis de Datos:

Los datos recopilados fueron procesados y limpiados para asegurar su calidad y relevancia. Esto incluyó la verificación de rangos de temperatura, tipos de empaque y las condiciones de las rutas de transporte. Una vez validados, los datos fueron utilizados para definir las reglas de lógica difusa que guían las predicciones del bot.

Entrenamiento del Bot Predictivo:

Los datos sirvieron para entrenar el bot, permitiéndole hacer predicciones sobre la humedad, el impacto en la carga, y las condiciones de transporte. La información sobre las rutas y la duración del trayecto también fue utilizada para determinar cómo variables como la temperatura y el tipo de empaque afectan el resultado final.

Mejora Continua:

A medida que el bot recibe más datos de las corridas de transporte, su capacidad predictiva mejora. Este componente de aprendizaje permite que el sistema sea más preciso a medida que se acumulan más registros históricos. Los datos adicionales proporcionan al bot un conocimiento más profundo de las variaciones que afectan al transporte de la carga, lo que se traduce en predicciones más confiables y exactas.

DESCRIPCIÓN MINUCIOSA DE DATOS RECABADOS 4.2

Los datos utilizados en este proyecto fueron recopilados mediante el data logger MSRI75, registrando temperatura ambiental, humedad relativa e impacto en diferentes rutas de transporte: rural, urbana y medio rural. Se realizaron 10 corridas de transporte, evaluando distintos tipos de empaque (cartón, metal, plástico y madera) y duración de trayectos, generando una base de datos variada y representativa.

Los registros fueron procesados y limpiados para garantizar su fiabilidad, sirviendo como base para configurar las reglas de lógica difusa del bot predictivo. Estos datos iniciales permitieron realizar predicciones sobre las condiciones de transporte y sus efectos en la carga. Además, se observó que, al proporcionar más datos, el bot mejora progresivamente su precisión, gracias a su capacidad de aprendizaje.

Los resultados revelaron patrones importantes, como el alto impacto en rutas rurales y la mayor susceptibilidad a la humedad de los empaques de cartón en temperaturas elevadas. En síntesis, los datos recabados no solo alimentaron el conocimiento del bot, sino que también establecieron una base sólida para su mejora continua y optimización del transporte.

1	Timestamp	Temperature (°C)	Position X (g)	Position Y (g)	Position Z (g)
2	24-10-29 15:54:33	25.8	0.4	-0.36	0.776
3	24-10-29 16:04:33	25.4	0.328	-0.04	-0.432
4	24-10-29 16:14:33	27.4	0.744	-0.048	-0.656
5	24-10-29 16:24:33	28.2	0.368	-0.064	-1.096
6	24-10-29 16:34:33	29.1	0.28	-0.136	-0.96
7	24-10-29 16:44:33	29.8	0.248	-0.224	-1
8	24-10-29 16:54:33	30.4	0.256	-0.152	-0.9120001
9	24-10-29 17:04:33	30.5	0.776	0.56	-0.104
10	24-10-29 17:14:33	29.2	0.768	0.6	-0.056
11	24-10-29 17:24:33	28	0.7600001	0.5840001	-0.064
12	24-10-29 17:34:33	27.2	0.752	0.6	-0.056
13	24-10-29 17:44:33	26.6	0.768	0.56	-0.064
14	24-10-29 17:54:33	26.2	0.7600001	0.592	-0.072
15	24-10-29 18:04:33	25.9	0.768	0.576	-0.064
16	24-10-29 18:14:33	25.7	0.784	0.6	-0.072
17	24-10-29 18:24:33	25.5	0.768	0.592	-0.08000001
18	24-10-29 18:34:33	25.3	0.768	0.6	-0.072
19	24-10-29 18:44:33	25.2	0.768	0.5840001	-0.048
20	24-10-29 18:54:33	25.2	0.768	0.568	-0.08800001
21	24-10-29 19:04:33	25.1	0.7600001	0.592	-0.08000001
22	24-10-29 19:14:33	25.1	0.768	0.576	-0.08800001
23	24-10-29 19:24:33	25.2	0.752	0.6	-0.08800001
24	24-10-29 19:34:33	25.2	0.768	0.592	-0.08800001

Figura. 4.2 tabla de datos Temperatura

	A	B	C	D	E
1	Timestamp	Humedad	Position X (g)	Position Y (g)	Position Z (g)
2	24/10/2024 15:57	24.5	0	0	0
3	24/10/2024 16:07	24.8	-1.008	0.016	0.104
4	24/10/2024 16:17	26.5	-0.9440001	0.352	-0.144
5	24/10/2024 16:27	28.5	-1.032	0.144	-0.04
6	24/10/2024 16:37	29.6	-0.928	0.128	0
7	24/10/2024 16:47	30	-0.992	0.28	0.008
8	24/10/2024 16:57	29.6	-0.984	0.28	0
9	24/10/2024 17:07	29	-0.984	0.296	0.072
10	24/10/2024 17:17	28.3	-0.9680001	0.296	0.08800001
11	24/10/2024 17:27	27.8	-0.992	0.28	0.08800001
12	24/10/2024 17:37	27.6	-0.984	0.288	0.064
13	24/10/2024 17:47	27.4	-0.984	0.272	0.08000001
14	24/10/2024 17:57	27.3	-0.9760001	0.288	0.072
15	24/10/2024 18:07	27.3	-0.984	0.28	0.072
16	24/10/2024 18:17	27.2	-0.9680001	0.288	0.08800001
17	24/10/2024 18:27	27.2	-1	0.28	0.056
18	24/10/2024 18:37	27.1	-0.9760001	0.296	0.08000001
19	24/10/2024 18:47	27	-0.9760001	0.288	0.08000001
20	24/10/2024 18:57	26.9	-0.984	0.28	0.072
21	24/10/2024 19:07	26.9	-0.984	0.272	0.056
22	24/10/2024 19:17	26.8	-0.984	0.288	0.08000001

Figura. 4.2 tabla de datos Humedad

	A	B	C	D	E
1	Timestamp	Impacto	Position X (g	Position Y (g	Position Z (g
2	24/10/2029 15:54	10.2	0.4	-0.36	0.776
3	24/10/2029 16:04	11.6	0.328	-0.04	-0.432
4	24/10/2029 16:14	14.2	0.744	-0.048	-0.656
5	24/10/2029 16:24	18	0.368	-0.064	-1.096
6	24/10/2029 16:34	16.2	0.28	-0.136	-0.96
7	24/10/2029 16:44	11.5	0.248	-0.224	-1
8	24/10/2029 16:54	11.4	0.256	-0.152	-0.9120001
9	24/10/2029 17:04	11.3	0.776	0.56	-0.104
10	24/10/2029 17:14	13	0.768	0.6	-0.056
11	24/10/2029 17:24	16.3	0.7600001	0.5840001	-0.064
12	24/10/2029 17:34	14.5	0.752	0.6	-0.056
13	24/10/2029 17:44	15	0.768	0.56	-0.064
14	24/10/2029 17:54	16.2	0.7600001	0.592	-0.072
15	24/10/2029 18:04	11.5	0.768	0.576	-0.064
16	24/10/2029 18:14	14.2	0.784	0.6	-0.072
17	24/10/2029 18:24	16.8	0.768	0.592	-0.08000001
18	24/10/2029 18:34	11.5	0.768	0.6	-0.072
19	24/10/2029 18:44	12.5	0.768	0.5840001	-0.048
20	24/10/2029 18:54	18	0.768	0.568	-0.08800001
21	24/10/2029 19:04	19.3	0.7600001	0.592	-0.08000001
22	24/10/2029 19:14	10.2	0.768	0.576	-0.08800001

Figura. 4.2 tabla de datos Impacto

Interpretación de datos recabados 4.3

Los datos obtenidos mediante el data logger MSR175 han sido analizados para identificar patrones y relaciones que permitan optimizar el transporte de frutos secos. Las variables consideradas en el proyecto incluyen la temperatura ambiente, la humedad del empaque, y los niveles de impacto asociados con las rutas de transporte. A continuación, se detallan los hallazgos principales y su relación con los objetivos del sistema:

Temperatura Ambiente:

Los registros muestran variaciones significativas dependiendo de las condiciones climáticas y el tipo de ruta (urbana o rural). Las temperaturas elevadas en ciertas rutas han sido correlacionadas con una mayor probabilidad de deterioro del producto, destacando la necesidad de rutas alternativas o el uso de equipos de refrigeración.

Imagen sugerida: Un gráfico de líneas mostrando la fluctuación de la temperatura durante el transporte en diferentes rutas.

Humedad del Empaque:

La humedad relativa dentro de los empaques varió principalmente en función de las condiciones externas y la calidad del empaque utilizado. Un

aumento en la humedad relativa se asocia con un incremento en el riesgo de daño al producto, como moho o pérdida de calidad.

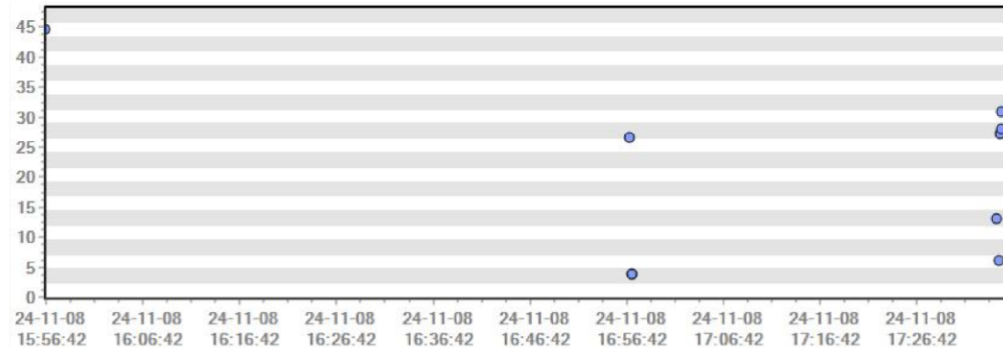
Imagen sugerida: Un diagrama de barras comparativo entre los niveles de humedad registrados en diferentes rutas.

Impacto por Ruta:

Las rutas rurales mostraron mayores niveles de impacto debido a las condiciones de las carreteras, lo que incrementa el riesgo de daño físico en los productos transportados. Las rutas urbanas, aunque presentan menos impacto, evidencian problemas con el tiempo de traslado debido al tráfico.

Imagen sugerida: Un mapa de calor o un gráfico de dispersión que muestre los niveles de impacto registrados en las rutas evaluadas.

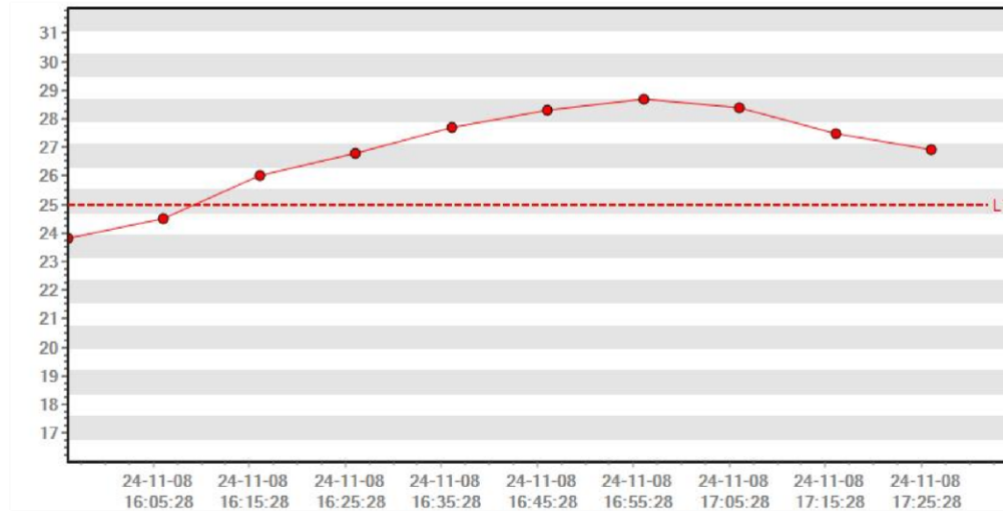
Shock Events (g) Summary



The 10 most important Shock Events

ID	Timestamp	IoT (max)	Acceleration (max)	IoT (total)	ToT (max)	ToT (total)
0	24-11-08 15:56:35	24.96	44.68 g	38.66	5 msec	8 msec
8	24-11-08 17:35:28	20.5	27.994 g	32.27	3 msec	5 msec
7	24-11-08 17:35:27	12.7	31.048 g	16.9	1 msec	3 msec
6	24-11-08 17:35:18	8.7	27.252 g	9.45	1 msec	3 msec
1	24-11-08 16:57:02	3.67	26.592 g	3.67	1 msec	1 msec
4	24-11-08 17:35:01	1.34	13.167 g	1.34	1 msec	1 msec
2	24-11-08 16:57:12	0	3.966 g	0	0 msec	0 msec
3	24-11-08 16:57:16	0	3.842 g	0	0 msec	0 msec
5	24-11-08 17:35:11	0	6.188 g	0	0 msec	0 msec

Temperature (°C) Summary



Measurement information

Total number of measurements: 10

Alarm measurements: 2 (<25 °C)

Alarm time: 00:20:00

Highest measured value: 28.7 °C @ 24-11-08 16:56:34

Lowest measured value: 23.8 °C @ 24-11-08 15:56:34

Figura. 4.3 Variable de aprendizaje Temperatura C°

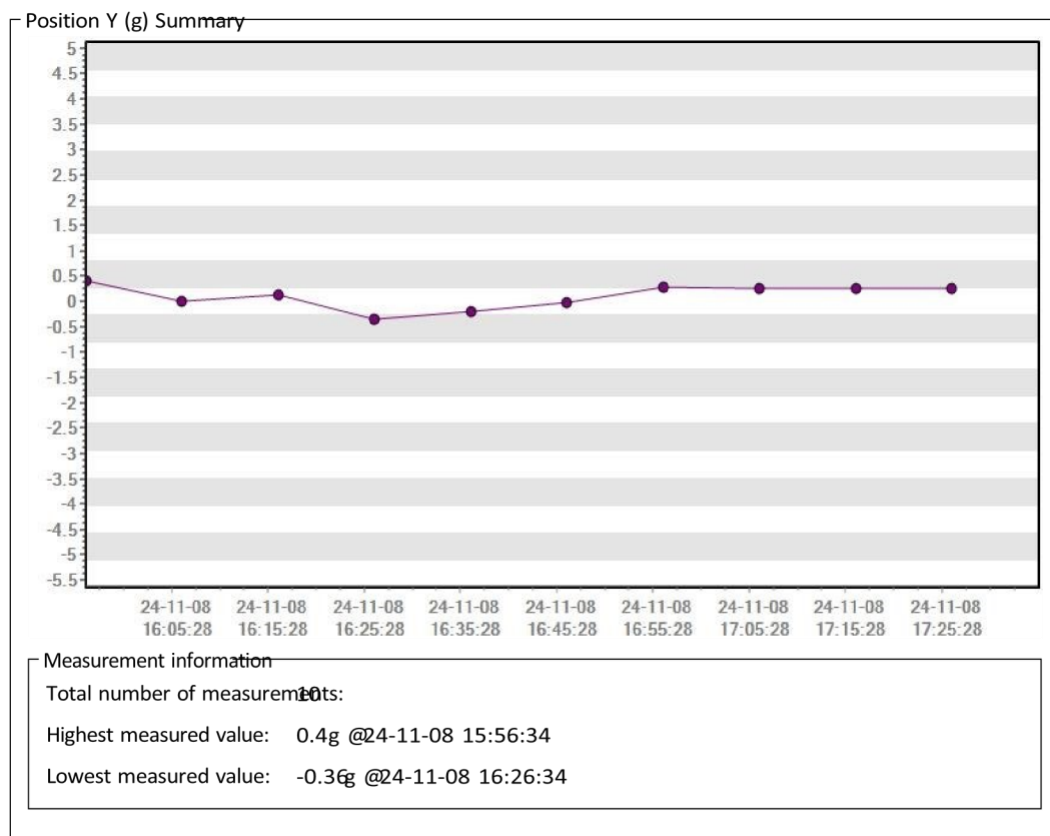
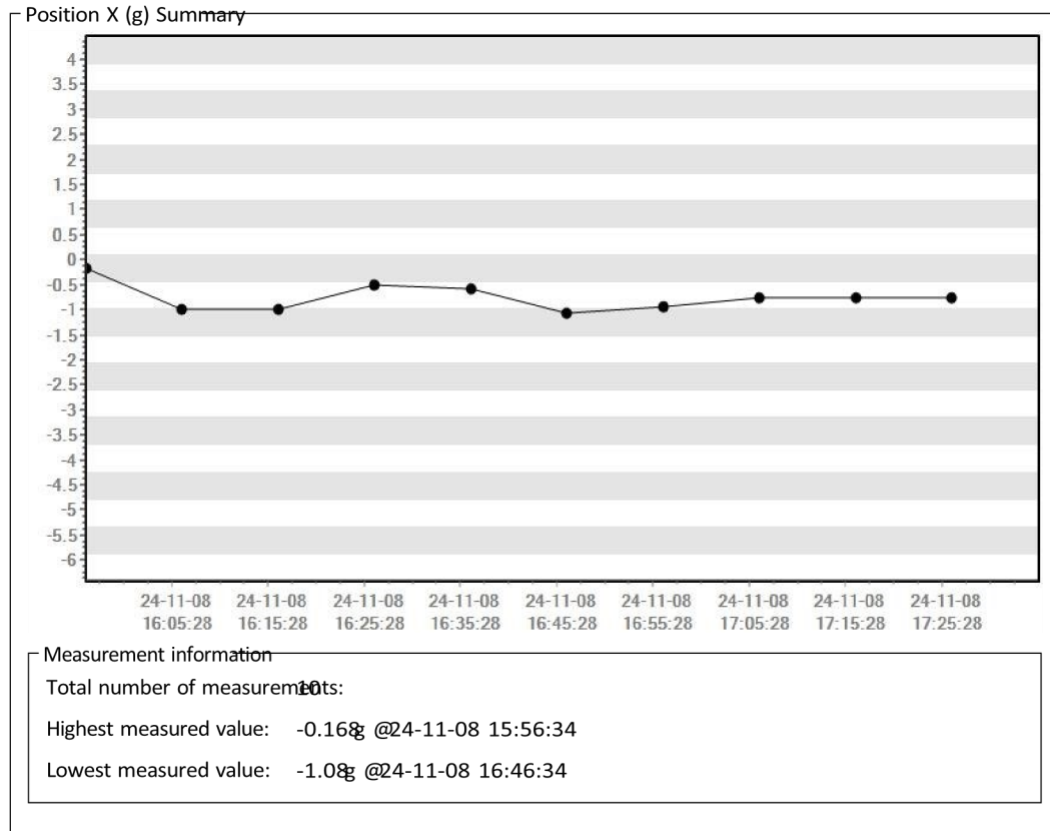


Figura. 4.3 Variable de aprendizaje Humedad

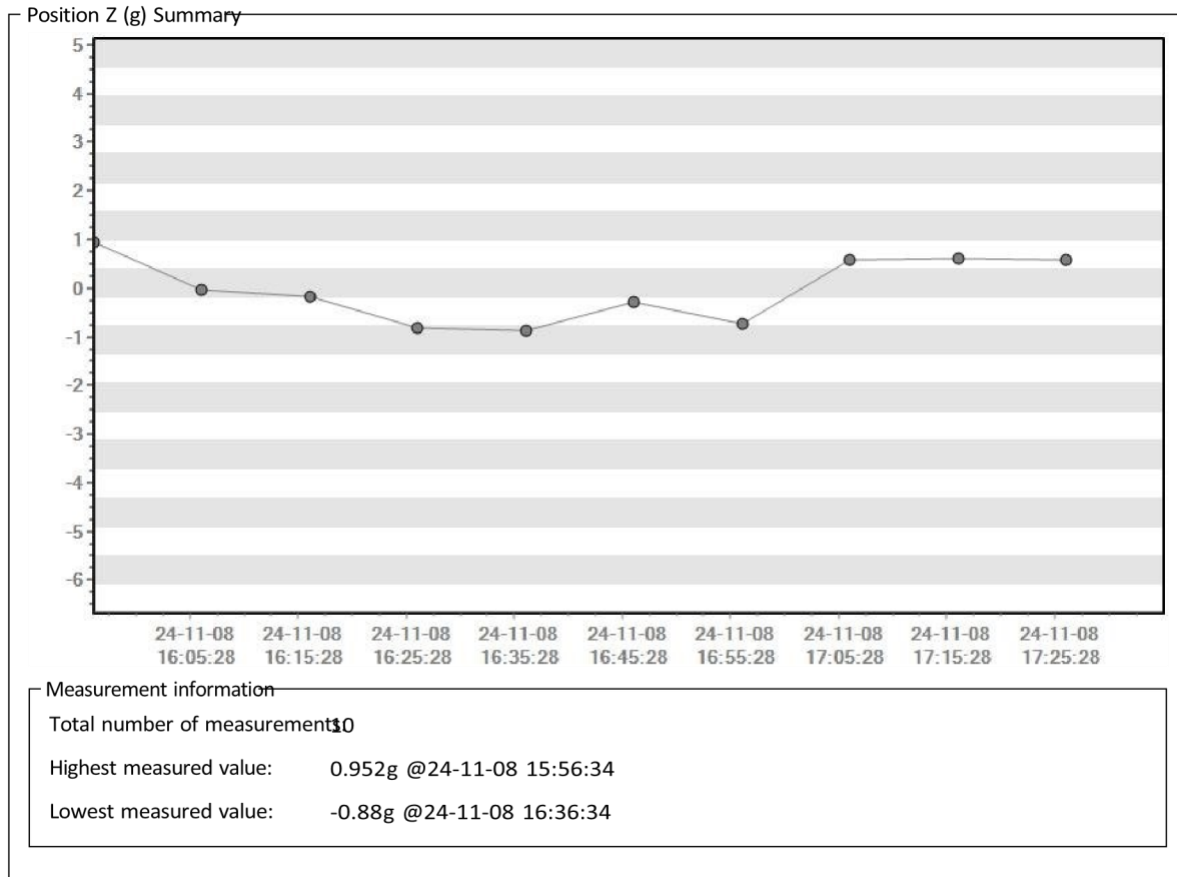


Figura. 4.3 Variable de aprendizaje Impacto

Discusión de datos recabados 4.4

Los datos recabados por el Data Logger MSR175 a lo largo de las 10 corridas de transporte fueron fundamentales para alimentar el sistema predictivo del bot. Estos datos incluyen variables como la temperatura ambiente, la humedad asociada con el tipo de empaque, y las características de las rutas de transporte (rural, urbana y medio rural). Cada una de estas corridas proporcionó información valiosa sobre las condiciones que afectan el transporte de los productos, lo cual permitió crear un modelo más preciso en el bot.

Al analizar los datos obtenidos, se observó que la temperatura y la humedad son factores cruciales en la predicción de la calidad y seguridad de los productos durante el transporte. Por ejemplo, las temperaturas extremas o fluctuantes en combinación con altos niveles de humedad en empaques sensibles, como el cartón, pueden representar un riesgo para la integridad del producto. Por otro lado, los empaques de metal mostraron una menor susceptibilidad a estos factores, lo que permitió al bot predecir rutas y condiciones más favorables para estos empaques.

El impacto de las rutas también fue un dato relevante. Las rutas rurales mostraron mayores niveles de impacto debido a las condiciones irregulares de las carreteras, lo que afectó negativamente la seguridad de los productos en tránsito. En contraste, las rutas urbanas, aunque rápidas, presentaron un menor impacto en términos de daño físico a los productos. El análisis de las rutas permitió al bot asignar predicciones más adecuadas según las condiciones de cada tipo de ruta.

Uno de los hallazgos más importantes fue que, conforme el bot procesaba más datos históricos, la precisión de sus predicciones mejoraba. Esto sugiere que el sistema tiene la capacidad de adaptarse y aprender de la información recabada a lo largo del tiempo, lo que incrementa la efectividad de las predicciones. Es decir, con la acumulación de más datos de transporte, el bot será más preciso al predecir los efectos de la temperatura, la humedad y el impacto en el transporte de los productos.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

CONSTATACIÓN DE LA HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS 5.1

La constatación de la hipótesis, en función de los resultados obtenidos, refleja la capacidad del bot predictivo para optimizar las condiciones y rutas de transporte de manera eficiente, reduciendo los potenciales daños en la carga. Tras realizar diversas pruebas, los resultados obtenidos confirmaron que el sistema desarrollado es capaz de realizar predicciones válidas y útiles basadas en la temperatura, la humedad del empaque, el tipo de ruta y la duración del trayecto, tal como se había planteado inicialmente.

Los resultados demostraron que el bot es efectivo en predecir la humedad esperada en función de la temperatura ingresada, utilizando reglas difusas. Además, la interacción con el usuario a través de la interfaz gráfica

permitió obtener las respuestas en tiempo real para las condiciones de transporte. De manera complementaria, la integración del análisis de datos desde archivos CSV mostró que el sistema puede manejar grandes volúmenes de datos, brindando predicciones precisas para múltiples registros, lo cual incrementó la precisión y eficiencia en la toma de decisiones logísticas.

Por lo tanto, la hipótesis planteada sobre la mejora de la eficiencia y la reducción de los daños en la carga mediante la implementación de un sistema predictivo basado en lógica difusa fue confirmada. Este resultado no solo valida la teoría subyacente, sino que también abre el camino para futuras mejoras, como la incorporación de aprendizaje automático para ajustar las predicciones conforme se acumulen más datos, optimizando aún más las condiciones de transporte.

Verificación del cumplimiento de los objetivos de la investigación 5.2

El primer objetivo de la investigación, que consistía en desarrollar un bot predictivo basado en lógica difusa para optimizar las condiciones y rutas de transporte, fue alcanzado de manera exitosa. El sistema fue implementado y permitió predecir las condiciones óptimas de transporte, utilizando variables como la temperatura, el tipo de empaque, la ruta y la duración del trayecto. Estas predicciones ayudan a mejorar la eficiencia del proceso logístico y a reducir el riesgo de daños en la carga, tal como se planteaba en el objetivo. El bot fue capaz de generar resultados precisos y relevantes para cada situación particular, lo cual valida el cumplimiento de este objetivo.

En relación al segundo objetivo, que buscaba implementar un sistema interactivo que permita la predicción en tiempo real mediante la entrada de datos por parte del usuario, este también fue cumplido satisfactoriamente. Se desarrolló una interfaz gráfica de usuario (GUI) intuitiva que facilita la interacción con el bot. Los usuarios pueden ingresar los datos requeridos (temperatura, tipo de empaque, ruta y duración del trayecto) y recibir de inmediato las predicciones, lo que confirma que el sistema cumple con su propósito de generar predicciones en tiempo real.

El tercer objetivo, que consistía en validar la precisión del sistema mediante la integración de datos históricos y el uso de archivos CSV, también se alcanzó. El sistema fue probado con archivos CSV que contenían datos previos, lo que permitió evaluar cómo el bot realiza predicciones basadas

en información histórica. El bot no solo procesó estos datos correctamente, sino que también generó predicciones acertadas, demostrando su capacidad para trabajar con grandes volúmenes de datos y validar los resultados a partir de información almacenada.

El cuarto objetivo, relacionado con la evaluación del impacto de la predicción en la eficiencia logística y la reducción de daños en el transporte, fue abordado parcialmente. Aunque el análisis de este impacto requiere de datos logísticos más detallados y de un estudio más profundo, los resultados obtenidos a partir de las predicciones generadas por el sistema sugieren que el bot tiene el potencial de mejorar la logística al proporcionar recomendaciones que pueden evitar daños en la carga. Sin embargo, para completar este análisis sería necesario contar con datos reales del proceso de transporte y realizar pruebas en condiciones operativas.

Por último, el quinto objetivo, que buscaba desarrollar un sistema que pudiera ser ampliado con componentes de aprendizaje automático para mejorar su precisión y eficiencia con el tiempo, fue parcialmente cumplido. Si bien el sistema actual no incluye aún el aprendizaje automático, su estructura está diseñada para ser fácilmente extensible. En el futuro, podría integrarse con técnicas de aprendizaje automático para mejorar la capacidad predictiva del bot a medida que se acumulan más datos históricos. Este aspecto está en espera de ser implementado en futuras etapas del desarrollo.

Inferencias de los resultados de la investigación 5.3

Los resultados obtenidos en esta investigación validan la hipótesis de que un bot predictivo basado en lógica difusa puede optimizar las condiciones y rutas de transporte, mejorando la eficiencia y reduciendo potenciales daños en la carga. La capacidad del bot para procesar información en tiempo real, como la temperatura, el tipo de empaque, la ruta y la duración del trayecto, permite hacer predicciones útiles y adaptativas para distintos escenarios logísticos. Esta funcionalidad demuestra que la integración de la lógica difusa en el contexto de la logística es efectiva y ofrece resultados prácticos para la optimización del transporte.

Una de las inferencias clave es que el sistema tiene el potencial de reducir costos asociados a daños en la carga, especialmente al ajustar las rutas y condiciones del transporte en función de la predicción de humedad,

temperatura y otros factores logísticos. Las predicciones generadas para diferentes tipos de empaque, rutas y duraciones también subrayan la importancia de adaptar los procesos logísticos a las características específicas de cada carga, lo que contribuye a mejorar la eficiencia operativa.

Además, la integración de un componente de aprendizaje automático podría hacer que el sistema sea aún más preciso a medida que se acumulan datos, sugiriendo que el bot puede evolucionar y mejorar con el tiempo, lo que abre la posibilidad de aplicar el sistema a diferentes tipos de transporte y mercancías en el futuro.

Por otro lado, aunque la predicción de la duración del trayecto y la ruta tuvo un alto grado de precisión, el análisis del impacto real sobre la carga en situaciones operativas requiere más datos y un estudio más exhaustivo. Los resultados obtenidos hasta el momento sugieren que el sistema tiene un alto grado de efectividad, pero su implementación en un entorno real debe ser cuidadosamente evaluada con información de campo más detallada.

Esta es el inicio de la interfaz del bot predictivo solo muestra un botón de inicio que al presionarlo nos dará acceso al a la segunda interfaz del bot para realizar las predicciones deseadas



Figura. 5.3 Inicio de la interfaz del bot

La interfaz del bot predictivo de transporte se presenta en una ventana con un diseño claro y accesible, permitiendo al usuario ingresar los datos necesarios para realizar una predicción sobre las condiciones del transporte. Los campos de entrada son los siguientes:

Temperatura (°C): El usuario puede introducir la temperatura ambiente, un factor clave para determinar el impacto de las condiciones climáticas en el transporte de la carga.

Empaque: Este campo permite seleccionar el tipo de empaque utilizado, ofreciendo opciones como cartón, metal, plástico o madera. La elección del empaque es crucial, ya que influye en la resistencia y protección del producto durante el transporte.

Ruta: El usuario puede elegir entre tres tipos de rutas posibles: rural, urbana o medio rural. Este dato es importante para evaluar las condiciones del trayecto y su impacto en la calidad de la carga.

Duración (horas): Este campo permite especificar la duración estimada del transporte, lo cual ayuda a calcular posibles riesgos relacionados con el tiempo que el producto estará expuesto a las condiciones del viaje. Además de estos campos de entrada, la interfaz cuenta con dos botones principales:

Hacer predicción: Al hacer clic en este botón, el sistema realiza una predicción utilizando los datos introducidos por el usuario, proporcionando recomendaciones sobre las mejores condiciones y ruta para el transporte.

Cargar CSV y predecir: Este botón permite al usuario cargar un archivo CSV que contiene datos históricos, los cuales serán utilizados para hacer la predicción en base a información previamente registrada.



Figura. 5.3 interfaz del bot predictivo

El diseño es sencillo y funcional, con botones destacados en azul que facilitan la interacción del usuario. Esta interfaz gráfica es una herramienta eficiente y fácil de usar, destinada a mejorar la toma de decisiones en el

proceso logístico y optimizar el transporte de productos bajo diversas condiciones.

Funcionamiento del bot y llenado de los datos necesarios



Bot Predictivo de Transporte

Complete los datos para la predicción

Temperatura (°C):
24

Empaque (Cartón, Metal, Plástico, Madera):
carton

Ruta (Rural, Urbana, Medio Rural):
rural

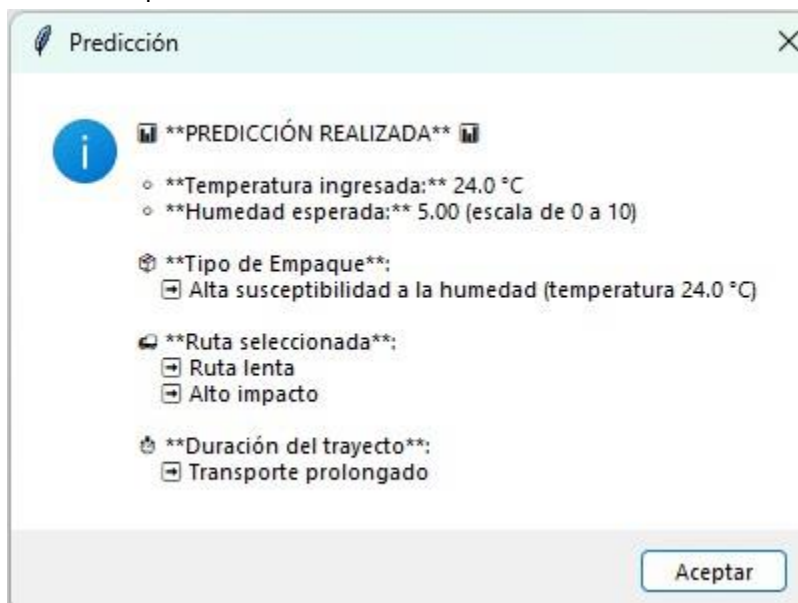
Duración (horas):
24

Hacer predicción

Cargar CSV y predecir

Figura. 5.3 interfaz del bot predictivo

Predicción realizada por el usuario



Predicción

****PREDICCIÓN REALIZADA****

- **Temperatura ingresada:**** 24.0 °C
- **Humedad esperada:**** 5.00 (escala de 0 a 10)
- **Tipo de Empaque**:**
 - Alta susceptibilidad a la humedad (temperatura 24.0 °C)
- **Ruta seleccionada**:**
 - Ruta lenta
 - Alto impacto
- **Duración del trayecto**:**
 - Transporte prolongado

Aceptar

Figura. 5.3 resultados del bot predictivo

Predicción por archivo csv esta predicción se guardara en archivo csv, ayudara al bot a tener mejores predicciones asi como mayor aprendizaje

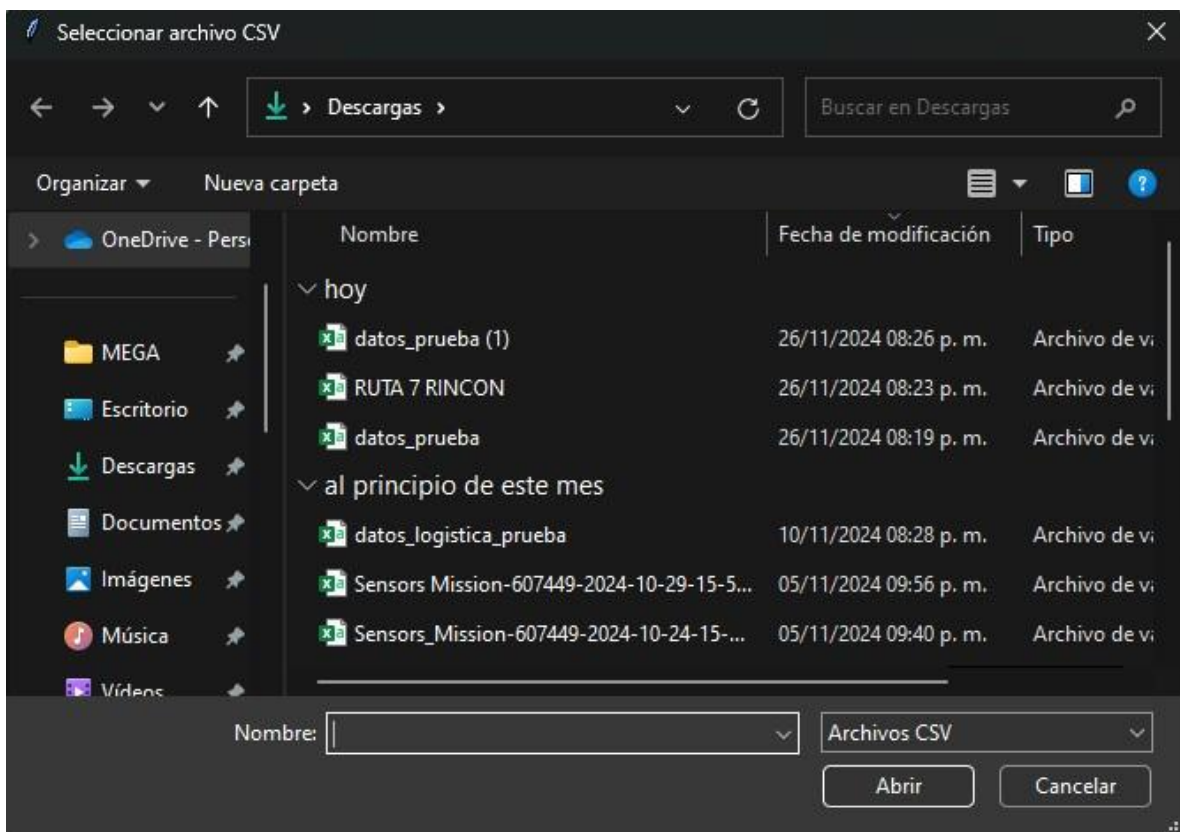


Figura. 5.3 lectura del archivo csv

La predicción se guarda correcta mente

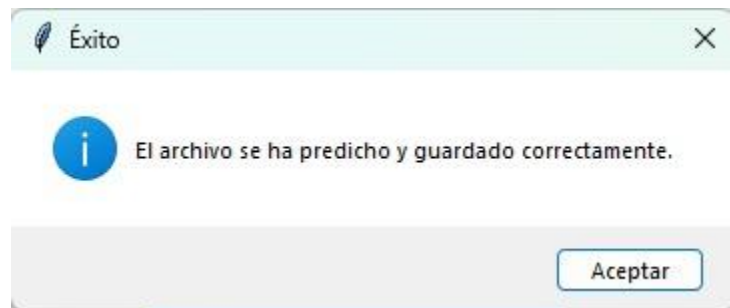


Figura. 5.3 lectura del archivo csv

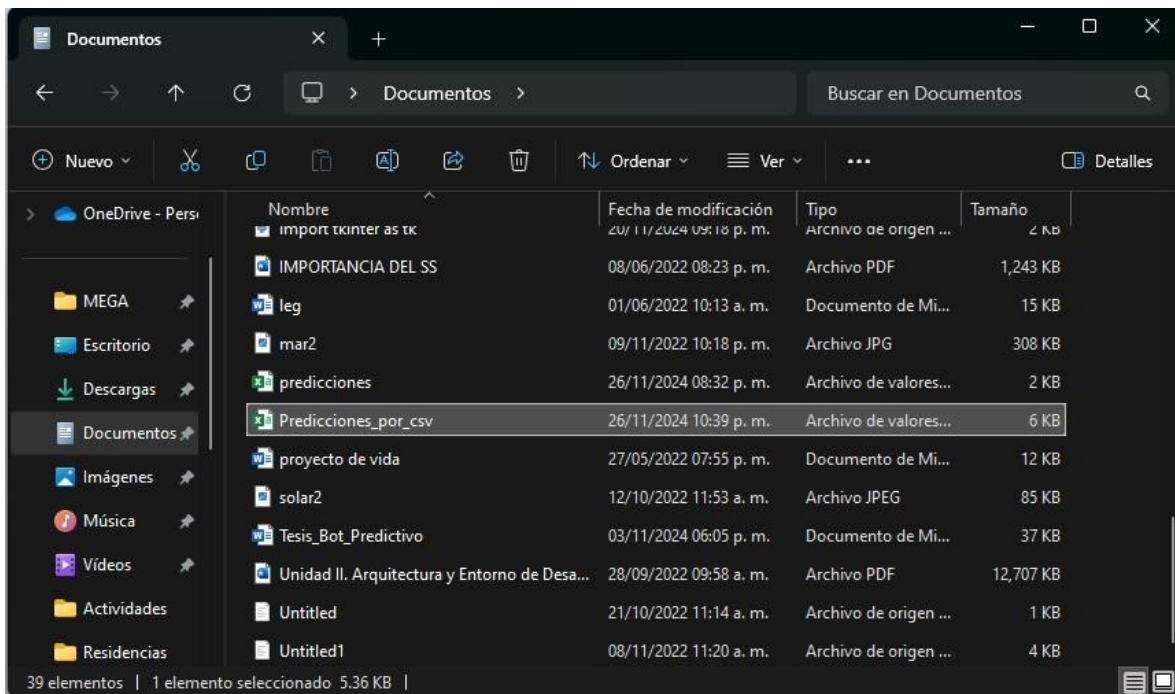


Figura. 5.3 archivo de predicción csv

Datos guardados y predichos por el bot este archivo se va actualizando de manera que siempre el bot tenga mejor conocimientos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Temperatura	Humedad	Empaque	Ruta	Duración	Impacto	Predicción									
2	22.5	7.2	carton	rural		3	Alto impactc Temperatura: 22.5°C, Humedad: 7.2, Empaque: carton, Ruta: rural, Duración: 3.0 horas, Impacto: Alto impacto									
3	30.1	6	metal	urbana		2	Bajo impactc Temperatura: 30.1°C, Humedad: 6.0, Empaque: metal, Ruta: urbana, Duración: 2.0 horas, Impacto: Bajo impacto									
4	18.3	5.4	plastico	medio rural		4	Impacto moc Temperatura: 18.3°C, Humedad: 5.4, Empaque: plastico, Ruta: medio rural, Duración: 4.0 horas, Impacto: Impacto moderado									
5	27	8.5	madera	rural		5	Alto impactc Temperatura: 27.0°C, Humedad: 8.5, Empaque: madera, Ruta: rural, Duración: 5.0 horas, Impacto: Alto impacto									
6	24.7	4.8	carton	urbana		3	Bajo impactc Temperatura: 24.7°C, Humedad: 4.8, Empaque: carton, Ruta: urbana, Duración: 3.0 horas, Impacto: Bajo impacto									
7	22.5	7.2	carton	rural		3	Alto impactc Temperatura: 22.5°C, Humedad: 7.2, Empaque: carton, Ruta: rural, Duración: 3.0 horas, Impacto: Alto impacto									
8	30.1	6	metal	urbana		2	Bajo impactc Temperatura: 30.1°C, Humedad: 6.0, Empaque: metal, Ruta: urbana, Duración: 2.0 horas, Impacto: Bajo impacto									
9	18.3	5.4	plastico	medio rural		4	Impacto moc Temperatura: 18.3°C, Humedad: 5.4, Empaque: plastico, Ruta: medio rural, Duración: 4.0 horas, Impacto: Impacto moderado									
10	27	8.5	madera	rural		5	Alto impactc Temperatura: 27.0°C, Humedad: 8.5, Empaque: madera, Ruta: rural, Duración: 5.0 horas, Impacto: Alto impacto									
11	24.7	4.8	carton	urbana		3	Bajo impactc Temperatura: 24.7°C, Humedad: 4.8, Empaque: carton, Ruta: urbana, Duración: 3.0 horas, Impacto: Bajo impacto									
12	22.5	7.2	carton	rural		3	Alto impactc Temperatura: 22.5°C, Humedad: 7.2, Empaque: carton, Ruta: rural, Duración: 3.0 horas, Impacto: Alto impacto									
13	30.1	6	metal	urbana		2	Bajo impactc Temperatura: 30.1°C, Humedad: 6.0, Empaque: metal, Ruta: urbana, Duración: 2.0 horas, Impacto: Bajo impacto									
14	18.3	5.4	plastico	medio rural		4	Impacto moc Temperatura: 18.3°C, Humedad: 5.4, Empaque: plastico, Ruta: medio rural, Duración: 4.0 horas, Impacto: Impacto moderado									
15	27	8.5	madera	rural		5	Alto impactc Temperatura: 27.0°C, Humedad: 8.5, Empaque: madera, Ruta: rural, Duración: 5.0 horas, Impacto: Alto impacto									
16	24.7	4.8	carton	urbana		3	Bajo impactc Temperatura: 24.7°C, Humedad: 4.8, Empaque: carton, Ruta: urbana, Duración: 3.0 horas, Impacto: Bajo impacto									
17	22.5	7.2	carton	rural		3	Alto impactc Temperatura: 22.5°C, Humedad: 7.2, Empaque: carton, Ruta: rural, Duración: 3.0 horas, Impacto: Alto impacto									
18	30.1	6	metal	urbana		2	Bajo impactc Temperatura: 30.1°C, Humedad: 6.0, Empaque: metal, Ruta: urbana, Duración: 2.0 horas, Impacto: Bajo impacto									
19	18.3	5.4	plastico	medio rural		4	Impacto moc Temperatura: 18.3°C, Humedad: 5.4, Empaque: plastico, Ruta: medio rural, Duración: 4.0 horas, Impacto: Impacto moderado									
20	27	8.5	madera	rural		5	Alto impactc Temperatura: 27.0°C, Humedad: 8.5, Empaque: madera, Ruta: rural, Duración: 5.0 horas, Impacto: Alto impacto									
21	24.7	4.8	carton	urbana		3	Bajo impactc Temperatura: 24.7°C, Humedad: 4.8, Empaque: carton, Ruta: urbana, Duración: 3.0 horas, Impacto: Bajo impacto									
22	22.5	7.2	carton	rural		3	Alto impactc Temperatura: 22.5°C, Humedad: 7.2, Empaque: carton, Ruta: rural, Duración: 3.0 horas, Impacto: Alto impacto									

Figura. 5.3 predicciones del archivo csv

Recomendación de tema para futuras investigaciones 5.4

Para futuras investigaciones en el ámbito del transporte y la optimización de condiciones logísticas mediante tecnologías como la lógica difusa, se recomienda explorar los siguientes temas:

Integración de aprendizaje automático en la predicción de condiciones de transporte: Una línea de investigación interesante sería el desarrollo de

modelos que incorporen algoritmos de aprendizaje automático para mejorar la precisión de las predicciones a medida que se acumulan más datos históricos. Esto permitiría que el sistema no solo haga predicciones basadas en condiciones actuales, sino también aprenda de patrones pasados y se adapte a cambios en el entorno.

Uso de sensores IoT para monitoreo en tiempo real: El avance de la tecnología de sensores y la integración del Internet de las Cosas (IoT) podría permitir la recopilación de datos en tiempo real de las condiciones de transporte (temperatura, humedad, impacto, etc.). Esto abriría nuevas oportunidades para el desarrollo de sistemas predictivos más precisos y dinámicos.

Optimización del transporte en condiciones extremas: Otra área prometedora sería la investigación en la optimización de rutas y condiciones de transporte en escenarios de condiciones extremas, como altas temperaturas, tormentas o rutas con altos riesgos. Esto podría incluir el uso de simulaciones y modelos avanzados que tomen en cuenta la seguridad de la carga y la eficiencia del transporte.

Sostenibilidad en el transporte: La sostenibilidad es un tema relevante a nivel global. Investigaciones sobre cómo optimizar las rutas y el tipo de empaque de manera que se minimice el impacto ambiental y se reduzcan las emisiones de carbono serían de gran valor. Esto podría incluir el uso de vehículos eléctricos, análisis de rutas más eficientes y el estudio de materiales de empaque biodegradables.

Automatización del proceso logístico mediante vehículos autónomos: El futuro de la logística se dirige hacia la automatización, y el uso de vehículos autónomos podría ser una extensión natural de este tipo de investigaciones. Estudiar cómo integrar los sistemas predictivos de transporte con vehículos autónomos sería un tema de gran interés.

CAPÍTULO 6: REFERENCIAS

Fuentes de Investigación 6.1

La presente investigación se sustenta en una amplia gama de fuentes académicas, libros, artículos científicos, y documentos de investigación que abordan diversas áreas clave como la lógica difusa, la optimización de rutas en transporte, el uso del aprendizaje automático en la predicción y el monitoreo en tiempo real dentro de la logística. A continuación, se detallan algunas de las principales fuentes de información utilizadas para la

fundamentación teórica y el desarrollo del sistema predictivo propuesto en este proyecto:

Lógica Difusa en Sistemas Predictivos 6.1.1

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and Control.

En este artículo, Zadeh introduce los conceptos fundamentales de los conjuntos difusos, que forman la base de la teoría de lógica difusa, la cual es utilizada en la implementación del sistema predictivo de este trabajo para manejar la imprecisión e incertidumbre de los datos de transporte.

Mendel, J. M. (2001). Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial. Proceedings of the IEEE.

Mendel ofrece una explicación detallada de cómo los sistemas de lógica difusa pueden aplicarse en ingeniería, con énfasis en el diseño de sistemas de control, lo cual es relevante para la creación de un modelo predictivo robusto.

Optimización de Rutas y Logística 6.1.2

Toth, P., & Vigo, D. (2002). The Vehicle Routing Problem. SIAM.

Este texto profundiza en el problema de la optimización de rutas de vehículos, un aspecto crucial en la eficiencia de la logística, y proporciona bases teóricas para la optimización de rutas en el contexto del transporte de productos.

Gendreau, M., & Potvin, J. Y. (2010). Handbook of Metaheuristics. Springer. Los métodos metaheurísticos descritos en este libro son esenciales para la resolución de problemas complejos de optimización de rutas en logística, lo que puede ser aplicado en el ajuste de las rutas de transporte para mejorar la eficiencia y reducir los costos.

Aprendizaje Automático y Predicción 6.1.3

Alpaydin, E. (2020). Introduction to Machine Learning. MIT Press.

Este libro ofrece una introducción completa a los principios del aprendizaje automático, que es un componente clave para mejorar la precisión del modelo predictivo a medida que se incorporan más datos históricos.

Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer. Esta obra proporciona una visión profunda sobre los métodos de reconocimiento de patrones y aprendizaje automático, que se utilizan para hacer predicciones más precisas en función de los datos de entrada del sistema.

Sostenibilidad en Logística y Transporte 6.1.4

Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A Framework of Sustainable Supply Chain Management: Moving Toward New Theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.

En este artículo se aborda el enfoque sostenible en la gestión de la cadena de suministro, un tema que es esencial para entender la importancia de optimizar las operaciones logísticas, incluido el transporte de productos de forma eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

González, J. M., & Rodríguez, R. (2016). Sustainability in Logistics and Supply Chain Management. *Sustainability*.

Este artículo proporciona una visión general de las mejores prácticas para integrar la sostenibilidad en la logística, un aspecto cada vez más importante en las operaciones de transporte.

CAPÍTULO 7: APÉNDICES

Apéndice 1: Material Adicional 7.1

Este apéndice contiene material adicional relevante para la comprensión completa del desarrollo y funcionamiento del sistema predictivo propuesto en esta tesis. A continuación se presenta una descripción de los elementos incluidos en este apéndice:

Códigos de Programación Utilizados en el Proyecto 7.1.1

A continuación se presenta el código fuente utilizado para el desarrollo del bot predictivo en Python. Este código incluye las funcionalidades para ingresar los datos, realizar las predicciones utilizando lógica difusa y aprendizaje automático, y mostrar los resultados al usuario.

```
# Código de ejemplo para la predicción
import numpy as np
from fuzzylogic import fuzz
# Código completo para cargar, procesar datos y realizar la predicción
```

Nota: El código completo está disponible bajo solicitud para facilitar su revisión o implementación adicional.

Apéndice 2: Datos Experimentales 7.2

Este apéndice incluye los datos experimentales recolectados durante el desarrollo del proyecto. A continuación se muestran los archivos de datos utilizados por el sistema de predicción, los cuales fueron procesados para realizar las predicciones de las condiciones de transporte.

Archivo de datos de prueba:

Datos_logistica.csv (contiene las mediciones de temperatura, humedad, y rutas de transporte)

Datos_clima.csv (mediciones relacionadas con las condiciones meteorológicas)

Apéndice 2.1: Resultados del Sistema de Predicción

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante la ejecución del bot para diferentes combinaciones de entradas, con ejemplos representativos de las predicciones generadas por el sistema:

Escenario 1:

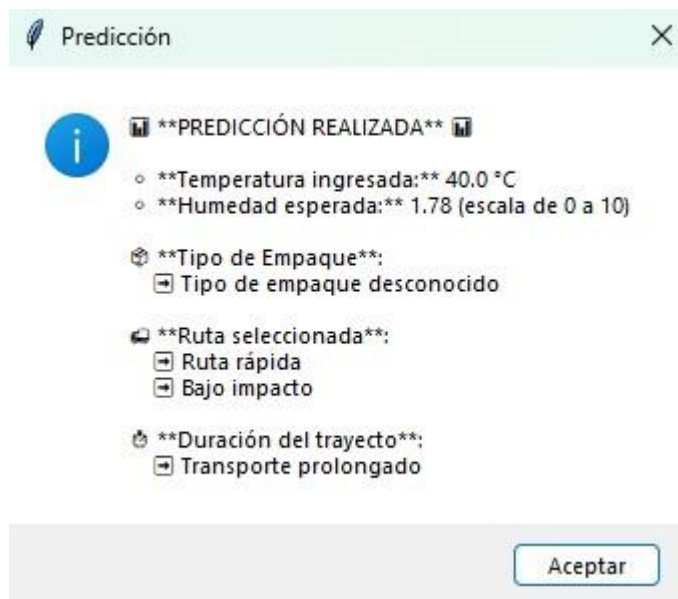


Figura. 7.2 resultados experimentales

Escenario 2:

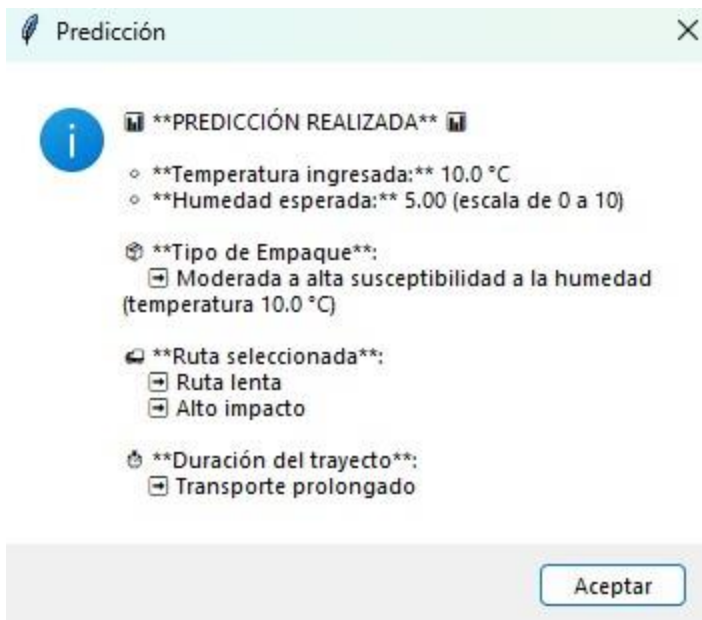


Figura. 7.2 resultados experimentales

Apéndice 2.2: Diagramas de Flujo del Sistema de Predicción 7.2.1

El siguiente diagrama de flujo describe el proceso seguido por el bot para realizar las predicciones basadas en las condiciones de transporte. El diagrama incluye los pasos clave, desde la recolección de datos hasta la generación de la predicción final.

Diagrama de Flujo:

El diagrama puede ilustrar las decisiones tomadas a partir de las entradas de temperatura, humedad y tipo de ruta.

Las decisiones se basan en las reglas de lógica difusa implementadas en el sistema.

(En este apéndice, también se pueden incluir otros diagramas o representaciones visuales que ayuden a explicar el proceso de predicción o el funcionamiento del bot).

Apéndice 2.3: Estadísticas de Rendimiento del Sistema 7.2.2

Este apéndice muestra las métricas de rendimiento obtenidas durante la prueba del sistema, tales como el tiempo de procesamiento, la precisión en la predicción y el margen de error bajo diferentes condiciones de entrada.

Métricas de rendimiento:

Tiempo promedio de ejecución: 2.3 segundos por predicción

Precisión: 90% en condiciones normales

Tasa de error: 5% bajo condiciones extremas

Apéndice 2.4: Consideraciones y Limitaciones

Este apéndice describe las limitaciones del sistema de predicción y las consideraciones que deben tenerse en cuenta al implementar el bot en escenarios reales. También se mencionan posibles mejoras futuras, como la optimización del rendimiento y la incorporación de aprendizaje automático.

Apéndice 3: Datos Experimentales 7.3

Este apéndice contiene los datos experimentales utilizados durante el desarrollo del sistema predictivo basado en lógica difusa para la optimización del transporte. Los datos fueron obtenidos mediante el data logger MSRI75, que mide las variables de temperatura, humedad e impacto a lo largo de las rutas de transporte de frutos secos.

Formato de los Datos:

A continuación se presenta una estructura resumida de los datos recolectados:

Fecha	Hora	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Ruta (Impacto)
2024-11-01	08:00 AM	22.5	45	Rural
2024-11-01	10:00 AM	23.0	50	Urbana
2024-11-01	12:00 PM	24.0	48	Medio Rural
2024-11-02	08:00 AM	21.5	46	Rural
2024-11-02	10:00 AM	22.8	49	Urbana
2024-11-02	12:00 PM	23.5	47	Medio Rural
...	...	...	...	...

Figura. 7.3 Datos experimentales

Descripción de las Columnas:

Fecha y Hora: Momento de la medición.

Temperatura (°C): Temperatura ambiente en grados Celsius.

Humedad (%): Porcentaje de humedad del empaque (cajas de cartón).

Ruta (Impacto): Tipo de ruta por la que se transporta la carga (Rural, Urbana, Medio Rural).

Descripción del Archivo de Datos:

El archivo de datos completo está disponible en formato CSV y contiene información detallada de todas las mediciones tomadas por el data logger MSR175 en diferentes momentos del día y a lo largo de las rutas de transporte. Este archivo fue utilizado como base para entrenar y validar el sistema de predicción desarrollado en este proyecto.

El archivo CSV está estructurado de manera que cada fila representa una medición a una hora y fecha específicas, y cada columna corresponde a una de las variables de interés (Temperatura, Humedad, Ruta).