



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ingeniería Industrial

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

EVALUACIÓN DEL USO DE SENSORES EN LA LOGÍSTICA
DE DISTRIBUCIÓN FÍSICA.

PRESENTA:
MANUEL ALEJANDRO MARTÍNEZ LIZALDE

REVISORES:

DIRECTORA DE TESIS: DRA. JULISSA ELAYNE COSME
CASTORENA
CODIRECTOR DE TESIS: MTRO. RAFAEL PRECIADO
GUTIÉRREZ
CODIRECTOR DE TESIS: ING. JORGE FERNANDO
CARMONA ESPINOZA

Pabellón de Arteaga, Ags., a 29 de noviembre del 2024

Resumen / Abstract

Este estudio evalúa la implementación del data logger MSRI75 en la logística de distribución de frutos secos en "La Catrina Comercializadora". El principal objetivo fue analizar cómo el monitoreo en tiempo real de variables críticas, como temperatura, humedad y vibración, puede mejorar la preservación de la calidad del producto durante su transporte. Se utilizó tecnología avanzada para registrar las condiciones ambientales y se identificaron riesgos potenciales que podrían afectar la integridad del producto. Los resultados mostraron que el uso de sensores mejora la eficiencia operativa, reduciendo las pérdidas por deterioro y optimizando la satisfacción del cliente. La investigación también identificó desafíos en la implementación, como la necesidad de capacitación del personal y mejoras en las condiciones de transporte. Este trabajo proporciona una base para futuros estudios sobre la integración de tecnologías en la logística de productos perecederos, optimizando la cadena de suministro y garantizando la calidad del producto final.

This study evaluates the implementation of the MSRI75 data logger in the logistics of transporting dried fruits at "La Catrina Comercializadora." The primary objective was to analyze how real-time monitoring of critical variables such as temperature, humidity, and vibration can improve product quality during transportation. Advanced technology was used to track environmental conditions, identifying potential risks that could affect product integrity. The results showed that sensor use enhances operational efficiency, reducing losses due to spoilage and optimizing customer satisfaction. The research also identified implementation challenges, such as the need for staff training and improvements in transport conditions. This work provides a foundation for future studies on the integration of technologies in the logistics of perishable products, optimizing the supply chain and ensuring the final product's quality.

PÁGINAS PRELIMINARES

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis. A mis directores de tesis, a la Dra. Julissa y al Maestro Rafael, por su invaluable apoyo, orientación y dedicación a lo largo de este proceso. A mis profesores, por compartir sus conocimientos y por haberme proporcionado las bases necesarias para desarrollar esta investigación. A mis compañeros de carrera, quienes siempre estuvieron dispuestos a compartir ideas y discutir sobre los temas que me ayudaron a mejorar mi trabajo.

A mi familia, por su amor, paciencia y apoyo incondicional. Gracias por brindarme siempre la motivación para seguir adelante y por ser mi principal fuente de inspiración. Y especialmente a mi abuela, por enseñarme a valorar el esfuerzo, la perseverancia, pero muy especialmente por enseñarme a nunca rendirme.

Índice

<i>Resumen / Abstract</i>	2
<i>PÁGINAS PRELIMINARES</i>	3
<i>Agradecimientos</i>	3
<i>Índice</i>	4
<i>Lista de Tablas</i>	6
<i>Lista de Figuras</i>	6
<i>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA</i>	10
1.1 <i>Antecedentes</i>	11
1.2 <i>Planteamiento del problema (Preguntas de investigación)</i>	13
1.3 <i>Objetivos</i>	14
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	14
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	14
1.4 <i>Justificación</i>	15
1.5 <i>Hipótesis</i>	16
1.6 <i>Alcances y limitaciones</i>	16
<i>CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE FUNDAMENTOS</i>	18
2.1 <i>Marco teórico</i>	19
<i>CAPÍTULO 3: DISEÑO METODOLÓGICO</i>	33
3.1 <i>Enfoque</i>	34
3.2 <i>Alcance</i>	36
3.3 <i>Diseño</i>	37
3.4 <i>Universo o Población</i>	38
3.5 <i>Muestra</i>	39
3.7 <i>Definición de variables</i>	41
3.8 <i>Operacionalización de variables</i>	43
3.9 <i>Técnicas de recopilación de datos</i>	45
3.10 <i>Diseño de instrumentos</i>	47
3.11 <i>Validación de instrumentos (jueceo, institucional externo)</i>	48
3.12 <i>Pilotaje</i>	48

3.13 Trabajo de campo.....	54
3.14 Método de Análisis de Datos	87
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	90
4.1 Descripción general del uso de datos.....	90
4.2 Descripción minuciosa de datos recabados.....	92
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	102
CAPÍTULO 6: FUENTES DE INFORMACIÓN	110
CAPÍTULO 7: REFERENCIAS Y APÉNDICES	112

Lista de Tablas

Tabla 1. Tabla de aplicación de los sensores según la variable que se desea analizar.....	23
Tabla 2 Tabla sobre operacionalización de variables para el monitoreo del transporte de nueces.	43
Tabla 3. Ficha Técnica de Vehículos de Transporte de Mercancías de La Catrina Comercializadora	51
Tabla 4.	57
Tabla 5.	63
Tabla 6. Análisis de las condiciones de la Ruta Aguascalientes-Rincón de Romos.....	65
Tabla 7. Tabla de las condiciones del recorrido de la ruta Aguascalientes-Calvillo.....	67

Lista de Figuras

Ilustración 1 Fotografía de almacén de La Catrina Comercializadora.....	49
Ilustración 2 Almacén de productos a granel de La Catrina Comercializadora.....	50
Ilustración 3. Vista Interior Frontal de la Cabina de la Camioneta.....	52
Ilustración 4. Perspectiva Exterior del Área de Carga de la Camioneta.....	53
Ilustración 5. Vista Exterior del Área de Carga de la Camioneta.	54
Ilustración 6. Pales con cajas de nueces.....	55
Ilustración 7. Caja con nueces enviadas por el proveedor principal de La Catrina Comercializadora.	56
Ilustración 8. Método de envasado y colocación del Data Logger.....	59
Ilustración 9. Método de sujeción de la data logger.....	60
Ilustración 10. Trayecto de la ruta Aguascalientes-Pabellón de Arteaga.	62
Ilustración 11. Ruta de distribución Aguascalientes- Rincón de Romos.....	64
Ilustración 12. Recorrido de la Ruta Aguascalientes-Calvillo.....	66
Ilustración 13. Análisis de los impactos en el trayecto.	68
Ilustración 14. Grafica de análisis de la temperatura en la ruta Aguascalientes-Pabellón.	69
Ilustración 15. Análisis del movimiento durante el trayecto.	70
Ilustración 16. Análisis de impactos durante el recorrido de la ruta Aguascalientes-Pabellón.	72

Ilustración 17. Análisis de la temperatura en recorrido dos de Aguascalientes-Pabellón de Arteaga.....	73
Ilustración 18. Análisis de los movimientos durante el trayecto.....	74
Ilustración 19. Análisis de impactos en el recorrido Aguascalientes-Rincón de Romos.	76
Ilustración 20. Análisis de la temperatura en el recorrido tres, correspondiente a la ruta Aguascalientes-Rincón de Romo.....	77
Ilustración 21. Análisis de los movimientos durante el trayecto.....	78
Ilustración 22. Análisis de la aceleración en la ruta Aguascalientes-Calvillo.	79
Ilustración 23. Análisis de la temperatura durante el recorrido de Aguascalientes a Calvillo.....	80
Ilustración 24. Análisis de movimiento.....	81
Ilustración 25. Análisis de impactos durante el recorrido 5, Aguascalientes-Calvillo.....	82
Ilustración 26. Análisis de la temperatura durante el recorrido de Aguascalientes a Calvillo.....	83
Ilustración 27 Análisis de movimiento con mayor rango de variación.....	84
Ilustración 28. Análisis de los impactos registrados durante la ruta Aguascalientes-Rincón de Romos.	85
Ilustración 29.	86
Ilustración 30. Análisis del movimiento más significativo durante el trayecto de la ruta.	87

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de globalización y el incremento en la demanda de eficiencia en las operaciones logísticas, la integración de tecnologías avanzadas, como los sensores, ha demostrado ser una estrategia fundamental para optimizar los procesos de distribución física de mercancías. En particular, la industria del transporte de alimentos y productos perecederos, como los frutos secos, enfrenta desafíos significativos en cuanto al control de calidad durante el traslado. Factores como la temperatura, la humedad y los impactos físicos pueden afectar gravemente la integridad del producto, resultando en pérdidas económicas y una disminución de la satisfacción del cliente.

Esta tesis tiene como objetivo evaluar la implementación del dispositivo data logger MSR175 en la logística de distribución de la empresa "La Catrina Comercializadora", dedicada al transporte de frutos secos. Este dispositivo permite monitorizar en tiempo real variables críticas como temperatura, humedad y vibraciones, promoviendo una mayor eficiencia operativa y una mejora sustancial en el servicio al cliente. La correcta gestión de estas variables es esencial para evitar problemas como la oxidación de las nueces o el moho en almendras, garantizando que los productos lleguen en perfectas condiciones a su destino final.

El estudio busca generar un conocimiento tanto teórico como práctico sobre el uso del data logger MSR175 en la cadena de suministro de "La Catrina Comercializadora", analizando su impacto en la reducción de costos asociados con la devolución de mercancías dañadas y en el incremento de la confianza de los clientes. Se parte de un análisis exhaustivo de investigaciones recientes sobre el uso de tecnologías de monitoreo en la logística, con énfasis en la distribución física de mercancías, y cómo estas herramientas influyen en la eficiencia y calidad de los servicios logísticos.

La investigación se estructura en cuatro aspectos clave. Primero, se analizará la integración de sensores a lo largo de las distintas etapas de la cadena de suministro, desde el almacenamiento hasta la entrega final, identificando los tipos de sensores más utilizados y su función en cada fase. En segundo lugar, se evaluará el impacto de estos dispositivos en la eficiencia operativa, considerando la optimización de recursos, la reducción de tiempos de entrega y la mejora en la precisión del inventario. En tercer lugar, se investigará su efecto en la calidad del servicio al cliente, enfocándose en la trazabilidad de los envíos, la fiabilidad de las entregas y la capacidad de respuesta ante incidencias. Finalmente, se identificarán los desafíos y limitaciones en la adopción de sensores, explorando barreras tecnológicas, económicas y organizativas, y proponiendo soluciones que maximicen sus beneficios.

Con este enfoque, se busca ofrecer una perspectiva práctica y fundamentada sobre la implementación de sensores en la logística de distribución, aportando al desarrollo de mejores prácticas en el sector y contribuyendo al avance del conocimiento industrial. La empresa "La Catrina Comercializadora" se encuentra en una posición ideal para beneficiarse de estas innovaciones, asegurando que sus productos lleguen en óptimas condiciones a los consumidores, consolidando así su competitividad en el mercado.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

El transporte de frutos secos, al igual que otros productos perecederos, se enfrenta a retos importantes en cuanto al mantenimiento de su calidad durante la distribución. Factores como la temperatura, la humedad y los impactos físicos son variables críticas que pueden afectar la integridad del producto, llevando a problemas como la oxidación de las nueces o la aparición de moho en las almendras. Esto no solo representa pérdidas económicas para las empresas, sino que también disminuye la satisfacción del cliente, afectando la reputación y la competitividad en el mercado. En este contexto, el uso de tecnologías de monitoreo, como los data loggers, se presenta como una solución viable para mitigar estos riesgos y asegurar la calidad del producto durante su traslado.

En respuesta a estas necesidades, la implementación del dispositivo data logger MSR175 en la logística de distribución de la empresa "La Catrina Comercializadora" ofrece la posibilidad de monitorizar en tiempo real variables críticas como temperatura, humedad y vibraciones. Esto permite tomar acciones correctivas inmediatas y ajustar las condiciones de transporte en tiempo real, reduciendo la probabilidad de deterioro del producto. El uso de estos dispositivos puede traducirse en una mejora significativa en la eficiencia operativa y en la calidad del servicio al cliente, aspectos fundamentales para mantener la competitividad en el sector del transporte de alimentos perecederos.

Además, el estudio de esta implementación busca proporcionar un conocimiento tanto teórico como práctico sobre el impacto de estas tecnologías en la cadena de suministro de "La Catrina Comercializadora". Se espera que los resultados de la investigación sirvan como referencia para otras empresas del sector logístico, promoviendo el desarrollo de mejores prácticas y contribuyendo a la optimización de los procesos de distribución. Asimismo, la identificación de barreras y desafíos en la adopción de sensores, como los

costos iniciales y las limitaciones tecnológicas, permitirá desarrollar estrategias para maximizar los beneficios y fomentar su uso en la industria.

1.1 Antecedentes.

El Instituto Tecnológico de Rincón de Romos (ITPA), ubicado en Aguascalientes, México, ha recorrido un camino de crecimiento y desarrollo desde su creación, gracias a importantes aportaciones y esfuerzos comunitarios. En 2008, la institución recibió un generoso apoyo cuando la señora Miriam Cruz de Barberena y el licenciado Martín Andrés Barberena Cruz donaron 17 hectáreas de terreno para su establecimiento. Un año más tarde, en 2009, se concluyó la construcción del primer edificio, lo que marcó el inicio formal de sus actividades académicas.

El ITPA continuó expandiendo su oferta educativa en 2010 con la inclusión de la Ingeniería en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, lo que permitió a más estudiantes de la región acceder a una formación especializada en esta área emergente. En 2011, se dio otro paso significativo con el inicio de la construcción del Laboratorio de Logística, consolidando la infraestructura necesaria para la enseñanza de disciplinas clave en la industria.

En 2012, se estableció el Comité de Vinculación del ITPA (COVITPA), una iniciativa destinada a estrechar la relación entre la institución y la sociedad de Rincón de Romos, con el fin de crear beneficios mutuos y contribuir al desarrollo local. Posteriormente, en 2015, la institución amplió nuevamente su oferta académica al incorporar la carrera de Ingeniería Industrial, reflejando su compromiso con la formación de profesionales capacitados para las necesidades del mercado laboral.

A lo largo de su historia, el ITPA se ha propuesto llevar educación de calidad y progreso a la región de Aguascalientes. Hoy en día la carrera de Ingeniería Logística es crucial para el desarrollo industrial de Aguascalientes, una región con un crecimiento económico basado en la industria manufacturera y de

servicios. Es por esto que estudio de la logística y cadenas de distribución, permiten optimizar los procesos logísticos en los sistemas de producción, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la gestión de recursos y en la reducción de costos, enfocando estos aspectos vitales para la competitividad de las empresas locales y su inserción en mercados nacionales e internacionales.

Actualmente el ITPA está utilizando herramientas tecnológicas avanzadas para mejorar las operaciones logísticas en sectores clave como la automotriz, agroindustrial y de tecnologías de la información, con la finalidad de fomentar el desarrollo industrial en Aguascalientes. Realizar este tipo de investigaciones es esencial en la implementación de soluciones innovadoras para el almacenamiento, transporte y distribución de bienes, garantizando un flujo eficiente en las cadenas de suministro.

Por su parte “Comercializadora La Catrina” inició sus operaciones en julio de 1999 en la ciudad de Aguascalientes, México. Desde sus comienzos, la empresa se ha dedicado a la comercialización de materias primas, especializándose en la distribución de productos básicos para diversos sectores industriales y comerciales. Su sede se encuentra ubicada en el Centro Distribuidor de Básicos #99-A, en el Centro Comercial Agropecuario, en el 2do Anillo Norte de la ciudad, una ubicación estratégica que facilita el acceso a importantes rutas de distribución, optimizando la logística para atender a clientes locales y regionales de manera eficiente.

A lo largo de su trayectoria, Comercializadora La Catrina ha experimentado un crecimiento sostenido, consolidándose como un proveedor confiable y de calidad en la región. Su compromiso con la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa le ha permitido ampliar su portafolio de productos y servicios, adaptándose a las necesidades del mercado y fortaleciendo su presencia en el sector. Este enfoque ha sido clave para establecerse como un

referente en la distribución de materias primas, contribuyendo al desarrollo industrial y comercial de la zona.

1.2 Planteamiento del problema (Preguntas de investigación)

Dadas las condiciones para manejo y reparto de mercancías, así como la demanda de eficiencia en la logística, el transporte de productos perecederos, como los frutos secos, presenta desafíos significativos en términos de control de calidad durante su distribución. Factores ambientales como la temperatura, la humedad y los impactos físicos pueden afectar severamente la integridad del producto, lo que resulta en problemas como la oxidación de las nueces o la formación de moho en las almendras. Estos deterioros no solo generan pérdidas económicas para las empresas, sino que también perjudican la satisfacción del cliente y, en consecuencia, la reputación y competitividad en el mercado.

Ante esta problemática, surge la necesidad de implementar tecnologías que permitan un monitoreo constante de las condiciones ambientales durante el transporte. En este sentido, la utilización del dispositivo data logger MSR175 en la logística de distribución de la empresa "La Catrina Comercializadora" se presenta como una solución viable. Este dispositivo posibilita la monitorización en tiempo real de variables críticas como temperatura, humedad y vibraciones, facilitando la toma de decisiones correctivas inmediatas en caso de desviaciones de las condiciones óptimas. Su implementación busca no solo preservar la calidad de los productos transportados, sino también incrementar la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

El presente estudio se enfoca en evaluar el impacto del data logger MSR175 en la cadena de suministro de "La Catrina Comercializadora", analizando su efectividad para reducir los costos derivados de devoluciones de mercancías dañadas y mejorar la confianza del cliente. Se espera que los resultados obtenidos no solo beneficien a esta empresa, sino que también proporcionen

un marco de referencia para otras organizaciones del sector logístico que enfrentan desafíos similares. Además, se identificarán los obstáculos y limitaciones en la adopción de esta tecnología, proponiendo estrategias para maximizar sus beneficios y fomentar su aplicación en la industria, contribuyendo así al desarrollo de mejores prácticas y a la optimización de los procesos de distribución.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo General.

Evaluar la implementación del uso de sensores en la logística de distribución física.

1.3.2 Objetivos Específicos.

1. Analizar la integración tecnológica de los sensores en la cadena de suministro. Examinar cómo se han incorporado los sensores en las diferentes etapas del proceso logístico, desde el almacenamiento hasta la entrega final, identificando los tipos de sensores más utilizados y su función específica en cada etapa.
2. Evaluar el impacto de los sensores en la eficiencia operativa. Medir cómo la implementación de sensores ha influido en la optimización de recursos, la reducción de tiempos de entrega, y la mejora en la precisión del inventario, comparando métricas clave antes y después de la implementación.
3. Determinar el efecto de los sensores en la calidad del servicio al cliente. Investigar cómo el uso de sensores ha afectado la satisfacción del cliente, centrándose en aspectos como la trazabilidad de los envíos, la fiabilidad de las entregas y la capacidad de respuesta ante incidencias.
4. Identificar los desafíos y limitaciones en la implementación de sensores. Explorar las barreras tecnológicas, económicas y organizativas que han

surgido durante la adopción de sensores en la logística, proponiendo soluciones o estrategias para maximizar los beneficios de su uso.

1.4 Justificación

La logística de distribución física es un área fundamental de la cadena de suministro y su eficiencia impacta directamente en la competitividad y sostenibilidad de las empresas. En el contexto actual, donde la demanda de rapidez, precisión y seguridad en las entregas es cada vez mayor, las empresas se ven obligadas a explorar soluciones tecnológicas que optimicen sus operaciones. El uso de sensores en la logística, como el data logger MSR175, se ha destacado como una herramienta clave para mejorar la trazabilidad, reducir costos y aumentar la satisfacción del cliente al permitir el monitoreo en tiempo real de variables críticas durante el transporte y almacenamiento de mercancías, tales como temperatura, humedad, golpes y vibraciones.

Este proyecto de tesis se centra en la necesidad de evaluar de manera detallada y contextualizada el impacto real que la adopción de la data logger MSR175 tiene en la logística de distribución física. Aunque existen estudios previos sobre el uso de tecnologías de monitoreo, aún persiste una brecha en la comprensión de su influencia en la eficiencia operativa y en la calidad del servicio al cliente, especialmente en empresas de micro, pequeña y mediana escala. Este análisis busca llenar ese vacío al proporcionar un análisis detallado sobre la implementación de sensores en estas empresas, evaluando no solo los beneficios, sino también los desafíos y limitaciones relacionados.

El proyecto se enfocará en comparar datos operativos antes y después de la adopción de la data logger MSR175, lo que permitirá identificar mejoras en áreas como la optimización de recursos, reducción de tiempos de entrega, y la precisión en la gestión del producto. También se investigarán los retos relacionados con la integración tecnológica, como los costos de implementación, las barreras tecnológicas y organizativas, y la capacitación

necesaria para el personal encargado de monitorear y gestionar estos dispositivos.

1.5 Hipótesis

Hipótesis Causal.

- H₀ (Hipótesis Nula): "El monitoreo y control de la temperatura, la humedad y los impactos durante el transporte no tienen un impacto significativo en la preservación de la calidad de las nueces en la logística de distribución.
- H_a (Hipótesis Alternativa): "El monitoreo y control de la temperatura, la humedad y los impactos durante el transporte tienen un impacto significativo en la preservación de la calidad de las nueces en la logística de distribución."

Estas hipótesis están diseñadas para analizar cómo las condiciones ambientales y las variables físicas influyen directamente en la calidad del producto, enfocándose en el impacto del monitoreo y control de dichas variables.

1.6 Alcances y limitaciones

El proyecto de investigación se centrará en evaluar la efectividad de la implementación de sensores de monitoreo, específicamente el dispositivo data logger MSR175, en la logística de distribución física de productos perecederos, como los frutos secos, en empresas de micro, pequeña y mediana escala. Se llevará a cabo durante el periodo de agosto a diciembre de 2024, abarcando rutas de distribución específicas en la región donde opera "La Catrina Comercializadora". La investigación analizará el impacto de estos dispositivos en la reducción de daños a la mercancía, costos asociados y mejoras en la satisfacción del cliente. Asimismo, se realizará un análisis detallado de variables críticas como la temperatura, humedad y vibraciones,

para identificar los beneficios de los sensores en la optimización de procesos logísticos.

El estudio también incluirá la comparación de métricas clave antes y después de la implementación de los sensores, proporcionando datos concretos sobre su eficacia. Además, se identificarán las necesidades de capacitación del personal para el correcto uso de estas tecnologías, desarrollando estrategias de formación aplicables. Con estos resultados, se espera no solo mejorar la eficiencia operativa de la empresa en cuestión, sino también establecer un marco de referencia para la adopción de tecnologías de monitoreo en la logística de distribución para otras empresas del sector.

La investigación estará delimitada a la implementación del dispositivo data logger MSR175 en rutas de distribución seleccionadas, por lo que los resultados obtenidos podrían no ser representativos para otras áreas geográficas o tipos de mercancías diferentes. Además, factores como la infraestructura tecnológica disponible en las empresas participantes, los costos de implementación y la disposición del personal para adoptar nuevas tecnologías, pueden afectar la generalización de los hallazgos.

Otra limitación importante es la restricción temporal del estudio, que abarca únicamente el periodo de agosto a diciembre de 2024. Esto implica que los datos recolectados pueden no reflejar variaciones estacionales o cambios en las condiciones del mercado que podrían influir en la efectividad de los sensores a largo plazo. Finalmente, la investigación se enfocará en empresas de micro, pequeña y mediana escala, por lo que los resultados y recomendaciones podrían no ser aplicables a organizaciones de mayor tamaño o con estructuras logísticas más complejas.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE FUNDAMENTOS

El análisis de esta tesis destaca la importancia de integrar tecnologías avanzadas en la logística de productos perecederos, como los frutos secos, para mantener su calidad durante el transporte. Factores como la temperatura, la humedad y los impactos físicos son cruciales y pueden comprometer la integridad de los productos, generando pérdidas económicas y afectando la satisfacción del cliente. La implementación de sensores, como el data logger MSR175, es una herramienta eficaz para monitorear estas variables en tiempo real y tomar acciones correctivas de inmediato.

El dispositivo data logger MSR175 permite un control preciso de las condiciones durante el transporte, lo cual es vital en la industria alimentaria, donde la oxidación o el moho pueden deteriorar los productos, generando devoluciones y costos adicionales. Su uso ayuda a optimizar los procesos logísticos, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la competitividad de "La Catrina Comercializadora".

La metodología de la investigación se basa en un análisis exhaustivo de estudios previos sobre el uso de tecnologías de monitoreo en logística. Se evaluará el impacto del data logger MSR175 en diferentes etapas de la cadena de suministro, y se identificarán los desafíos de su implementación, como los costos, la infraestructura tecnológica y la necesidad de capacitar al personal.

El objetivo del estudio es validar la efectividad de estos dispositivos y proporcionar un marco de referencia que facilite su adopción en otras empresas. Al proponer estrategias para superar las barreras de implementación, se busca mejorar las prácticas logísticas y consolidar a "La Catrina Comercializadora" como un modelo de innovación en la gestión de la cadena de suministro.

2.1 Marco teórico

Como parte de la historia universal, el ser humano, a lo largo de los años, se ha visto en la necesidad de analizar y estudiar las variables físicas que lo rodean, como la temperatura del medio ambiente, del agua o simplemente del cuerpo humano. Del mismo modo, ha examinado la dirección del viento, su composición química, así como los agentes contaminantes presentes en él.

Conforme el desarrollo tecnológico ha evolucionado, el ser humano ha implementado cambios significativos en la manera en la que analiza estas variables, utilizando no solo herramientas analógicas, como se hacía anteriormente. Un ejemplo de esto es el termómetro, que ha experimentado importantes cambios a lo largo del tiempo, pasando de ser un dispositivo de vidrio lleno de mercurio, que requería contacto directo con el cuerpo para medir la temperatura, a convertirse en un instrumento digital que ofrece una medición más rápida y precisa sin necesidad de contacto físico. Estos avances han mejorado la seguridad al eliminar el uso de mercurio y han facilitado su uso en entornos clínicos y domésticos, adaptándose a las necesidades tecnológicas actuales.

Otro ejemplo ilustrativo es la evolución de los dispositivos de iluminación, cuyo uso en el ámbito doméstico ha cambiado significativamente, pasando de simples interruptores manuales a sofisticados sistemas automatizados que ajustan la iluminación en función de la luz natural, la presencia de personas y las necesidades específicas de cada espacio. Inicialmente, estos dispositivos se limitaban a encender o apagar las luces, pero con los avances tecnológicos, ahora integran capacidades de detección de luz ambiental y control remoto mediante aplicaciones móviles. Esto no solo ha mejorado la eficiencia energética y reducido el consumo eléctrico, sino que también ha aumentado la comodidad y la personalización en los hogares modernos.

Todos estos cambios se han visto reflejado gracias al uso de sensores y actuadores, ya que el desarrollo tecnológico y la ingeniería han sido

fundamentales para lograr este avance. El uso de sensores es crucial en el desarrollo de los sistemas actuales, ya que permiten medir, interpretar y analizar cualquier variable física, así como los cambios que ocurren en ella.

Variables y magnitudes físicas.

Según Corona Ramírez, Abarca Jiménez y Mares Carreño (2019), una variable física es la representación de un parámetro de un fenómeno físico, a través del cual se describe su comportamiento. Además, el resultado de cuantificar un atributo físico al asignar valores numéricos mediante una variable o constante física se conoce como magnitud física.

Bajo estos conceptos, podemos deducir que un sistema de ingeniería está compuesto por tres elementos principales: un sensor, que es el dispositivo que mide la variable física; un procesador o software, que determina el estado de la variable; y un sistema de actuación o actuadores, que, a partir de la medición y los parámetros establecidos en el procesamiento de datos, realiza una acción específica.

El funcionamiento de los sensores y actuadores se basa en el principio de transducción; sin embargo, su uso y aplicación dependerán del tipo de variable física que se deba analizar.

Para Corona Ramírez, Abarca Jiménez y Mares Carreño (2019), un transductor se define como aquel dispositivo que es capaz de convertir una variable física en otra que tiene un dominio diferente.

Un ejemplo práctico básico de un transductor es el mismo termómetro. El termómetro digital convierte la temperatura corporal (una variable física) en una lectura numérica que puedes ver en la pantalla. Dentro del termómetro, un sensor detecta la temperatura y la convierte en una señal eléctrica, que luego se traduce en un número visible. Para este ejemplo, la temperatura es la variable física original, y la señal eléctrica es la variable en un dominio diferente (eléctrico), que finalmente se muestra como una lectura numérica.

Hoy en día los sensores se han convertido en una parte fundamental en las actividades que realizamos cotidianamente, ya que vasta con ver a nuestro alrededor y podremos encontrar electrodomésticos, automóviles, aparatos electrónicos, controles, teléfonos celulares que cuentan con diferentes tipos de sensores.

Cuando un transductor forma parte de un sistema de actuación, se le denomina transductor de salida. Un transductor de salida es un dispositivo que convierte la señal generada por el sistema de procesamiento de la información en una acción tangible en el entorno, como el movimiento de un motor o la activación de una alarma, entre otros.

Actualmente, la incorporación de sensores en los sistemas eléctricos y electrónicos ha permitido desarrollar procesos semiautomatizados que facilitan actividades mediante inteligencia artificial, como encender y apagar un foco a una hora determinada o controlar un ventilador mediante comandos de voz, entre otras.

Clasificación.

En la actualidad, existe una gran variedad de sensores, por lo que es fundamental clasificarlos para entender su funcionamiento. Debido a la diversidad de sensores y la amplia gama de variables que pueden detectar y medir, su clasificación resulta compleja, especialmente considerando lo siguiente:

Por su tipo de funcionamiento:

Activos: Sensores que requieren una fuente de energía externa, como una batería o pila, para funcionar;

Pasivos: Sensores que no requieren una fuente de energía externa, ya que aprovechan las condiciones del entorno para operar según su función.

Por el tipo de señales que proporcionan:

- Analógicos: Envían la información mediante una señal analógica, la cual puede tomar un número infinito de valores dentro de un rango mínimo y máximo;
- Digitales: Proporcionan la información mediante una señal digital, representada por dígitos 0 y 1 lógicos o un código de bits.

En relación con su funcionamiento:

- Sensores de posición: Experimentan variaciones en función de la posición que ocupan los elementos que los componen en cada instante;
- Sensores fotoeléctricos: Detectan variaciones en función de la luz que incide sobre ellos;
- Sensores magnéticos: Experimentan cambios en respuesta al campo magnético que los atraviesa;
- Sensores de temperatura: Cambian en función de la temperatura del lugar donde están ubicados;
- Sensores de humedad: Detectan variaciones en función del nivel de humedad en el medio en el que se encuentran;
- Sensores de presión: Experimentan variaciones según la presión a la que son sometidos;
- Sensores de movimiento: Detectan cambios en función de los movimientos que perciben;
- Sensores químicos: Experimentan variaciones en respuesta a los agentes químicos externos que inciden sobre ellos.

En relación con los materiales utilizados para su fabricación:

- Mecánicos: Utilizan contactos mecánicos que se abren o cierran;
- Resistivos: Incorporan resistencias eléctricas en su diseño;
- Capacitivos: Emplean condensadores para su funcionamiento;

- Inductivos: Utilizan bobinas en su construcción;
- Piezoeléctricos: Se basan en cristales, como el cuarzo, para su funcionamiento;
- Semiconductores: Están fabricados con materiales semiconductores.

Usos

La siguiente tabla muestra el tipo de sensores que habitualmente más se utiliza en función de su aplicación.

Tabla 1.

Tabla de aplicación de los sensores según la variable que se desea analizar.

Aplicación	Sensores
Iluminación	Fotorresistivos (LDR), Fotoeléctricos
Temperatura	Termistores (PCT, NTC, Semiconductores)
Humedad	Resistivos, capacitivos.
Posición/Inclinación	Mecánicos, resistivos, acelerómetros, magnéticos.
Presencia	Magnéticos, infrarrojos, ultrasonidos.
Distancia	Infrarrojos, ultrasonidos.
Presión	Piezoeléctricos, resistivos.
Caudal	Piezoeléctricos, Magnetoresistivos
Frio/Calor	Células Termoeléctricas (Peltier)
Químicos	Detectores de gas y humos.

*Nota. * Adaptado de "Tabla sin título", por Serna, A., Ros, F. A., & Rico, J. C., en Guía Práctica de Sensores (p. 7), 2021, Editorial Creaciones.*

De acuerdo con la información proporcionada en la tabla se describirán algunos de los sensores más utilizados en la industria.

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio de intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, como un diodo LED. Las fuentes de luz habituales incluyen la solar, la ambiental, las luces rojas, verdes y amarillas, así como las infrarrojas. Estos sensores se utilizan ampliamente en aplicaciones industriales, de seguridad y automatización debido a su capacidad para detectar la presencia, ausencia o cambio de objetos mediante la variación de la intensidad de la luz. Funcionan emitiendo luz, detectando su reflejo o interrupción por un objeto, lo que permite activar procesos como la apertura de puertas automáticas, la detección de nivel en contenedores, el conteo de productos en una línea de producción y sistemas de seguridad que requieren la detección de movimiento o presencia.

Los fotorresistores son componentes electrónicos cuya resistencia disminuye cuando aumenta la intensidad de la luz que los ilumina. La luz aporta la energía necesaria para liberar más electrones (efecto fotoeléctrico), lo que reduce la resistividad del material. Su capacidad para reducir la resistencia en respuesta a un aumento en la luz incidente los hace ideales para sistemas de iluminación automática, como los que ajustan el brillo de las luces en función de la luz ambiental. También se emplean en dispositivos de medición de luz, como los fotómetros y en sistemas de control de exposición en cámaras fotográficas.

Los fotodiodos y fototransistores generan una pequeña corriente que es proporcional al nivel de iluminación que reciben. Sus aplicaciones más comunes se encuentran en la industria, en sensores de posición, lectores de códigos de barras y QR, así como en impresoras láser.

Sensores Inteligentes.

Bajo esta categoría, se encuentran sensores que destacan por su tamaño compacto y bajos costos. Los sensores inteligentes buscan reducir las dificultades asociadas al diseño de circuitos impresos y los elevados costos de

fabricación. Sus principales ventajas radican en la simplicidad del diseño, ya que su funcionamiento se integra en un solo chip o una única tarjeta.

Sensores MEMS.

El término MEMS proviene del inglés *Micro-Electro-Mechanical System*. Una de las características más destacadas de los MEMS es que incluyen componentes de tamaño micrométrico. Estos dispositivos están diseñados para cumplir una función específica dentro de un sistema de ingeniería, integrando elementos mecánicos, electrónicos y otros componentes (Corona Ramírez, Abarca Jiménez, & Mares Carreño, 2019).

Sensores de estado sólido.

Según Corona Ramírez, Abarca Jiménez y Mares Carreño (2019), los sensores de estado sólido se caracterizan por estar formados por estructuras especializadas que constituyen la base de su funcionamiento. Estos dispositivos incluyen unidades adicionales que contienen la electrónica necesaria para extraer información de la estructura especializada y convertirla en una señal eléctrica útil para el usuario. En el caso de los biosensores y sensores químicos, estas estructuras están formadas por partículas semiconductoras que permiten al sensor seleccionar compuestos químicos específicos o detectar características biométricas determinadas.

Logística de distribución.

Para entender mejor la logística de distribución, es fundamental tener claro el concepto de logística. En este caso, utilizaremos la definición de logística establecida por el Council of Logistics Management (CLM), que textualmente dice:

“Logística es el proceso de planear, implementar y controlar efectiva y eficiente mente el flujo y almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada del punto de origen al punto de consumo con el propósito de cumplir los requisitos del cliente”.

A partir de este concepto, podemos resumir que la logística es la parte de la cadena de suministro que se encarga de planificar, implementar y controlar de manera efectiva y eficiente el flujo de mercancías, su almacenamiento y la información asociada, desde el punto de origen hasta el destino final. Todo esto teniendo como objetivo principal satisfacer los requerimientos del cliente.

En la logística de distribución, los sensores juegan un papel crucial al proporcionar datos en tiempo real que optimizan el manejo y el seguimiento de los productos. Estos dispositivos permiten monitorear diversos aspectos del proceso logístico, desde el seguimiento de inventarios hasta la supervisión de las condiciones ambientales durante el transporte. La integración de sensores en el sistema de distribución facilita una gestión más eficiente, reduciendo errores y mejorando la precisión en la entrega de productos.

Los sensores de ubicación, son fundamentales para rastrear el movimiento de mercancías a lo largo de la cadena de suministro. Estos dispositivos permiten a las empresas conocer la ubicación exacta de sus productos en cualquier momento, lo que resulta en una mayor transparencia y control. Además, los datos recopilados por estos sensores pueden ser utilizados para optimizar rutas de transporte, reducir tiempos de espera y mejorar la coordinación entre distintos puntos de la cadena de distribución.

Como lo menciona (Castellanos Ramirez, 2009), La manifestación de la economía estadounidense...determino la concentración de los estudios del manejo de las operaciones en métodos cuantitativos que permitieran llevar a cabo operaciones masivas, como el manejo de transporte y todas las estimaciones que las acompañaban.

A partir de este período, la logística de distribución de mercancías empieza a tomar forma y a convertirse en un área especializada dentro de la logística. Es en este momento cuando se coordinan esfuerzos y se consideran diversos factores que influyen en la decisión de compra y traslado de mercancías, tales

como la calidad del producto, el precio, el empaque, la distribución, la protección, el resguardo y el servicio.

Esto permite identificar dentro de una empresa el sistema logístico, el cual está conformado por tres áreas operacionales: la Gestión de Materiales (GM), la Gestión de Transformación (GT) y la Gestión de Distribución Física (GDF) (Castellanos Ramirez, 2009)..

Para definir la logística de distribución física de mercancías debemos enfocarnos en la parte de transporte, ya que este representa el papel de mayor importancia en este rubro. El objetivo de la Distribución Física de Mercancías (DFM), como lo menciona (Castellanos Ramirez, 2009), es:

“Transportar el producto adecuado en la cantidad requerida al lugar acordado ya al menor costo total para satisfacer las necesidades del consumidor en el mercado internacional justo a tiempo (JIT) y con Calidad Total (CT)”.

La Gestión de Distribución Física (DFM) abarca una amplia gama de actividades, incluyendo la planificación del transporte, la tecnología para el rastreo de mercancías y los itinerarios o protocolos a seguir. Entre los factores a considerar se encuentran:

- El acondicionamiento de los productos;
- El embalaje adecuado;
- La preparación de los medios de transporte;
- Las manipulaciones y los puntos de depósito intermedios;
- Las condiciones para el despacho de la mercancía;
- Las modalidades de entrega;
- La selección y el control del personal de servicio durante el traslado de la mercancía.

Otro aspecto importante a considerar son los relacionados con la mercancía o carga.

Castellanos Ramírez (2009) define la carga como “El conjunto de bienes o mercancías protegidas por un embalaje apropiado que facilita su rápida movilización”.

El personal involucrado en el proceso de distribución de mercancías es responsable del estudio de la carga y su cadena de distribución. Para ello, el proceso debe desarrollarse en dos etapas de análisis.

Primera etapa de análisis de la mercancía.

Por tipo de carga, se consideran dos categorías principales: carga general y carga a granel. La carga general puede ser suelta o empaquetada, mientras que la carga a granel puede presentarse en forma sólida, granulada o líquida. Según su naturaleza, la carga puede clasificarse en perecedera, frágil, peligrosa, y de dimensiones o pesos especiales.

Segunda Etapa de análisis de la mercancía.

Consiste en determinar la preparación que requiere la carga, como el embalaje, marcado y unitarización. El empaque se refiere al conjunto de materiales que conforman la envoltura o armazón de los paquetes, y su función es asegurar que la mercancía llegue en buen estado a su destino final, garantizando también la conservación adecuada de los materiales contenidos. El embalaje tiene como objetivo proteger la mercancía durante el transporte, la manipulación y el almacenamiento. También impacta la calidad y el costo tanto del transporte como de la manipulación y traslado de los productos.

La planificación de un sistema de embalaje implica analizar las características del producto, su peso y volumen, el número de transbordos, el tiempo de traslado, el modo de transporte y los riesgos a los que la mercancía está expuesta.

Principales riesgos a los que se expone la mercancía.

De acuerdo con la naturaleza del producto, existen una serie de riesgos que deben analizarse para seleccionar un embalaje adecuado:

- Riesgos mecánicos: generados por caídas, compresión o vibraciones de los vehículos de transporte;
- Riesgos climáticos: ocasionados por cambios en las condiciones climáticas o temperaturas extrema;
- Riesgos biológicos: relacionados con microorganismos, insectos y roedores que pueden dañar productos, especialmente los de grado alimenticio;
- Riesgos de contaminación: generados por sustancias o materiales adyacentes a los empaques o fugas, que afectan especialmente a productos de fácil descomposición, como los cárnicos.

En resumen, el personal involucrado en la distribución debe seleccionar un embalaje que se ajuste a las características del producto, lo proteja de los distintos riesgos y cumpla con los requisitos del transporte.

Uso de sensores en la distribución de mercancías.

El uso de sensores y dataloggers en el monitoreo de mercancías ha transformado la logística y la cadena de suministro, permitiendo un control preciso de las condiciones de almacenamiento y transporte. Según "Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation" de Chopra y Meindl, estos dispositivos recopilan datos en tiempo real sobre variables críticas como temperatura, humedad, vibraciones y ubicación. Esto es crucial para productos sensibles, como alimentos perecederos, productos farmacéuticos y materiales químicos, donde cualquier desviación de los parámetros aceptables puede comprometer la calidad o seguridad de los productos.

Los dataloggers se clasifican según sus funciones, el tipo de datos que registran y sus aplicaciones específicas. A continuación, se describen algunos de los tipos más comunes:

- Dataloggers de Temperatura y Humedad: Son los más utilizados para monitorear las condiciones ambientales durante el almacenamiento y transporte. Son esenciales en industrias como la alimentaria y

farmacéutica para asegurar que los productos se mantengan dentro de los rangos adecuados de temperatura y humedad;

- Dataloggers de Presión: Se utilizan para monitorear la presión en procesos industriales, tales como sistemas de tuberías, compresores y equipos de climatización;
- Dataloggers de Vibración y Choque: Están diseñados para registrar eventos de impacto, vibraciones o golpes que pueden dañar productos sensibles durante el transporte, como electrónicos, maquinaria y productos frágiles. Estos dataloggers ayudan a analizar las condiciones de manipulación y a mejorar los métodos de embalaje;
- Dataloggers de Luz: Miden la exposición a la luz, lo cual es importante para productos que pueden degradarse con la luz solar o artificial, como productos farmacéuticos, químicos o alimentos que deben mantenerse en condiciones específicas de luz.

La integración de sensores con tecnologías de comunicación, como el Internet de las Cosas (IoT), permite una supervisión continua y remota de las mercancías a lo largo de toda la cadena de suministro. En "Logistics & Supply Chain Management" de Martin Christopher, se destaca que la automatización y el análisis de datos recopilados por dataloggers ayudan a identificar y mitigar riesgos antes de que se conviertan en problemas críticos. Esto facilita la toma de decisiones basada en datos y mejora la eficiencia operativa al reducir desperdicios, pérdidas y el tiempo de respuesta ante eventos imprevistos.

El monitoreo mediante sensores y dataloggers no solo mejora la trazabilidad, sino que también aporta valor agregado al aumentar la transparencia y la confianza entre las partes involucradas en la cadena de suministro. En "The Handbook of Logistics and Distribution Management" de Rushton, Croucher y Baker, se explica que el acceso a datos históricos permite realizar auditorías y cumplir con regulaciones internacionales de seguridad y calidad. La capacidad

de generar reportes detallados sobre las condiciones ambientales a las que han estado expuestas las mercancías es fundamental para demostrar cumplimiento normativo y asegurar la integridad de los productos a lo largo de su ciclo de vida.

La evolución de los sensores y dataloggers ha permitido un monitoreo detallado y continuo de las mercancías en todas las etapas de la cadena de suministro, asegurando un control ambiental riguroso. En "Logistics and Supply Chain Innovation" de John Manners-Bell, se menciona que modelos como los HOBO Data Loggers, fabricados por Onset, son ampliamente utilizados en la industria alimentaria y farmacéutica para monitorear la temperatura y humedad debido a su precisión y facilidad de uso. Estos dispositivos ofrecen conectividad inalámbrica, lo que facilita la transferencia rápida de datos y el análisis inmediato, garantizando la integridad de los productos durante su transporte y almacenamiento.

En México, el uso de sensores y dataloggers es esencial para garantizar la calidad y seguridad de los productos durante su traslado y almacenamiento. Estos dispositivos permiten la recolección de datos en tiempo real sobre variables críticas, lo que ayuda a identificar y mitigar riesgos que puedan comprometer la integridad de las mercancías. Esto es especialmente relevante en sectores sensibles como el alimentario, farmacéutico y de productos perecederos, donde cualquier alteración en las condiciones de transporte puede resultar en pérdidas económicas significativas.

Además, la implementación de estas tecnologías facilita el cumplimiento de las normas y regulaciones nacionales e internacionales que rigen la cadena de suministro en México. Las autoridades y empresas logísticas exigen estándares rigurosos para asegurar que las mercancías lleguen en óptimas condiciones a su destino. Los sensores y dataloggers no solo monitorean el estado de los productos, sino que también generan un registro detallado que puede ser

utilizado para auditorías, trazabilidad y resolución de conflictos, proporcionando transparencia y confiabilidad en la gestión logística.

En México, existe una serie de normas que regulan tanto el transporte de mercancías como las condiciones bajo las cuales deben ser trasladadas. Un ejemplo destacado es la NOM-015-SCT-2-2022, que establece las condiciones de peso y dimensiones máximas para los vehículos de autotransporte que circulan en carreteras y puentes federales. Esta norma fija límites y especificaciones técnicas que buscan garantizar la seguridad vial, proteger la infraestructura y optimizar la eficiencia en el transporte de mercancías (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2022).

Entre los aspectos más relevantes de la norma se incluyen la regulación de las dimensiones máximas de los vehículos, el peso bruto vehicular, las condiciones de seguridad, la emisión de permisos especiales y los procedimientos de inspección y vigilancia de las mercancías.

La reglamentación vigente en este ámbito promueve el uso de tecnologías como dataloggers y sensores, que contribuyen significativamente a mejorar la eficiencia operativa y a respaldar la toma de decisiones basadas en datos dentro de la logística de distribución. Estos dispositivos proporcionan información detallada que puede analizarse para optimizar rutas, reducir tiempos de entrega y minimizar costos relacionados con pérdidas o daños de productos. En un mercado tan competitivo como el de México, la capacidad de monitorear y controlar las condiciones de transporte representa una ventaja estratégica que no solo mejora la reputación de las empresas, sino que también incrementa la satisfacción del cliente.

CAPÍTULO 3: DISEÑO METODOLÓGICO

La logística de distribución es un componente clave en la cadena de suministro de productos perecederos, donde el mantenimiento de condiciones óptimas durante el transporte resulta esencial para garantizar la calidad de los productos. En este contexto, el uso de tecnologías como sensores y data loggers ha demostrado ser una herramienta eficaz para monitorear variables críticas que afectan la conservación de mercancías durante su traslado. Esta investigación se enfoca en analizar el uso del Data Logger MSR175 en la empresa "La Catrina Comercializadora" para mejorar la gestión de la logística de distribución de frutos secos, específicamente almendras y nueces.

La empresa "La Catrina Comercializadora" se dedica a la distribución de frutos secos, productos que requieren condiciones controladas de temperatura, humedad y manejo para asegurar su calidad hasta llegar al consumidor final. Durante el transporte de estos productos, los cambios en las variables ambientales pueden impactar negativamente su conservación, lo que representa un desafío para la empresa, especialmente al operar en rutas de distribución que abarcan los municipios de Calvillo, Aguascalientes, y Rincón de Romos. La implementación de un sistema de monitoreo con el Data Logger MSR175 busca ofrecer datos precisos y en tiempo real sobre estas condiciones. El Data Logger MSR175 es un dispositivo capaz de registrar con alta precisión variables como temperatura, humedad y aceleración, factores críticos que influyen en la conservación de productos perecederos como los frutos secos. Este equipo tiene la capacidad de identificar eventos como cambios bruscos de temperatura, vibraciones o impactos durante el transporte, proporcionando una visión detallada de las condiciones a las que se exponen las mercancías. Esta información es fundamental para evaluar cómo se afectan

las almendras y nueces durante el traslado, permitiendo identificar áreas de mejora en los procesos logísticos de la empresa.

El presente estudio busca identificar las posibles fluctuaciones de temperatura, cambios de aceleración y niveles de humedad que se experimentan durante el transporte de los frutos secos. A través de la recopilación y análisis de datos obtenidos por el Data Logger MSR175, se pretende evaluar el impacto de estas variables en la calidad y conservación de las mercancías, considerando los diferentes puntos de la ruta de distribución. De esta manera, se podrá determinar si las condiciones actuales de transporte garantizan la integridad del producto o si es necesario implementar mejoras para evitar pérdidas y mantener la frescura de los frutos secos.

Este diseño metodológico tiene como objetivo evaluar el uso del Data Logger MSR175 en la logística de distribución de "La Catrina Comercializadora", con un enfoque en la medición de temperatura, aceleración y humedad durante el transporte de frutos secos. Los resultados obtenidos contribuirán a mejorar la conservación y calidad de las almendras y nueces durante su traslado, asegurando la entrega de un producto en óptimas condiciones al consumidor final. Conclusión

3.1 Enfoque.

El enfoque metodológico de esta investigación es cuantitativo, descriptivo y correlacional. Esto se debe a que el estudio busca recolectar y analizar datos numéricos sobre las variables ambientales que afectan la calidad de los frutos secos durante su transporte (temperatura, humedad y aceleración), para identificar patrones y establecer relaciones entre dichas variables y la conservación del producto.

Tipo de Investigación.

Este estudio es de tipo no experimental y longitudinal. Es no experimental porque no se alterarán las variables del entorno; se observarán y registrarán tal

como ocurren durante el transporte. Es longitudinal porque el monitoreo se realizará durante un tiempo específico, lo que permitirá analizar cómo cambian las condiciones ambientales a lo largo de las rutas de distribución en los municipios de Calvillo, Aguascalientes, y Rincón de Romos.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

El instrumento principal de recolección de datos es el Data Logger MSR175, un dispositivo que registra de manera continua y precisa las variables de temperatura, humedad y aceleración a lo largo del trayecto. Este equipo se colocará en los vehículos de transporte al inicio de cada viaje y se retirará al final del mismo para analizar los datos obtenidos. La información recopilada permitirá identificar patrones y momentos críticos que puedan afectar la calidad de los frutos secos durante el traslado.

Procedimiento

El procedimiento para la recolección de datos constará de los siguientes pasos:

1. Preparación del equipo. Configuración del Data Logger MSR175 para asegurar la correcta captura de las variables de interés.
2. Instalación del dispositivo: Colocar el equipo en un lugar estratégico dentro de la caja con el producto y en el interior del vehículo de transporte, garantizando que registre con precisión las condiciones a las que están expuestos los frutos secos.
3. Monitoreo. Recopilación de datos durante todo el trayecto, desde el punto de origen hasta el destino final en las rutas de distribución seleccionadas.
4. Descarga y análisis de datos: Al finalizar el viaje, los datos serán descargados y analizados para identificar variaciones y eventos que puedan haber afectado la calidad del producto.

Con los datos obtenidos de las corridas o rutas realizadas, se procederá a crear una base de datos con el objetivo de recopilar información que permita llevar a cabo un estudio más completo y detallado.

Metodología.

El análisis de datos se realizará utilizando herramientas estadísticas y software especializado para procesar la información recolectada por el Data Logger MSR175. Se aplicarán pruebas descriptivas y de correlación para determinar la relación entre las variables medidas (temperatura, humedad y aceleración) y la conservación de los frutos secos. Esta información permitirá identificar tendencias y posibles áreas de mejora en la logística de distribución.

Este enfoque metodológico ayudará a entender cómo las condiciones de transporte afectan la conservación de los frutos secos. Esto proporcionará a "La Catrina Comercializadora" información útil para mejorar sus procesos logísticos y garantizar la entrega de productos de alta calidad a sus clientes.

3.2 Alcance.

El alcance de este marco metodológico se enfoca en analizar el impacto de las condiciones de transporte sobre la conservación de frutos secos, específicamente almendras y nueces, durante su traslado en la empresa "La Catrina Comercializadora". La investigación se centra en la implementación del Data Logger MSR175 como herramienta principal para monitorear y registrar de forma continua y precisa las variables de temperatura, humedad y aceleración a lo largo de las rutas de distribución dentro de los municipios de Calvillo, Aguascalientes, y Rincón de Romos.

Este estudio tiene como objetivo evaluar cómo estas variables ambientales afectan la calidad de los frutos secos durante el transporte y determinar si las condiciones actuales garantizan la preservación adecuada del producto. La información recopilada mediante el Data Logger MSR175 permitirá identificar momentos críticos y patrones de variación que puedan comprometer la integridad de las mercancías, proporcionando una visión detallada de las

condiciones que enfrentan los frutos secos en su trayecto desde el punto de origen hasta su destino final.

El alcance incluye el análisis de 6 viajes o rutas de transporte seleccionados en diferentes horas del día, para obtener un panorama integral de las condiciones a las que se exponen los frutos secos durante su distribución. De esta manera, se pretende identificar posibles áreas de mejora en el proceso logístico y proponer soluciones que optimicen el manejo y conservación de los productos, asegurando su calidad hasta que lleguen al consumidor final.

Este estudio no solo se limita a evaluar las condiciones de transporte, sino que también busca contribuir al conocimiento práctico sobre la implementación de sensores en la logística de distribución de productos perecederos, aportando recomendaciones específicas para "La Catrina Comercializadora" y otras empresas del sector. El alcance de la investigación permitirá desarrollar estrategias efectivas para minimizar los riesgos de deterioro durante el transporte, mejorando así la eficiencia logística y la satisfacción del cliente.

3.3 Diseño.

El diseño metodológico de esta investigación es no experimental, ya que no se realizará manipulación de las variables de estudio, sino que se observarán y analizarán en su entorno natural durante el proceso de transporte de frutos secos de la empresa "La Catrina Comercializadora". El enfoque no experimental es adecuado para este estudio, ya que el objetivo es medir y registrar las condiciones reales de temperatura, humedad y aceleración a las que se exponen las almendras y nueces durante su traslado en rutas de distribución, sin intervenir ni alterar el proceso logístico.

El Data Logger MSRI75 será utilizado como la herramienta principal de recolección de datos, registrando de manera continua y precisa las variables ambientales durante los viajes de transporte. La investigación se llevará a cabo

en los municipios de Calvillo, Aguascalientes, y Rincón de Romos, donde se analizarán las condiciones a lo largo de las rutas de distribución habituales de la empresa.

Al ser un diseño no experimental, el estudio se centra en observar y describir cómo las variables ambientales afectan la calidad y conservación de los frutos secos durante el transporte, permitiendo identificar patrones y correlaciones entre las condiciones registradas y el estado final de los productos. Esto proporcionará información valiosa para entender el impacto de las condiciones de transporte en la calidad de las mercancías y ayudará a identificar áreas de mejora para optimizar la logística de distribución de "La Catrina Comercializadora".

3.4 Universo o Población

El universo o población de este estudio está conformado por la totalidad de los viajes de transporte de frutos secos (almendras y nueces) que realiza la empresa "La Catrina Comercializadora" en sus rutas de distribución dentro de los municipios de Calvillo, Aguascalientes, y Rincón de Romos. Estos viajes constituyen la actividad de distribución de productos perecederos de la empresa y se caracterizan por su exposición a diversas condiciones ambientales que pueden influir en la calidad de los frutos secos durante su traslado.

La población incluye todos los vehículos de transporte utilizados por la empresa para la distribución de estos productos, así como las rutas específicas que recorren durante el proceso de entrega. Dado que "La Catrina Comercializadora" opera en múltiples rutas y durante diferentes horas del día, la población también abarca las variaciones climáticas y geográficas que podrían influir en las condiciones de transporte, como cambios en temperatura, humedad y vibraciones que afectan la integridad del producto.

El estudio tiene como objetivo principal monitorear y analizar estas condiciones utilizando el Data Logger MSR175 para identificar los factores que impactan la conservación de los frutos secos durante su traslado. Al abarcar la totalidad de los viajes de transporte, se busca obtener una visión representativa y detallada de las condiciones logísticas de la empresa y cómo estas influyen en la calidad del producto final que llega al consumidor.

3.5 Muestra

Para la selección de la muestra aleatoria de este estudio, se considerará el universo compuesto por todos los viajes de transporte de frutos secos (almendras y nueces) que realiza "La Catrina Comercializadora" en sus rutas de distribución dentro de los municipios de Calvillo, Aguascalientes, y Rincón de Romos. Se procederá de la siguiente manera:

Definición de la población

La población total está constituida por:

- Todos los vehículos de transporte utilizados por la empresa.
- Todas las rutas de distribución de los frutos secos.
- Los viajes que ocurren en diferentes condiciones ambientales, considerando variables como temperatura, humedad y vibraciones.

Determinación de la muestra

Para determinar una muestra adecuada para tu estudio con el sensor MSR175, podemos utilizar un muestreo probabilístico estratificado. Este tipo de muestreo es apropiado porque tienes varias rutas (estratos) y deseas analizar las variables de temperatura, humedad e impacto en cada una de ellas. El muestreo probabilístico estratificado asegura que las rutas estén representadas adecuadamente en el análisis de las variables críticas para la conservación de los frutos secos.

Pasos para calcular la muestra usando el muestreo estratificado:

1. Definir la población y los estratos:

La población sería el total de viajes realizados por las camionetas tipo van en las tres rutas de transporte.

Los estratos son las tres rutas de distribución que mencionadas.

2. Tamaño de la población total (N):

Debes conocer el número total de viajes realizados en un periodo determinado (por ejemplo, durante un mes o un año) en cada ruta.

Supongamos que la población total de viajes es $N=N_1+N_2+N_3$, donde N_1 , N_2 , N_3 , son los números de viajes en cada una de las rutas.

3. Determinación del tamaño de muestra (n):

Para calcular el tamaño de muestra de una población finita, se usa la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1 - p)}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * (1 - p)}$$

Donde:

N: tamaño de la población total.

Z: valor crítico del nivel de confianza (por ejemplo, 1.96 para un nivel de confianza del 95%).

p: proporción esperada de la población (si no tienes un valor estimado, usa 0.5, que es el más conservador).

e: margen de error permitido (por ejemplo, 5% o 0.05).

Bajo el criterio de que, en una semana, las tres rutas tienen los siguientes números de viajes:

- Ruta 1: $N_1=3$
- Ruta 2: $N_2=2$
- Ruta 3: $N_3=1$
- Total, de viajes $N=6$

Si deseamos un nivel de confianza del 95% ($Z=1.96$), una proporción $p=0.5$, y un margen de error del 5% ($e=0.05$), entonces el tamaño de muestra sería:

$$n = \frac{6 * 1.96^2 * 0.05 * (1 - 0.05)}{0.05^2 * (6 - 1) + 1.96^2 * 0.05 * (1 - 0.05)}$$

El tamaño total de la muestra calculado es de 5.92, lo que significa que se necesitaría una muestra de aproximadamente 6 viajes o rutas para el estudio. La distribución proporcional entre las rutas es la siguiente:

- Ruta 1 (N1 = 3): 2.96 ≈ 3 viajes.
- Ruta 2 (N2 = 2): 1.97 ≈ 2 viajes.
- Ruta 3 (N3 = 1): 0.99 ≈ 1 viaje.

3.7 Definición de variables

En el presente estudio, las variables a analizar son las que influyen en la conservación y calidad de los frutos secos (almendras y nueces) durante su transporte en la empresa "La Catrina Comercializadora". Estas variables se medirán utilizando el Data Logger MSR175, con el objetivo de identificar cómo afectan el proceso de logística de distribución. A continuación, se definen las variables principales del estudio:

Variables independientes

Temperatura durante el transporte.

Definición: Se refiere a los cambios en la temperatura a los que están expuestos los frutos secos durante su traslado en las rutas de distribución.

Unidad de medida: Grados Celsius (°C).

Instrumento de medición: Data Logger MSR175.

Rango esperado: Se espera medir temperaturas en un rango de -10°C a 50°C, dependiendo de las condiciones ambientales de la ruta y la temporada.

Humedad relativa durante el transporte.

Definición: Indica el nivel de humedad presente en el ambiente durante el traslado de los frutos secos.

Unidad de medida: Porcentaje de humedad relativa (%HR).

Instrumento de medición: Data Logger MSR175.

Rango esperado: Se espera un rango de 0% a 100% de humedad relativa.

Aceleración/Vibración durante el transporte.

Definición: Se refiere a los cambios en la aceleración o vibraciones experimentadas por la carga durante el transporte, que pueden impactar la integridad de los frutos secos.

Unidad de medida: g (gravedad terrestre, donde $1g = 9.8 \text{ m/s}^2$).

Instrumento de medición: Data Logger MSR175.

Rango esperado: Medición en un rango de 0g a 16g.

Variables Dependientes

Conservación de los frutos secos.

Definición: Estado final de calidad de las almendras y nueces al llegar al destino, que puede estar influenciado por las variaciones de temperatura, humedad y aceleración durante el transporte.

Indicadores de calidad: Apariencia, frescura, textura, y ausencia de signos de deterioro o daños.

Método de evaluación: Inspección visual y medición del porcentaje de productos dañados o afectados al finalizar el transporte.

Variables de Control

Ruta de transporte.

Definición: Las rutas específicas que recorren los vehículos de transporte de "La Catrina Comercializadora" dentro de los municipios de Calvillo, Aguascalientes, y Rincón de Romos.

Objetivo: Asegurar que las condiciones de transporte sean consistentes durante el estudio.

Tipo de vehículo de transporte.

Definición: Características y condiciones del vehículo utilizado para transportar los frutos secos (capacidad, sistema de refrigeración, y amortiguación).

Objetivo: Mantener la uniformidad en los vehículos utilizados para minimizar la variación que pueda afectar la conservación del producto.

3.8 Operacionalización de variables

Objetivo del estudio:

Analizar el impacto de las condiciones de temperatura, humedad y aceleración durante el transporte de nueces en camionetas tipo van, a través de tres rutas, para identificar su efecto en la conservación de los frutos secos.

Tabla 2

Tabla sobre operacionalización de variables para el monitoreo del transporte de nueces.

Variable	Definición Operacional	Escala de Medición	Instrumento de Medición
Temperatura	Se medirá la temperatura en grados Celsius (°C) a intervalos regulares durante el trayecto de las camionetas mediante el sensor MSR175.	Escala de intervalo (°C)	Sensor MSR175 (registro cada 5 min)
Humedad Relativa	Se medirá la humedad relativa (%) durante el transporte de las nueces a intervalos regulares utilizando el sensor MSR175.	Escala de razón (%)	Sensor MSR175 (registro cada 5 min)
Impacto (Aceleración)	Se registrarán las fuerzas de impacto en G (gravedad terrestre) mediante el	Escala de razón (G - gravedad)	Sensor MSR175 (registro continuo)

		sensor MSRI75 en los tres ejes (X, Y, Z) durante el trayecto.		
Ruta de transporte	de	Se asignará un código numérico para cada una de las tres rutas.	Nominal (Ruta 1, Ruta 2, Ruta 3)	Datos de la empresa y GPS
Duración del trayecto	del	Se registrará la duración en horas y minutos desde el inicio hasta el fin del trayecto.	Escala de razón (horas/minutos)	Datos del GPS y manual
Estado de la mercancía (nueces)	la	Se evaluará el estado de las nueces al finalizar el trayecto mediante inspección visual.	Ordinal (Dañado, Semidañado, Sin daño)	Inspección visual y análisis físico

Explicación de las variables.

1. Temperatura: Se medirá utilizando el sensor MSRI75 durante el transporte. Esta variable es fundamental ya que temperaturas elevadas o bajas pueden afectar la calidad y durabilidad de los frutos secos.
2. Humedad Relativa: La humedad afecta la conservación de los frutos secos. Valores altos de humedad pueden inducir moho o deterioro, mientras que valores muy bajos pueden secar excesivamente el producto.
3. Impacto (Aceleración): Esta variable mide los movimientos bruscos o golpes que las nueces puedan sufrir durante el transporte, lo cual puede causar daño físico.
4. Ruta de Transporte: Como se mencionó en el análisis previo, cada ruta tiene diferentes características y tiempos de trayecto, por lo que la comparación entre rutas permitirá identificar si alguna en particular afecta más los frutos secos.

5. Duración del Trayecto: Esta variable es importante para correlacionar con la temperatura y la humedad, ya que trayectos más largos podrían aumentar la exposición a condiciones adversas.
6. Estado de la Mercancía: Al final del trayecto, la calidad de las nueces será evaluada para verificar si las condiciones de transporte tuvieron un impacto negativo.

Relación entre variables.

El análisis del estudio evaluará cómo las variables de temperatura, humedad y aceleración (impacto) influyen en la calidad de las nueces al final del trayecto. Se investigará, específicamente, si las variaciones en estas tres variables a lo largo de las diferentes rutas tienen una correlación significativa con el estado final de la mercancía.

Esta operacionalización estructurará el análisis de tu tesis, asegurando que las variables estén claramente definidas y alineadas con el uso del sensor MSRI75 para la recolección de datos.

3.9 Técnicas de recopilación de datos

Instrumento de Medición

El instrumento de medición utilizado será el sensor MSRI75 Data Logger, el cual permite registrar simultáneamente múltiples variables ambientales y de movimiento. Este sensor cuenta con la capacidad de medir y almacenar datos de:

- Temperatura (rango de -20°C a $+65^{\circ}\text{C}$, precisión $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$).
- Humedad relativa (rango de 0% a 100%, precisión $\pm 2\%$).
- Aceleración (impacto) en los tres ejes (X, Y, Z) con una precisión de ± 0.015 g.

Procedimiento de Recopilación de Datos

1. Instalación del Sensor MSRI75 en la Carga:

Se colocará un sensor MSR175 dentro de cada camioneta, asegurando que esté directamente en contacto con el área donde están almacenadas las nueces. El sensor se ubicará de tal manera que registre las condiciones reales experimentadas por el producto.

La ubicación será en una caja representativa, seleccionada al azar para garantizar que las condiciones registradas reflejen las condiciones promedio del lote.

2. Configuración del Sensor.

El sensor se configurará previamente para registrar los datos de temperatura y humedad relativa cada 5 minutos a lo largo de todo el trayecto.

Las mediciones de aceleración se registrarán en tiempo real, especialmente para detectar cualquier evento de impacto significativo durante el trayecto (fuerzas G).

La duración del trayecto se registrará automáticamente a través de los intervalos de tiempo de las mediciones del sensor.

3. Recolección de Datos en las Seis Rutas:

- En cada viaje, se activará el sensor MSR175 al inicio del trayecto (antes de que la camioneta inicie su recorrido) y se desactivará al llegar al destino final, asegurando que se registre toda la información relevante.

4. Transferencia de Datos:

- Al final de cada trayecto, los datos recopilados por el sensor serán descargados mediante conexión USB a una computadora, utilizando el software proporcionado por el fabricante del sensor (MSR Software), que permite visualizar y exportar los datos en formatos compatibles con análisis estadísticos (CSV, Excel, etc.).
- Los datos de cada variable se exportarán y se almacenarán por separado para cada uno de los viajes en un formato estructurado, que permita su posterior análisis estadístico.

3.10 Diseño de instrumentos

El objetivo de diseñar los instrumentos en esta investigación es recopilar datos precisos y confiables que permitan evaluar cómo el monitoreo de variables ambientales clave (temperatura, humedad y vibración) influye en la calidad de los frutos secos durante el transporte. Estos instrumentos están diseñados para ser utilizados en conjunto con el data logger MSRI75 y servirán para recoger información en tiempo real y en diferentes condiciones de ruta.

Termómetro Digital Integrado con Data Logger MSRI75
Propósito: Medir la temperatura en tiempo real durante el transporte de los frutos secos.

Descripción: Este termómetro digital es capaz de registrar la temperatura dentro de los vehículos de transporte en intervalos definidos, lo que permite controlar posibles fluctuaciones fuera de los valores ideales para la conservación de frutos secos.

Rango de Medición: -20°C a 60°C (con precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$).

Frecuencia de Registro: Cada 10 minutos (ajustable según las necesidades).

Ubicación: Se instalará en el compartimento de carga del vehículo donde se transportan los frutos secos.

Uso: El instrumento se conectará al data logger MSRI75 para almacenar los datos en tiempo real, lo que facilitará la consulta inmediata si hay algún cambio inesperado.

Acelerómetro Integrado con Data Logger MSRI75

Propósito: Medir la aceleración y los impactos durante el transporte, especialmente en rutas irregulares.

Descripción: Este acelerómetro está diseñado para medir la aceleración y las vibraciones a las que se expone el vehículo durante el transporte. Las vibraciones excesivas pueden afectar la integridad del producto, especialmente si son recurrentes o de gran intensidad.

Rango de Medición: $\pm 16g$ (con precisión de $\pm 0.01g$).

Frecuencia de Registro: Cada 10 minutos o según eventos de aceleración.

Ubicación: Se instalará en el área de la carga del vehículo, sobre el piso o una superficie rígida donde las vibraciones puedan transmitirse efectivamente.

Uso: El acelerómetro se conectará al data logger MSR175 para registrar y almacenar los eventos de vibración e impacto, lo que permitirá el análisis posterior sobre el impacto de las condiciones de transporte en la calidad de los frutos secos.

3.11 Validación de instrumentos (jueceo, institucional externo)

Procedimiento de Jueceo:

Selección de Jueces Expertos: Se seleccionarán al menos tres expertos con experiencia en las áreas de logística, transporte de alimentos perecederos, y/o ingeniería de sensores. Los jueces deberán tener conocimiento en la interpretación de datos y en la aplicación de tecnologías para el monitoreo de condiciones ambientales.

3.12 Pilotaje

En primer lugar, se lleva a cabo una prueba de temperatura y humedad en el almacén de La Catrina Comercializadora, con el objetivo de determinar las condiciones ambientales en las que se almacenan los frutos secos.

Ilustración 1

Fotografía de almacén de La Catrina Comercializadora.



Nota. Fotografía proporcionada por La Catrina Comercializadora.

Ilustración 2

Almacén de productos a granel de La Catrina Comercializadora.



Nota. Fotografía proporcionada por La Catrina Comercializadora.

En segundo lugar, se llevará a cabo un monitoreo de las camionetas utilizadas para transportar la mercancía, con el objetivo de evaluar las condiciones en las que se trasladan los frutos secos y obtener un diagnóstico más preciso de la situación.

A continuación, se presenta una tabla con los datos específicos de las camionetas usadas para el transporte.

Tabla 3.

Ficha Técnica de Vehículos de Transporte de Mercancías de La Catrina

Comercializadora

Característica	Valores
Tipo	Van
Marca	Chevrolet
Modelo	Tornado Van 2024
Capacidad de Carga	650 kg
Volumen de área de carga	3.3 m ³
Aire acondicionado	Si
Dimensiones del área de carga	Largo: 2.1 m
	Ancho: 1.45 m
	Alto: 1.27 m

Nota: La información presentada en la tabla se obtuvo de los datos proporcionados por la marca del vehículo. Fuente: Chevrolet. (2024). Especificaciones de la Furgoneta Tornado Van 2024. Recuperado de <https://www.chevrolet.com.mx/vans-camiones/furgoneta-tornado-van-2024/especificaciones>

Ilustración 3.

Vista Interior Frontal de la Cabina de la Camioneta



Nota. Fotografía proporcionada por La Catrina Comercializadora.

Ilustración 4.

Perspectiva Exterior del Área de Carga de la Camioneta



Nota. Fotografía proporcionada por La Catrina Comercializadora.

Ilustración 5.

Vista Exterior del Área de Carga de la Camioneta.



Nota. Fotografía proporcionada por La Catrina Comercializadora.

3.13 Trabajo de campo

Análisis de los envases primarios.

Los envases primarios son aquellos que están en contacto directo con el producto y lo protegen de daños físicos, químicos, o ambientales. Para las nueces, los envases primarios utilizados son las cajas de cartón.

Ilustración 6.

Pales con cajas de nueces.



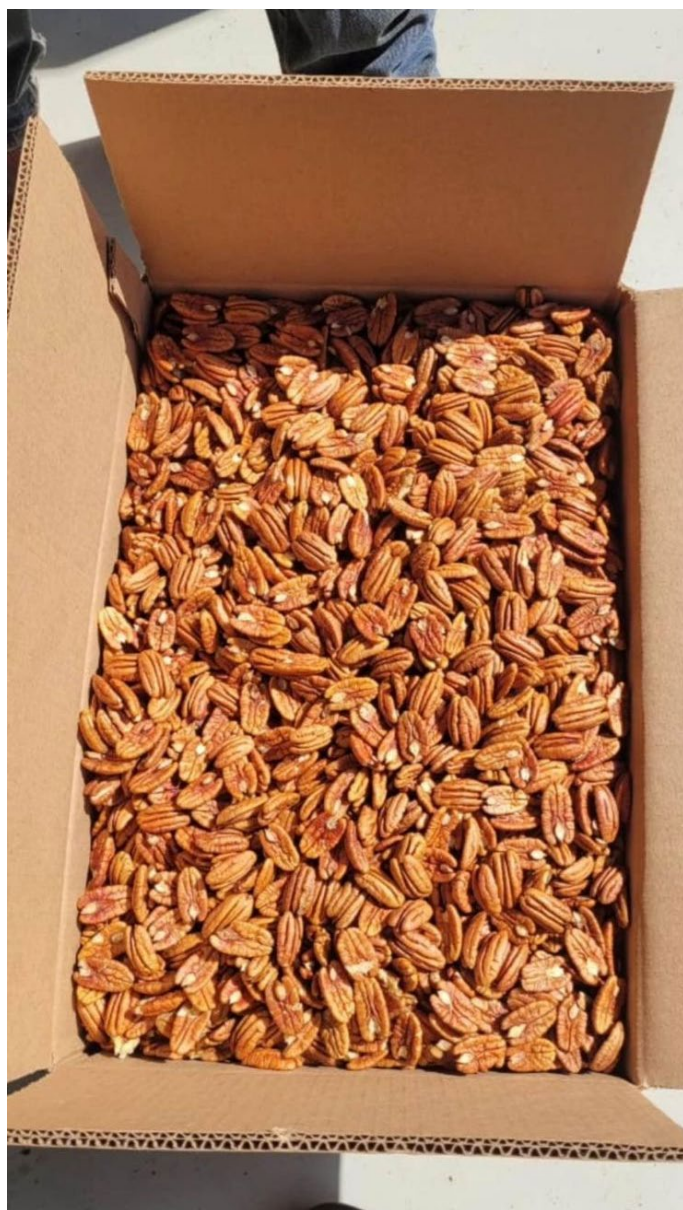
Nota: En la imagen se observa cómo las cajas de nueces son recibidas en el almacén de La Catrina Comercializadora.

Envase primario.

No visible directamente en la imagen, pero dado que se trata de nueces peladas en mitades, el envase primario podría ser una bolsa plástica de grado alimentario o una bolsa al vacío dentro de cada caja. Este envase tiene contacto directo con el producto y está diseñado para proteger las nueces de la contaminación, la humedad, y el deterioro.

Ilustración 7.

Caja con nueces enviadas por el proveedor principal de La Catrina Comercializadora.



Nota: Se observa que, al enviarse la mercancía en palés envueltos con film stretch, se omite el uso de bolsas de plástico para almacenar las nueces.

Tabla 4.

Ficha técnica sobre las condiciones de transporte y almacenamiento de los frutos secos (nueces).

Parámetro	Parámetro	Parámetro
Temperatura de transporte	Condiciones de temperatura para evitar humedad y rancidez.	25-30 °C
Humedad relativa	Nivel de humedad controlado para evitar la absorción de humedad y la formación de moho.	55-60%
Tipo de embalaje	Tipo de envase recomendado para proteger el producto durante el transporte.	Bolsas selladas al vacío o con atmósfera modificada.
Protección contra la luz	La exposición a la luz acelera el proceso de oxidación y puede deteriorar el producto.	Protección contra la luz, envase opaco o cajas.
Ventilación	Ventilación controlada para evitar acumulación de humedad.	Baja ventilación en empaques herméticos.

Duración máxima de transporte.	Tiempo máximo para mantener la calidad durante el transporte en las condiciones indicadas.	Hasta 15 días en condiciones óptimas.
Control de plagas	Medidas para prevenir infestaciones de insectos o roedores durante el transporte y almacenamiento.	Fumigación previa y uso de empaques cerrados.
Sensibilidad a la contaminación	Medidas para evitar el contacto con olores fuertes u otros productos.	Transporte separado o en contenedores sellados.
Seguridad alimentaria	Cumplimiento de normas de seguridad para evitar contaminación del producto.	Embalaje en instalaciones certificadas.

Nota. De elaboración propia, conforme a la información proporcionada por el proveedor de la materia prima.

Envases secundarios.

Cajas de cartón corrugado. Agrupan varias bolsas o recipientes de nueces. Proveen cierta resistencia a la compresión durante el transporte.

Ilustración 8.

Método de envasado y colocación del Data Logger.

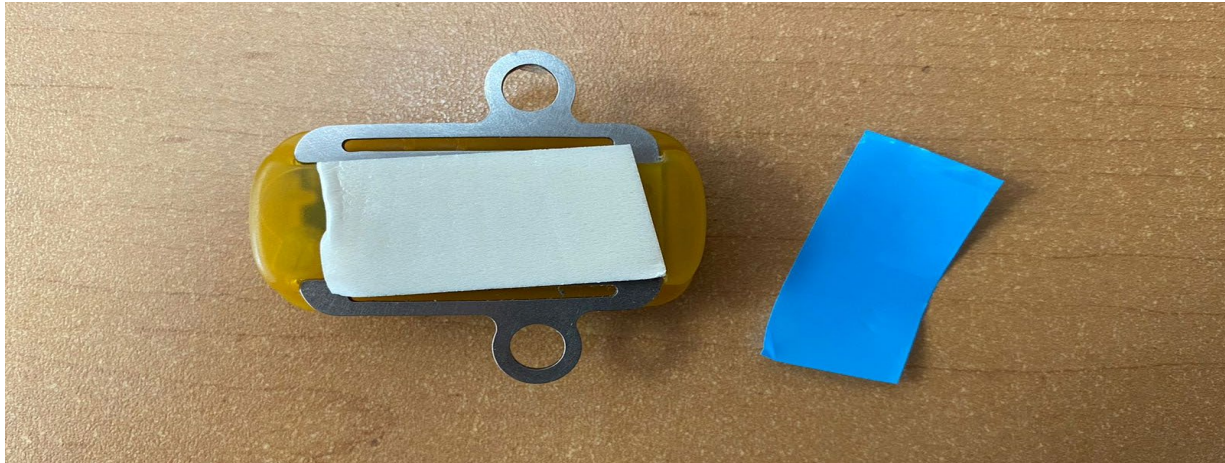


Nota. Fotografía proporcionada por La Catrina Comercializadora, en ella se muestra una de las cajas en las que se transportan los frutos secos.

Cabe resaltar que dadas las condiciones del empaque se optó por sujetar el Data Logger mediante el uso de cinta adhesiva doble cara, esto con la finalidad de no modificar la estructura y funcionalidad del envase.

Ilustración 9.

Método de sujeción de la data logger.



Envase terciario.

Palés. Permiten el agrupamiento de cajas o bolsas grandes, facilitando el transporte en montacargas.

Análisis de las Rutas de Distribución

Ruta Aguascalientes-Pabellón de Arteaga.

En la logística de distribución de nuestro estudio, se consideran tres rutas principales para el análisis y evaluación de nuestro proyecto.

Para un análisis detallado de las rutas en tu proyecto de logística de distribución, podemos considerar varias características clave para cada ruta que podrían influir en el uso y resultados de los sensores. Algunos aspectos clave que se consideraran en el estudio de la ruta destacan los siguientes.

1. Distancia y Duración del Trayecto.
 - Distancia total. Conocer la distancia exacta ayudará a calcular la duración del trayecto y a observar patrones en cambios de temperatura y aceleración.

- Tiempo estimado de transporte. Esto ayudará a relacionar cómo varían los factores de conservación de los frutos a lo largo de viajes de diferente duración.
2. Condiciones del Terreno y Tipo de Camino.
 - Pavimento vs. Terreno Irregular: La naturaleza del terreno puede influir en la aceleración, siendo relevante en la conservación de los frutos secos.
 - Altitud y Desnivel: Puede afectar la temperatura y condiciones de humedad, sobre todo si la ruta atraviesa áreas montañosas.
 3. Temperatura y Clima.
 - Zonas de alta o baja temperatura. Comparar si las rutas pasan por zonas climáticas que varían mucho en temperatura o si mantienen una temperatura constante.
 - Estacionalidad: Si las rutas varían en clima en distintas épocas del año, esto influirá en el tipo de datos que podrías recolectar.
 4. Condiciones de Humedad y Posibles Fuentes de Humedad.
 - Presencia de ríos o cuerpos de agua cercanos: Las rutas cercanas a cuerpos de agua pueden tener un mayor nivel de humedad.
 - Humedad en el ambiente: Rutas en climas más húmedos o secos aportarán datos clave para saber si se requieren ajustes en el almacenamiento o empaque de los productos.
 5. Velocidad y Paradas en el Trayecto.
 - Velocidad promedio: El cambio constante de velocidad podría causar variaciones en la aceleración y afectar la estabilidad de los frutos secos.
 - Número y duración de paradas: Algunas rutas podrían incluir paradas largas que alteren las condiciones de temperatura y humedad.
 6. Ubicación y Condiciones de Almacenamiento Intermedias.
 - Centros de distribución o almacenamiento: Si alguna de las rutas incluye una parada en centros de almacenamiento, sería relevante analizar cómo las condiciones de estos lugares afectan la conservación.

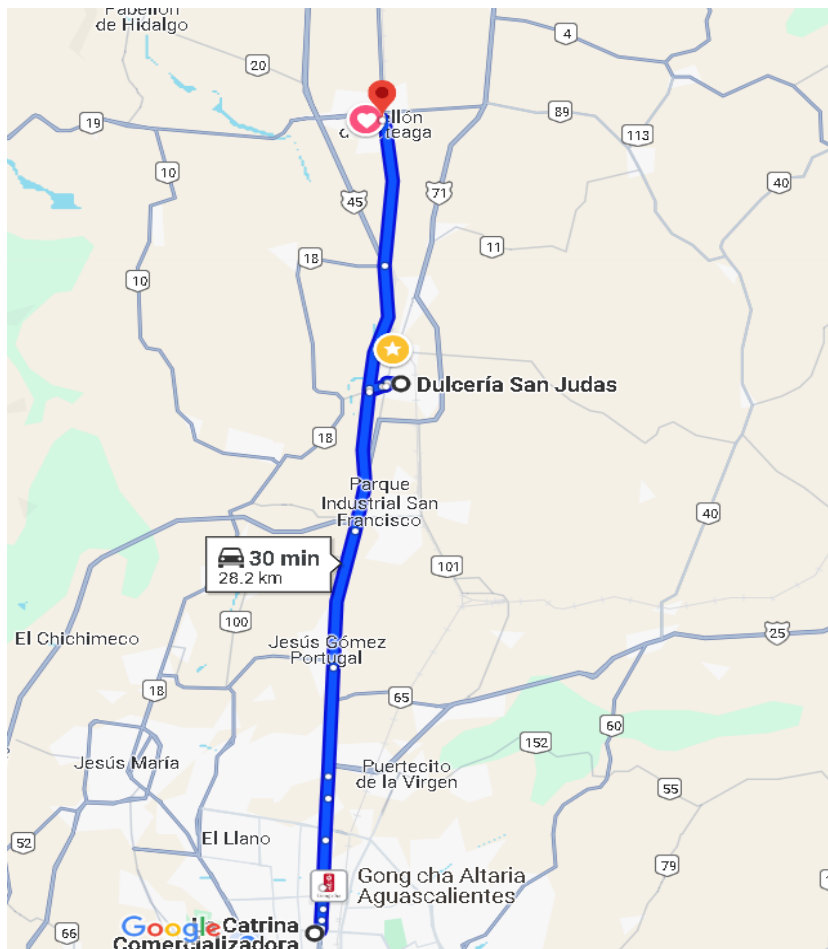
Ruta Aguascalientes-Pabellón de Arteaga.

Al ser la ruta más corta, con trayectos mayormente urbanos e industriales, es ideal para el transporte rápido donde se busca minimizar los cambios en las condiciones ambientales. Sin embargo, el tráfico y las posibles paradas en zonas urbanas pueden generar variabilidad en la duración del trayecto, afectando levemente la temperatura y la humedad.

Modificar (agregar paradas en ruta)

Ilustración 10.

Trayecto de la ruta Aguascalientes-Pabellón de Arteaga.



Fuente: Google. (2024). "Ruta de Google Maps de Aguascalientes a Pabellón de Arteaga".

Google Maps. <https://www.google.com/maps>.

Tabla 5.

Tabla con información técnica de la ruta Aguascalientes Pabellón de Arteaga.

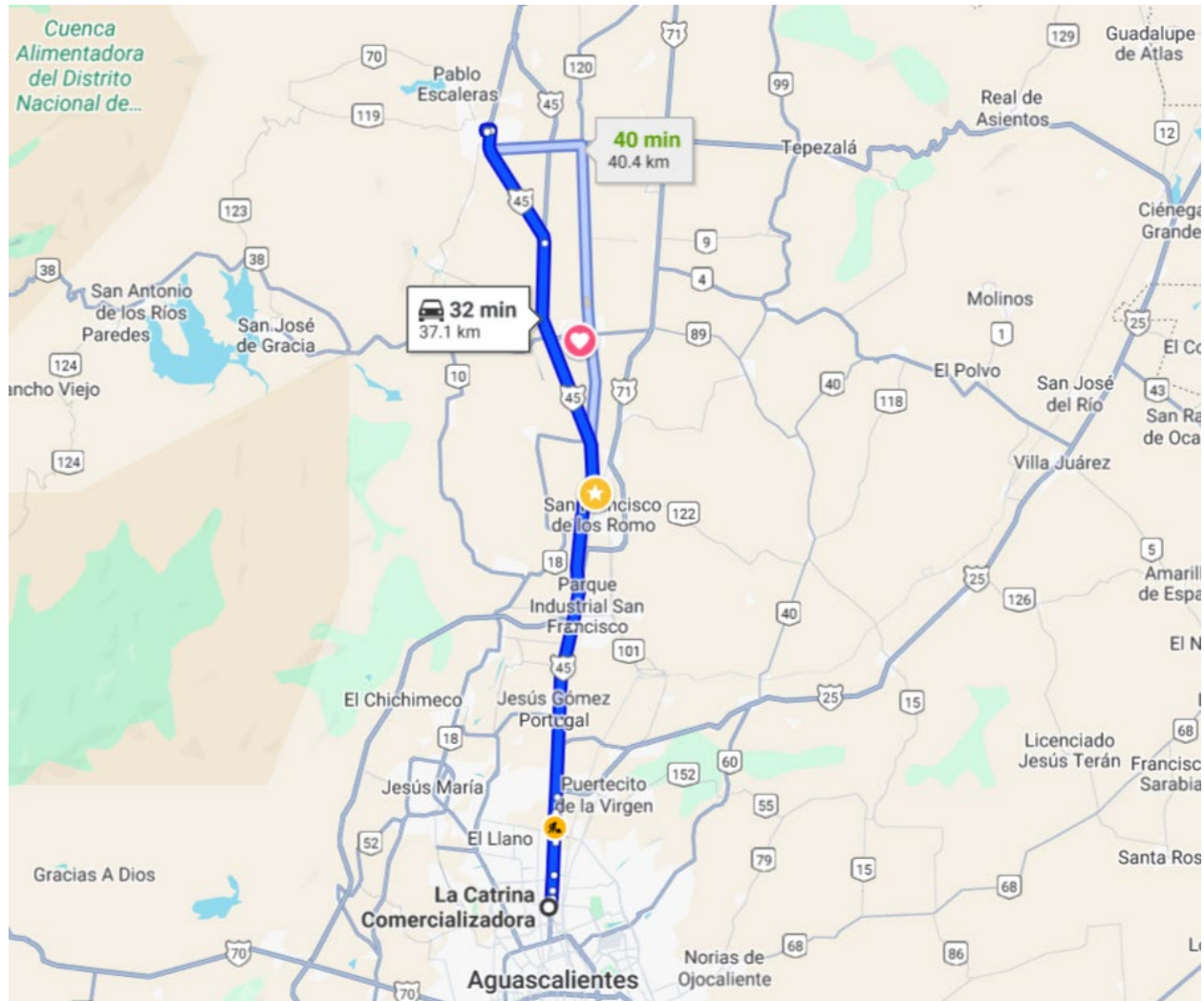
Aspecto	Análisis
Distancia y Duración	28.4 km, 29-31 minutos, trayecto corto, útil para control en condiciones constantes.
Condiciones del Terreno	Carretera pavimentada (Carretera 45), menos vibraciones, posible tráfico en zonas industriales.
Condiciones Ambientales	Zonas urbanas y rurales; clima seco en general, humedad puede aumentar en temporada de lluvias.
Velocidad y Paradas	Velocidad constante en su mayoría; posibles paradas en áreas industriales que afectan condiciones.
Almacenamiento Intermedio	Cercanía a parques industriales con posibles centros de distribución, relevantes para conservación.

Ruta Aguascalientes-Rincón de Romos.

Con una distancia y duración intermedias, esta ruta combina zonas urbanas, industriales y áreas rurales. Su variabilidad en terrenos y condiciones climáticas brinda una oportunidad de evaluar cómo los cambios de temperatura y humedad afectan a los frutos secos durante un tiempo de viaje moderado. La cercanía a áreas industriales sugiere la posibilidad de realizar paradas, lo cual puede ser relevante para controlar las condiciones de conservación.

Ilustración 11.

Ruta de distribución Aguascalientes- Rincón de Romos.



Fuente: Google. (2024). "Ruta de Google Maps de Aguascalientes a Rincón de Romos".

Google Maps. <https://www.google.com/maps>.

Tabla 6.

Análisis de las condiciones de la Ruta Aguascalientes-Rincón de Romos.

Aspecto	Análisis
	37.1 km (opción más rápida), entre
Distancia y Duración	32 y 40 minutos. Ruta más larga en comparación con la primera.
Condiciones del Terreno	Carretera pavimentada (Carretera 45), con posibles áreas de tráfico cerca de zonas urbanas e industriales.
Condiciones Ambientales	Incluye áreas urbanas, rurales y cercanas a zonas montañosas. Clima potencialmente variable, con temperaturas estables en áreas rurales y humedad moderada en épocas de lluvia.
Velocidad y Paradas	Velocidad constante posible en gran parte del trayecto; posible desaceleración cerca de zonas industriales y poblaciones.
Almacenamiento Intermedio	Ruta cercana a áreas industriales y comerciales, lo cual podría

implicar paradas para distribución
en puntos de almacenamiento.

Ruta Aguascalientes-Calvillo

Al ser la más larga y rural, esta ruta permite analizar el impacto de un trayecto prolongado en la conservación de los frutos secos. La estabilidad en la velocidad y la menor influencia de factores urbanos reducen la fluctuación en la aceleración, lo que es favorable para la integridad de los productos. Sin embargo, las condiciones de altitud y las variaciones de temperatura a lo largo de esta ruta presentan un desafío que puede afectar la calidad de los frutos secos en recorridos más extensos.

Ilustración 12.

Recorrido de la Ruta Aguascalientes-Calvillo.



Fuente: Google. (2024). “Ruta de Google Maps de Aguascalientes a Calvillo”. Google Maps. <https://www.google.com/maps>.

Tabla 7.

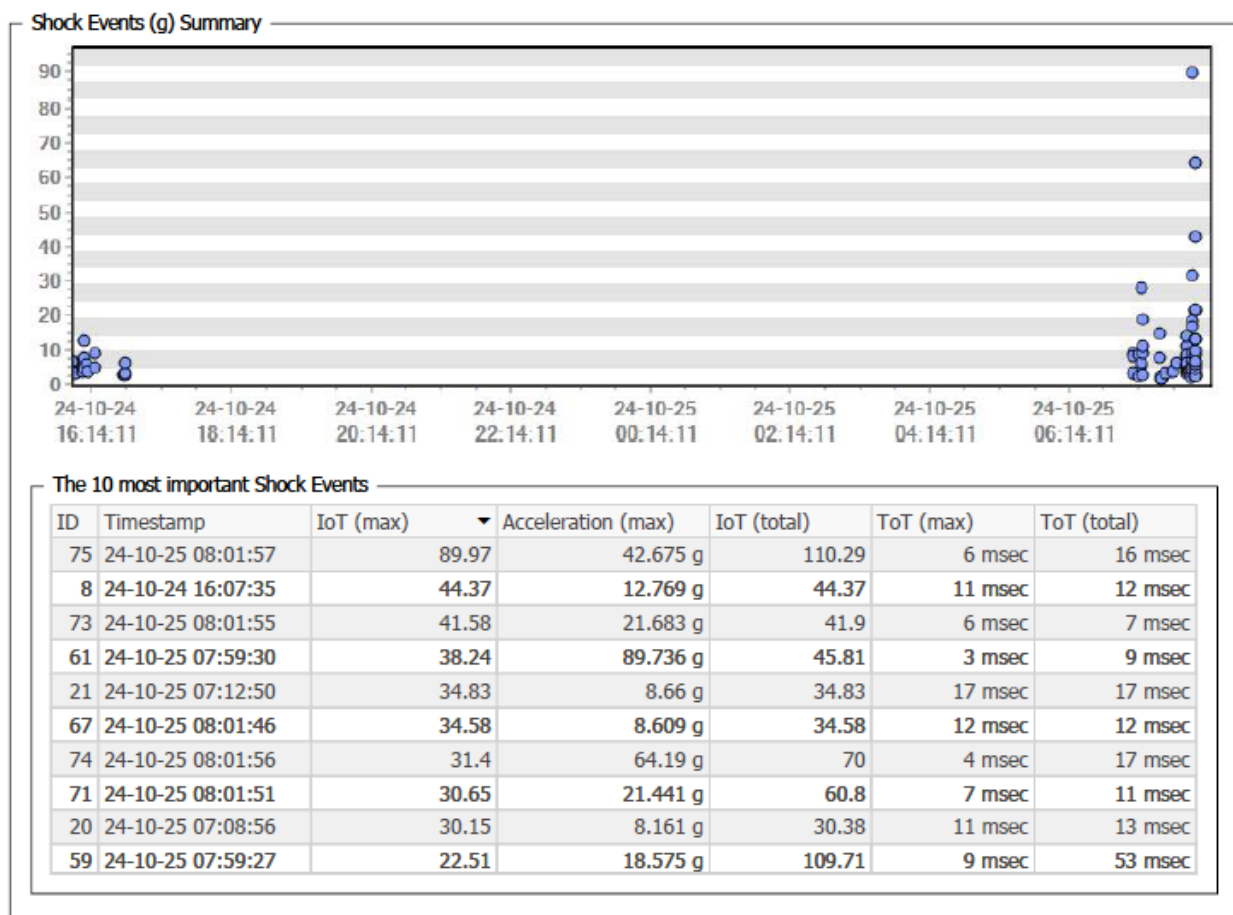
Tabla de las condiciones del recorrido de la ruta Aguascalientes-Calvillo.

Aspecto	Análisis
Distancia	55.3 km, con una duración estimada de 52 a 56 minutos. Es la ruta más larga hasta ahora, lo que permite evaluar la conservación en un trayecto prolongado.
Duración	
Condiciones del Terreno	Carretera pavimentada (incluyendo la Carretera 70), con un trayecto que pasa por zonas rurales y áreas con menos tráfico urbano.
Condiciones Ambientales	Atraviesa áreas rurales y zonas de colinas, donde las condiciones climáticas pueden variar, especialmente en altitud y temperatura. Clima seco predominante, con posibles fluctuaciones de temperatura en altitudes elevadas.
Velocidad	Probabilidad de mantener una velocidad constante en la mayor parte del trayecto; la duración permite un análisis detallado de los efectos de temperatura y aceleración en condiciones prolongadas.
Paradas	
Almacenamiento Intermedio	No se observan centros de distribución intermedios significativos en esta ruta, pero la cercanía a áreas rurales permite estudiar cómo afecta un ambiente menos urbanizado en la conservación de los frutos secos.

Recorrido 1. Aguascalientes-Pabellón de Arteaga.

Ilustración 13.

Análisis de los impactos en el trayecto.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSRI75.

Eventos de Choque o Impacto

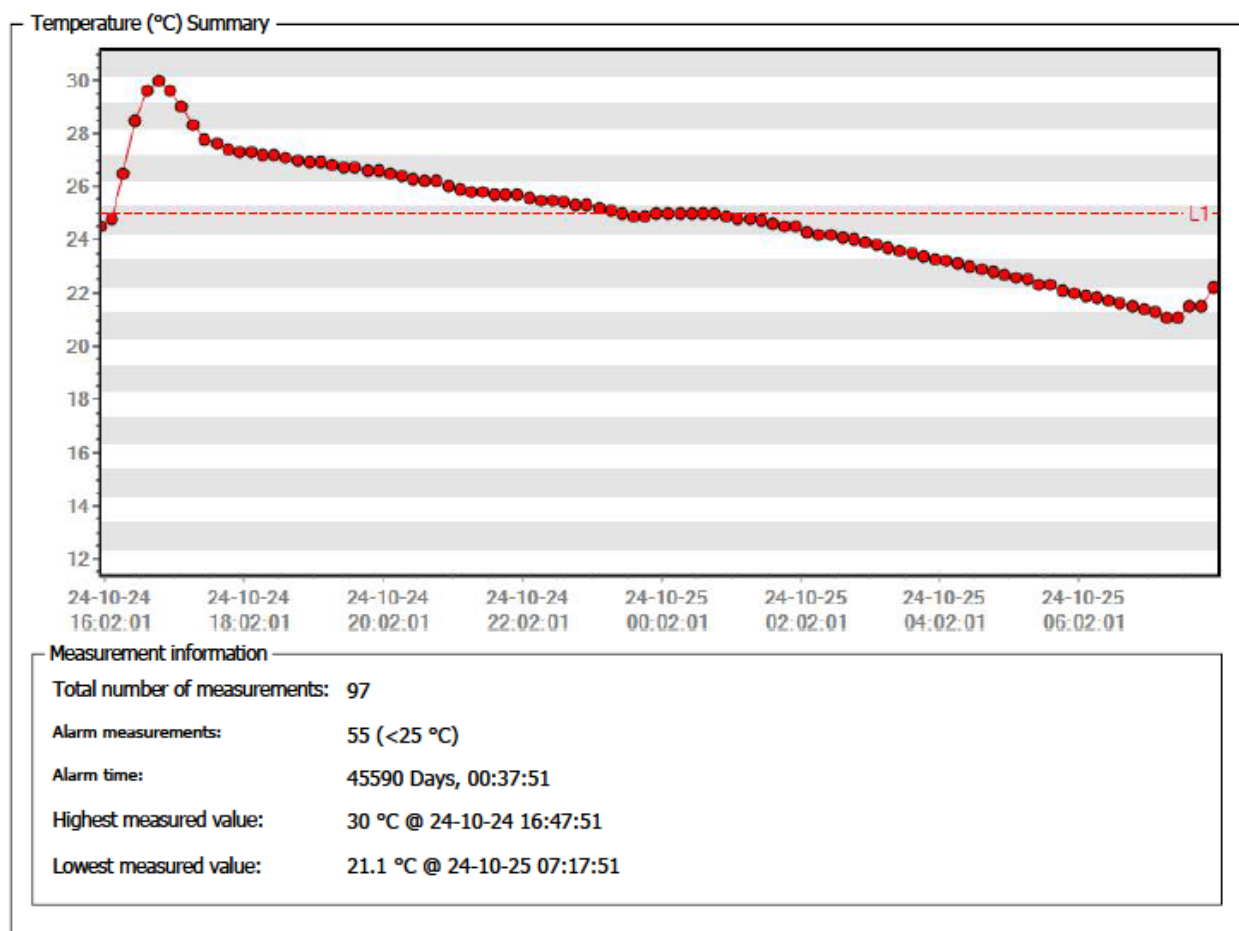
Se registraron 77 eventos de choque con una intensidad total de 925.62 g. El evento de mayor intensidad ocurrió el 25 de octubre a las 08:01:57, alcanzando los 42.675 g. Otros impactos relevantes se registraron el 24 de octubre a las 16:07, con un máximo de 44.37 g.

Estos picos de aceleración indican que el transporte experimentó momentos de impacto considerables, lo cual podría ser resultado de condiciones del

camino irregulares o maniobras bruscas que pueden afectar la estabilidad del producto transportado.

Ilustración 14.

Grafica de análisis de la temperatura en la ruta Aguascalientes-Pabellón.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

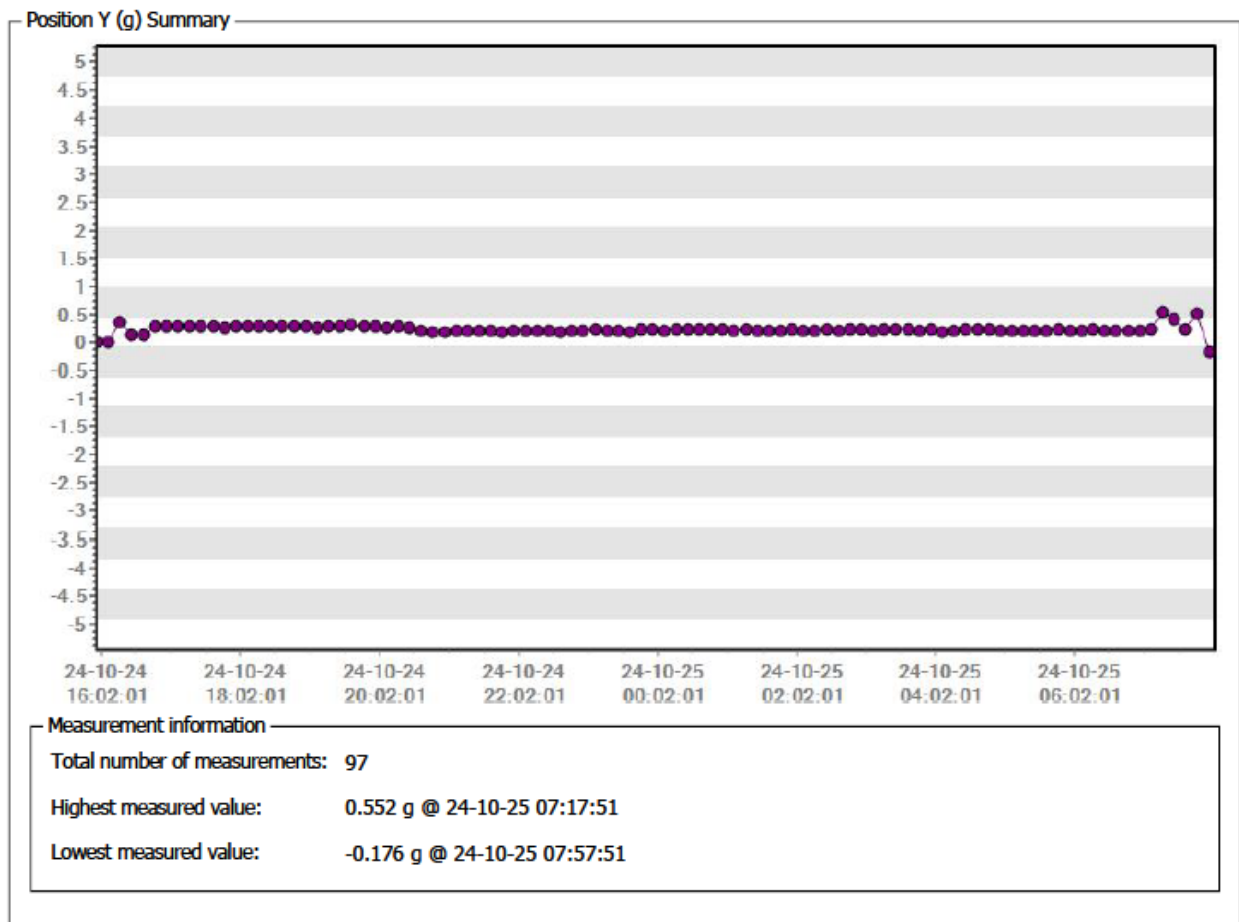
Temperatura

La temperatura máxima alcanzada fue de 30 °C, registrada el 24 de octubre a las 16:47, y la mínima fue de 21.1 °C el 25 de octubre a las 07:17. Durante esta misión, se activó una alarma al superar los 25 °C, permaneciendo en estado de alerta por un tiempo prolongado (45590 días, posiblemente un error de registro o interpretación).

Aunque la temperatura máxima no es extrema, la exposición constante a temperaturas superiores a 25 °C podría impactar la calidad de productos sensibles al calor, como los frutos secos.

Ilustración 15.

Análisis del movimiento durante el trayecto.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

Posición

En cuanto a la posición en los ejes X, Y y Z, se observaron variaciones en la aceleración. La mayor aceleración en el eje X fue de 0 g (sin cambio), y la menor fue de -1.032 g, lo cual sugiere momentos de desaceleración. En el eje Y, se registraron picos de 0.552 g y -0.176 g, mientras que en el eje Z, el valor máximo fue 0.424 g y el mínimo -0.144 g.

Estas variaciones en los ejes indican movimientos normales dentro de las condiciones de transporte, aunque ciertos picos negativos pueden corresponder a maniobras o cambios bruscos en el trayecto.

Análisis General.

Durante el transporte en la Ruta 1, se registraron 77 eventos de choque, alcanzando una intensidad total de 925.62 g, con el impacto más fuerte de 42.675 g el 25 de octubre a las 08:01:57. Este tipo de eventos nos indica que el vehículo experimentó momentos de impacto significativos, probablemente causados por condiciones del camino irregulares o maniobras bruscas. Estas aceleraciones repentinas representan un riesgo importante, ya que pueden comprometer la estabilidad y el estado del producto transportado.

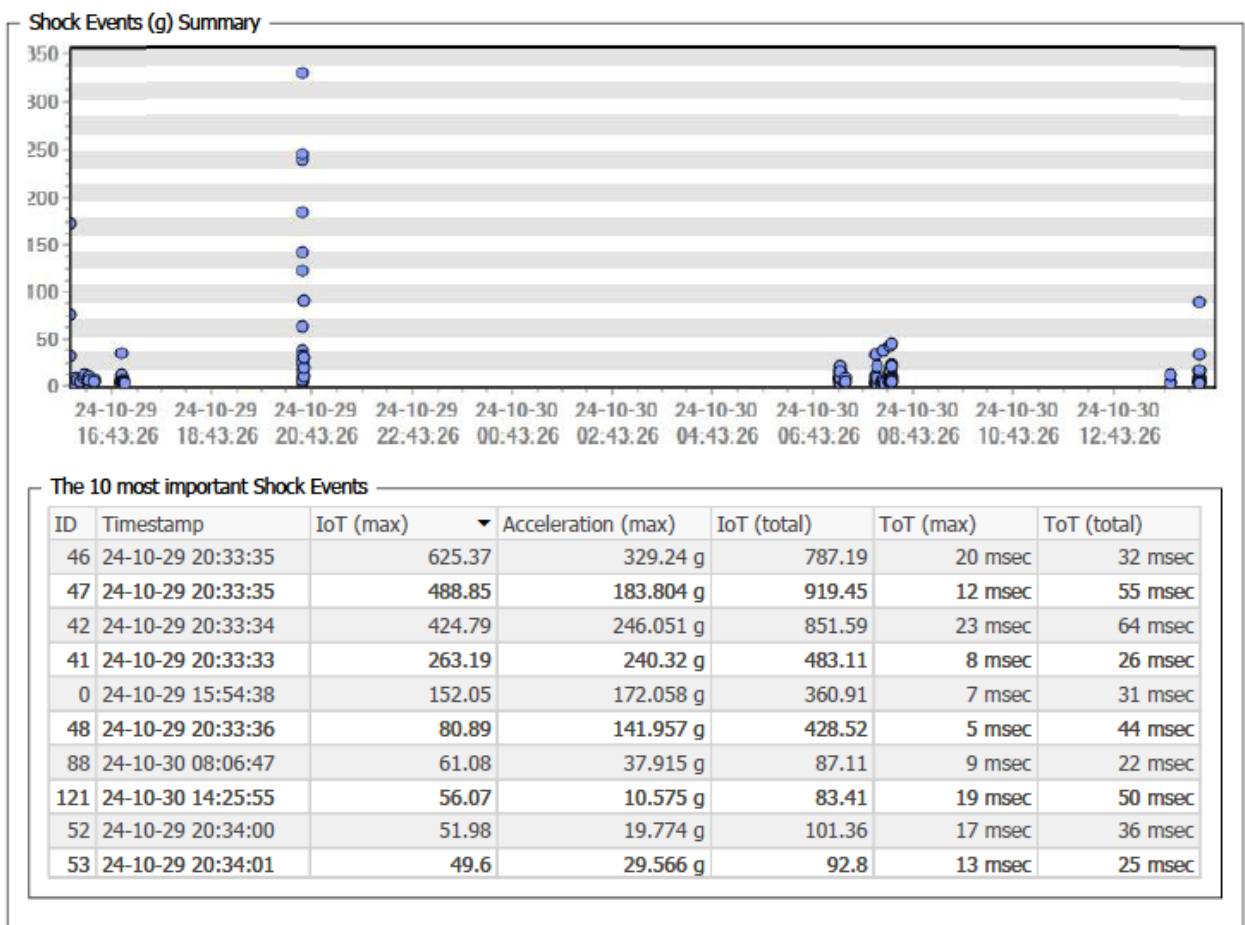
En cuanto a las condiciones de temperatura, la máxima registrada fue de 30 °C y la mínima de 21.1 °C. Aunque no se alcanzaron temperaturas extremas, la exposición prolongada a valores superiores a 25 °C activó una alarma, lo cual es relevante para la conservación de productos sensibles al calor, como los frutos secos. Además, se detectaron variaciones menores en la aceleración de los ejes X, Y y Z, reflejando movimientos de transporte normales, aunque ciertos picos negativos podrían estar relacionados con maniobras bruscas. Por lo que se sugiere implementar medidas de amortiguación y optimizar la ventilación o el tiempo de exposición a temperaturas elevadas podría mejorar la conservación del producto y reducir el riesgo de daño.

Recorrido 2. Aguascalientes-Pabellón de Arteaga.

El análisis del archivo de la ruta de transporte en Pabellón, medido con el datalogger MSR175, revela varios fenómenos significativos en términos de aceleración (impactos), temperatura y posición, que afectan potencialmente la calidad de los productos transportados.

Ilustración 16.

Análisis de impactos durante el recorrido de la ruta Aguascalientes-Pabellón.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSRI75.

Eventos de Choque o Impacto

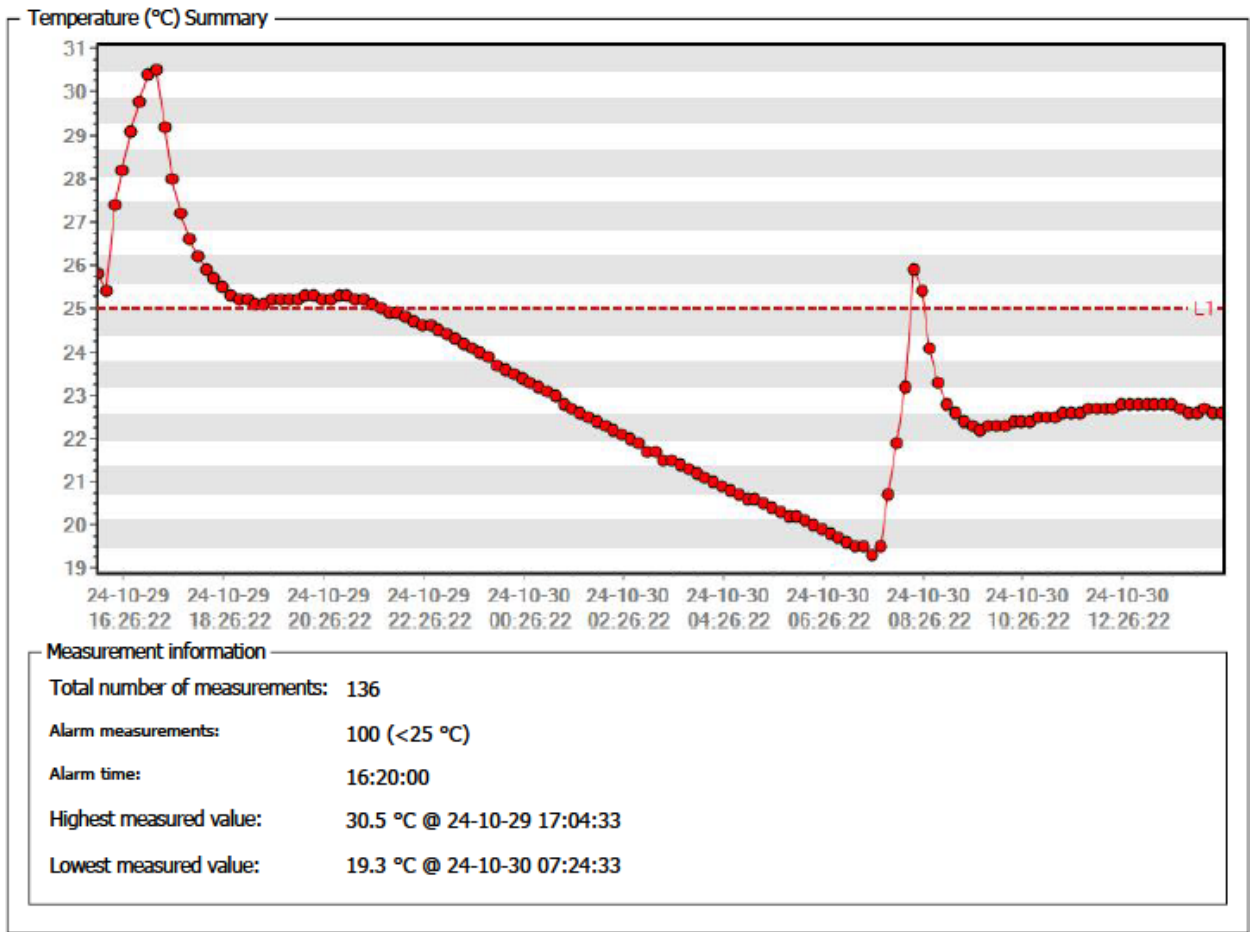
Se detectaron 133 eventos de choque, con intensidades notables en momentos específicos, principalmente el 29 de octubre entre las 20:33 y las 20:34. La aceleración máxima registrada fue de 329.24 g, un valor considerable que indica un impacto fuerte que podría afectar la integridad del producto.

La mayoría de los eventos más intensos ocurrieron en un corto período, lo cual sugiere situaciones como frenadas o impactos repetidos, posiblemente debido a condiciones del camino o maniobras bruscas.

Capacitación Del Personal Para El Correcto Levantamiento De Datos.

Ilustración 17.

Análisis de la temperatura en recorrido dos de Aguascalientes-Pabellón de Arteaga.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

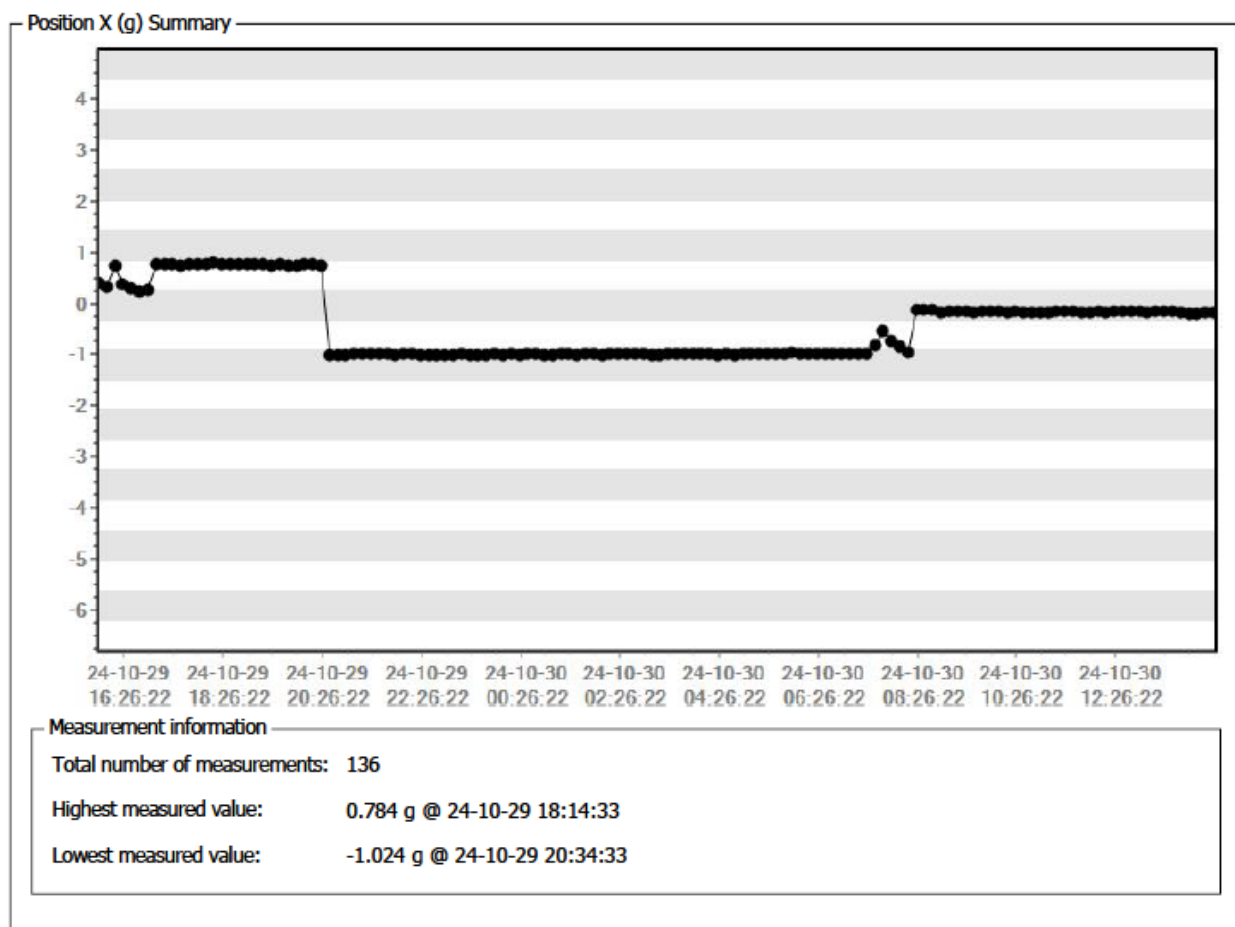
Temperatura

La temperatura máxima fue de 30.5 °C, registrada el 29 de octubre a las 17:04, mientras que la mínima fue de 19.3 °C el 30 de octubre a las 07:24. Estas fluctuaciones indican que, aunque hubo una alarma por alta temperatura (más de 25 °C) durante 16 horas y 20 minutos, los valores permanecen relativamente moderados.

La exposición prolongada a temperaturas superiores a 25 °C podría influir en la calidad de conservación de productos sensibles al calor, como los frutos secos, aunque no llegó a temperaturas extremas.

Ilustración 18.

Análisis de los movimientos durante el trayecto.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

Posición

Las posiciones en los ejes X, Y y Z muestran que hubo variaciones menores en la aceleración en cada uno de estos ejes, con un máximo de 0.784 g en el eje X y -1.096 g en el eje Z. Estos cambios son consistentes con movimientos

normales de transporte, aunque los picos negativos indican momentos de desaceleración o cambios de dirección.

Análisis General.

Los choques detectados representan los eventos de mayor riesgo, ya que los impactos a alta intensidad pueden comprometer la calidad del empaque y, potencialmente, la integridad de los frutos secos.

Las temperaturas, aunque ligeramente elevadas, se mantienen dentro de un rango controlado, lo cual minimiza el riesgo de deterioro del producto, aunque una reducción en el tiempo de exposición a valores por encima de 25 °C sería ideal.

Las variaciones en posición son normales en un entorno de transporte y no parecen presentar un riesgo significativo.

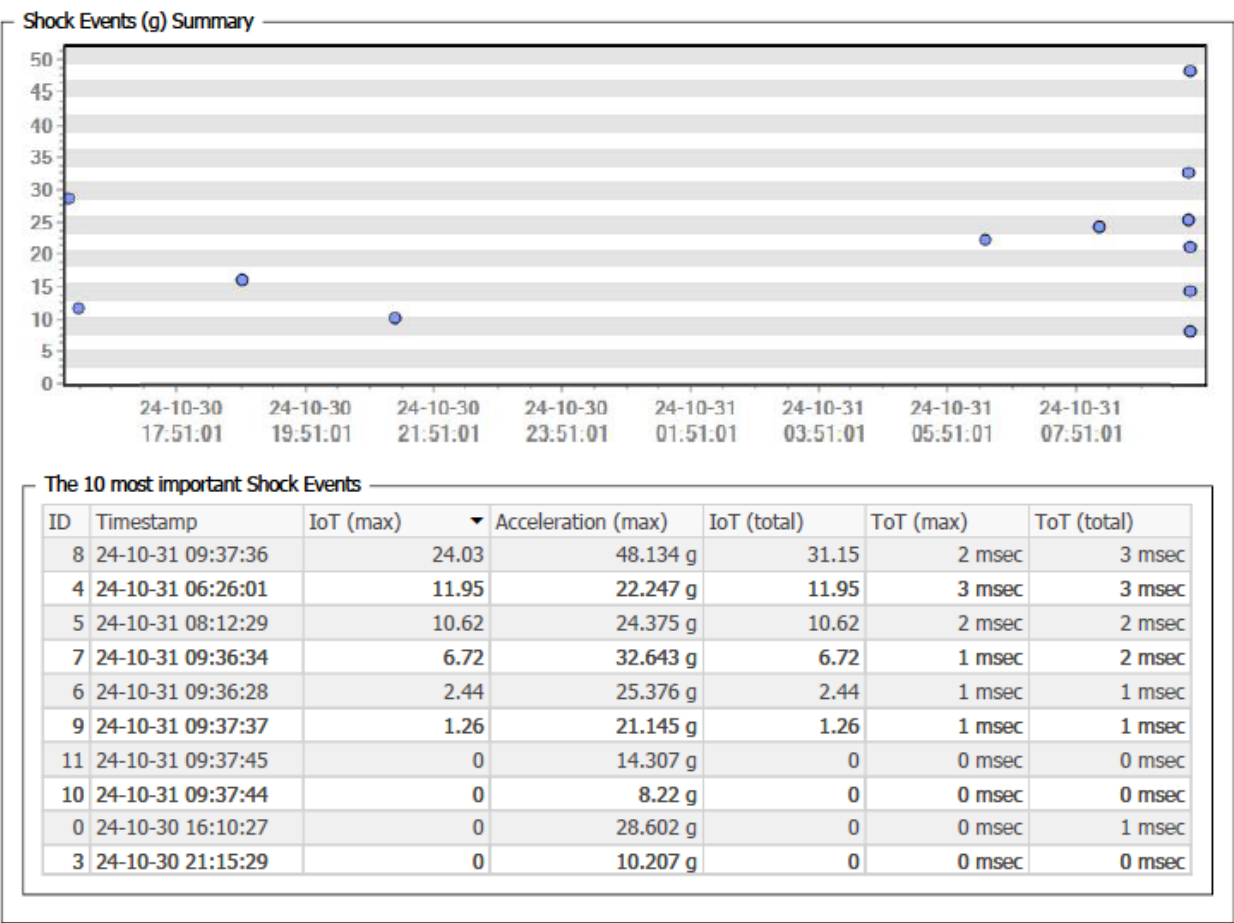
Este análisis sugiere que sería beneficioso optimizar las condiciones de amortiguación en el transporte para mitigar el impacto de choques intensos y evitar exposiciones prolongadas a temperaturas cercanas al umbral de alarma.

Recorrido 3. Aguascalientes-Rincón de Romos.

El análisis de la información recolectada mediante el datalogger MSR175 en el recorrido 3 (Rincón de Romos) revela varias observaciones importantes. Se registraron 12 eventos de choque con una intensidad total de 64.14 g, destacándose un evento significativo con una aceleración máxima de 48.134 g el 31 de octubre a las 09:37:36. Los restantes eventos de choque mostraron aceleraciones entre 8.22 g y 28.602 g, indicando variaciones en la intensidad de los impactos a lo largo del recorrido, lo cual podría representar riesgos para la integridad de los frutos secos transportados debido a los niveles de aceleración alcanzados.

Ilustración 19.

Análisis de impactos en el recorrido Aguascalientes-Rincón de Romos.

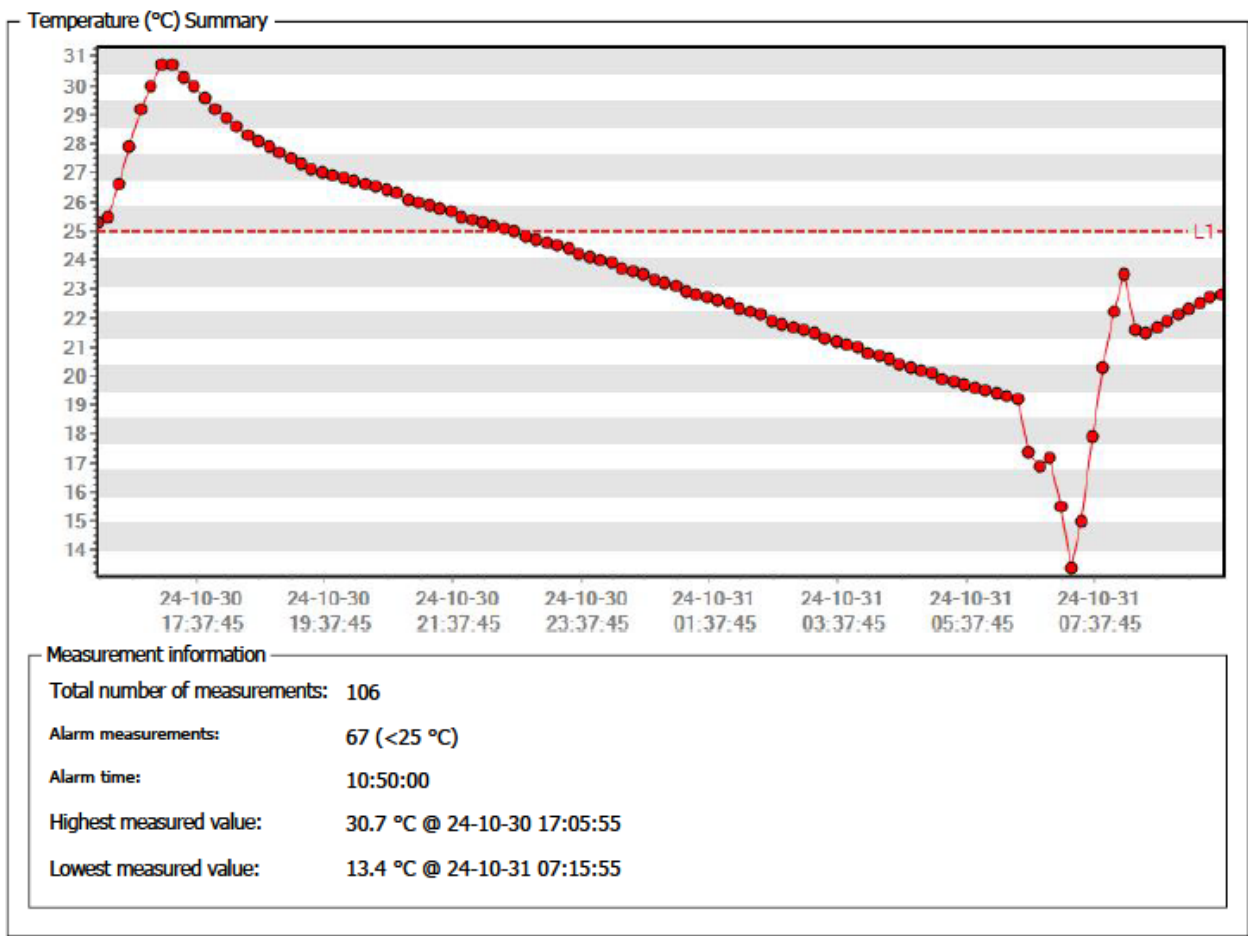


Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSRI75.

En cuanto a la temperatura, se realizaron 106 mediciones, con valores que oscilaron entre 13.4 °C, registrado el 31 de octubre a las 07:15:55, y un máximo de 30.7 °C el 30 de octubre a las 17:05:55. Con 67 mediciones por debajo de los 25 °C, las condiciones térmicas fueron relativamente controladas; sin embargo, la variabilidad entre el día y la noche podría afectar la conservación de los frutos secos, ya que temperaturas elevadas pueden reducir su vida útil.

Ilustración 20.

Análisis de la temperatura en el recorrido tres, correspondiente a la ruta Aguascalientes-Rincón de Romo.

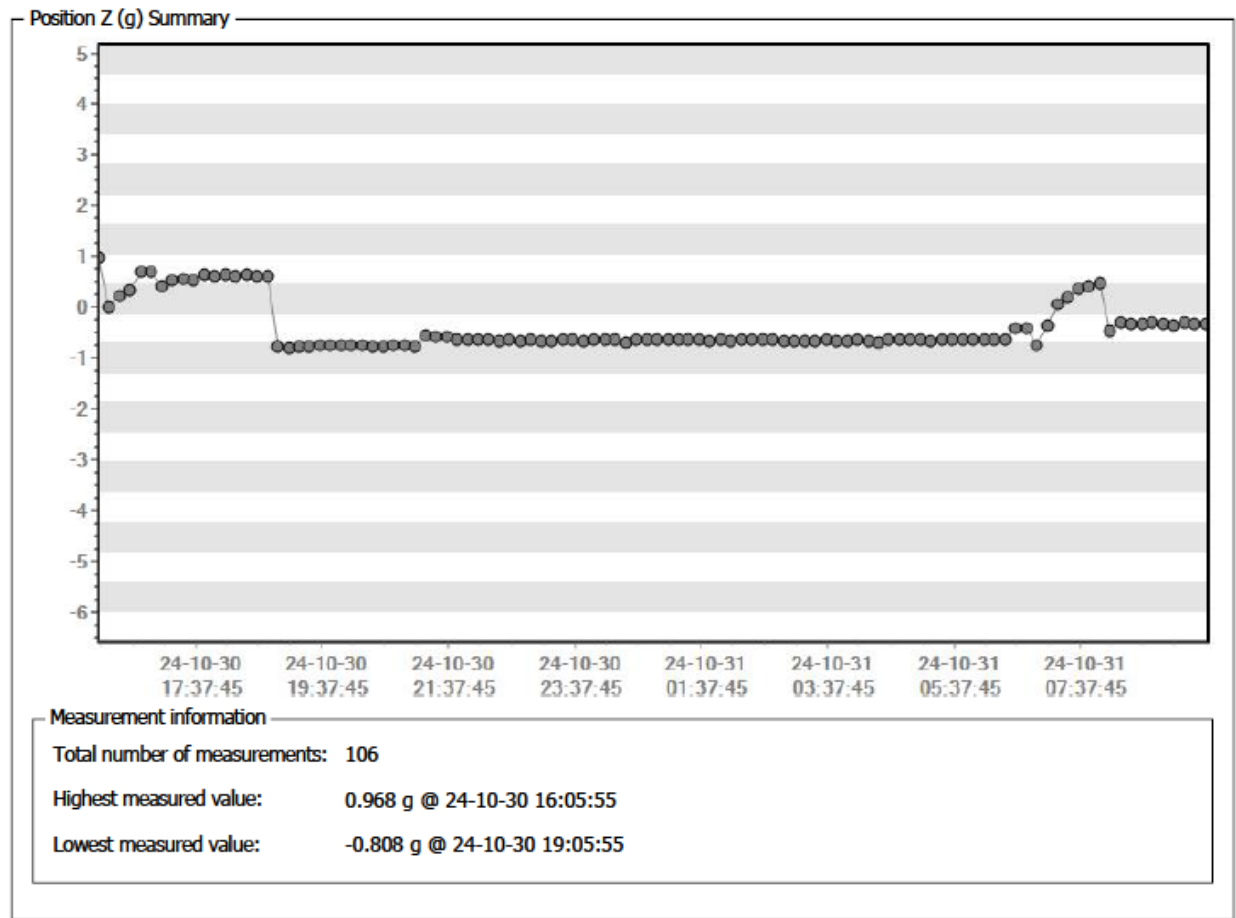


Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

Respecto a la aceleración en los ejes X, Y y Z, se observaron valores máximos y mínimos controlados, con la mayor aceleración en el eje Z de 0.968 g el 30 de octubre a las 16:05:55 y la mínima de -0.808 g el mismo día a las 19:05:55. Aunque las variaciones en los ejes fueron relativamente estables, el análisis de choque sigue siendo una variable crítica debido a su impacto potencial en la carga.

Ilustración 21.

Análisis de los movimientos durante el trayecto.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

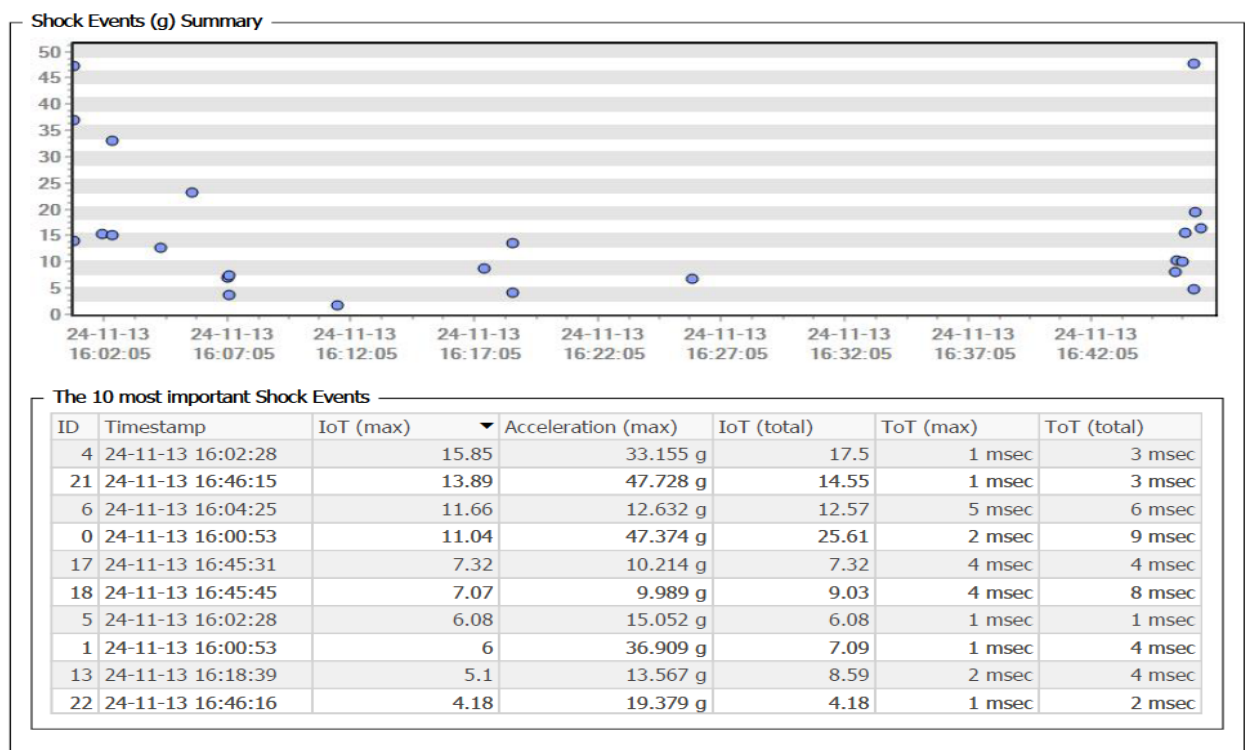
Finalmente, el informe no proporcionó valores específicos de humedad, lo que nos indica la necesidad de una configuración adicional o un registro más detallado para futuros análisis. En conclusión, este monitoreo resalta la importancia de controlar tanto las condiciones ambientales como los eventos de choque durante el transporte. La implementación de protección adicional en el embalaje podría ayudar a amortiguar los impactos y mantener la calidad de los frutos secos en condiciones óptimas durante el trayecto.

Recorrido 4. Aguascalientes-Calvillo.

El informe de la misión “Ruta 10 Ags-Calvillo” fue registrado mediante el datalogger MSR175, configurado para capturar datos de aceleración, luz, temperatura, humedad, presión y posición GPS. La misión tuvo lugar el 13 de noviembre de 2024, comenzando a las 16:00:50 y finalizando a las 16:46:31, acumulando un total de 24 eventos con una intensidad de 122.61 g. La aceleración máxima registrada fue de 47.728 g, ocurriendo a las 16:46:15, mientras que el valor más alto de temperatura fue de 30.2 °C a las 16:40:50. Los valores extremos en las posiciones fueron de 0.832 g en X, 1.664 g en Y y 0.648 g en Z. Este informe proporciona una visión detallada de las condiciones experimentadas durante el trayecto, permitiendo un análisis de los impactos y fluctuaciones térmicas a lo largo de la ruta.

Ilustración 22.

Análisis de la aceleración en la ruta Aguascalientes-Calvillo.

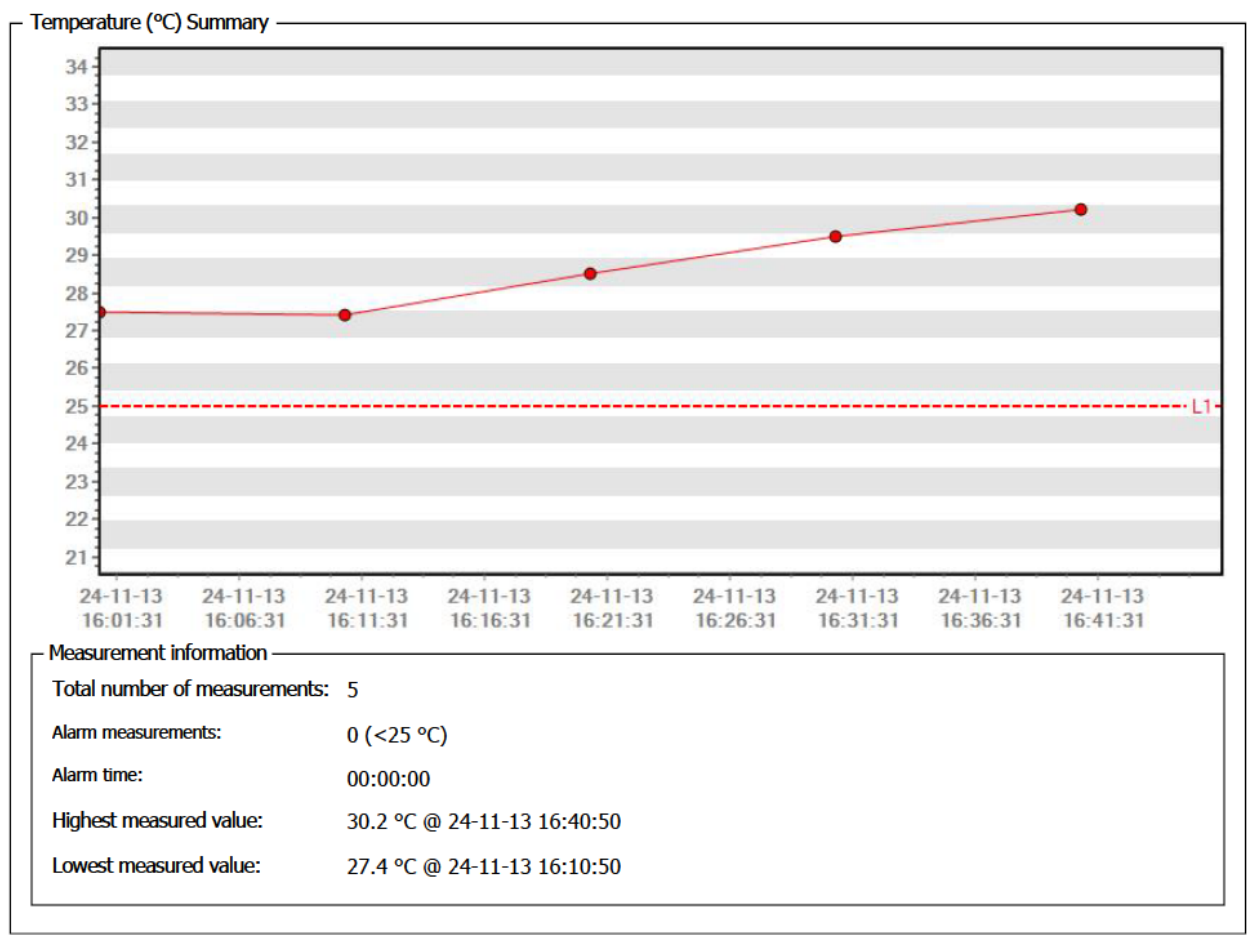


Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

Respecto a la temperatura, se observaron fluctuaciones entre 16 °C y un máximo de 31.3 °C. La temperatura excedió los 25 °C durante un período acumulado de 12 horas, activando una alarma de exposición prolongada a calor, lo cual puede afectar negativamente a productos sensibles al calor. Esta exposición se dio principalmente en la tarde del 31 de octubre, alcanzando el valor más alto a las 16:55.

Ilustración 23.

Análisis de la temperatura durante el recorrido de Aguascalientes a Calvillo.



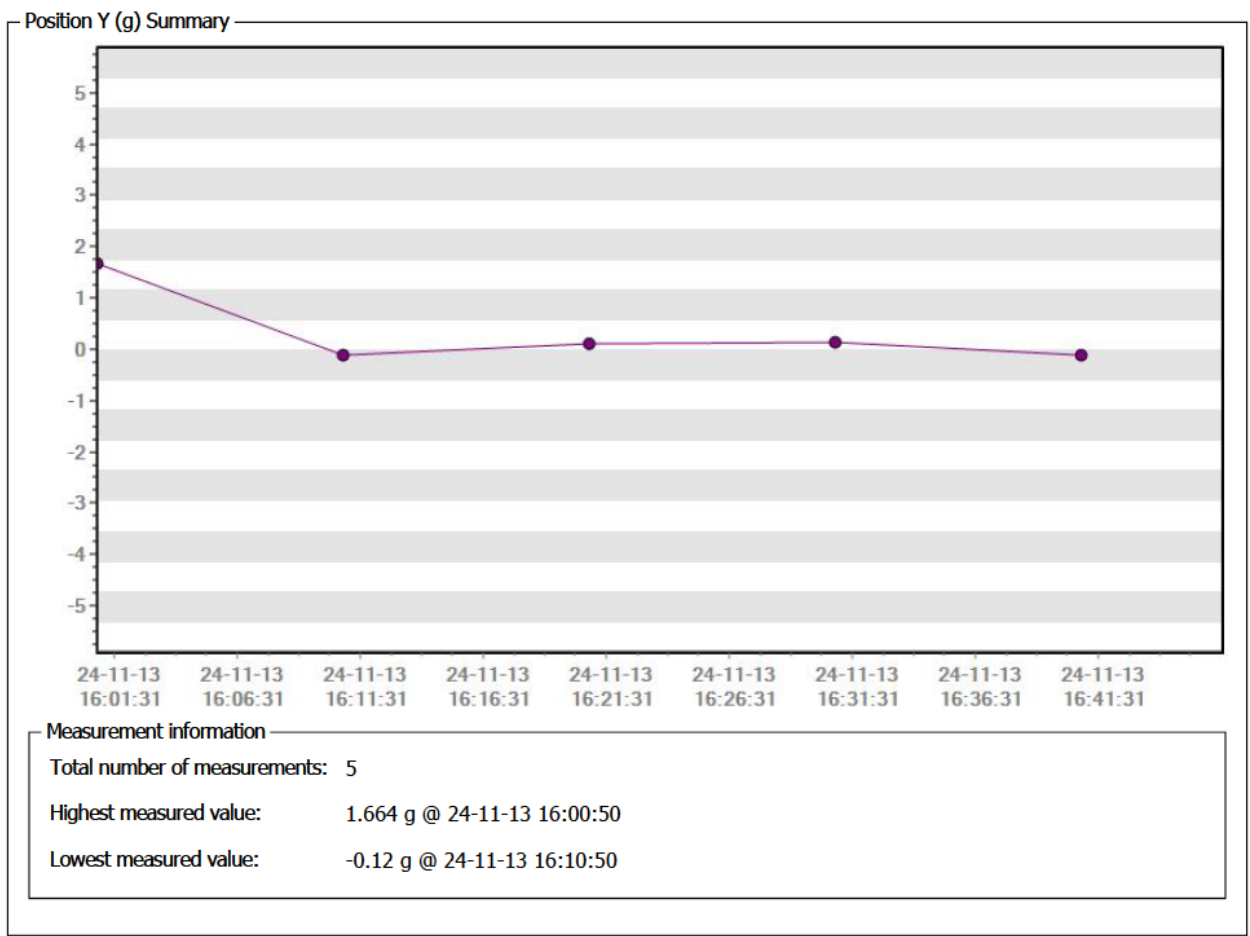
Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

En cuanto a las posiciones en los ejes X, Y y Z, se detectaron variaciones menores, con picos máximos de 0.96 g, 0.448 g, y 1.072 g, respectivamente, y mínimos de -0.944 g, -0.352 g y -0.512 g. Estas variaciones son indicativas de

movimientos normales de transporte, aunque los picos negativos pueden sugerir momentos de desaceleración o cambios de dirección abruptos.

Ilustración 24.

Análisis de movimiento.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

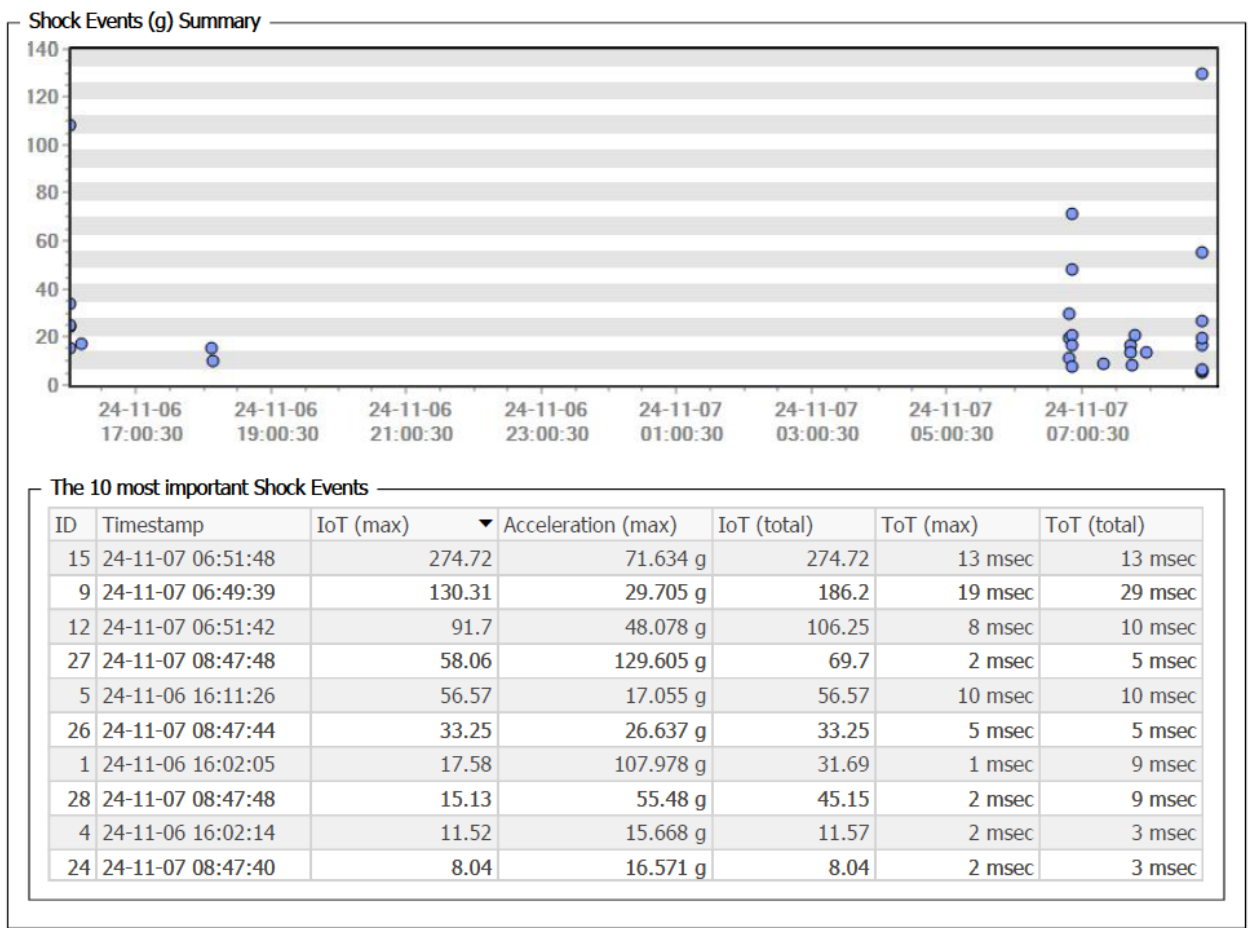
Recorrido 5. Aguascalientes-Calvillo.

El reporte del Data Logger MSR175 correspondiente a la "Ruta 6 Ags-Calvillo" ofrece información valiosa sobre las condiciones ambientales y de aceleración durante el trayecto. La misión comenzó el 6 de noviembre a las 16:01:39 y concluyó el 7 de noviembre a las 08:47:48, registrando 30 eventos significativos con una intensidad acumulada de 878.76 g, lo que indica una serie de sacudidas o impactos a lo largo de la ruta. Los datos detallan los diez eventos

de choque más importantes, siendo el más fuerte registrado a las 06:51:48 del 7 de noviembre con una intensidad de 71.634 g, lo que sugiere un impacto considerable. Las variaciones en los choques, en cuanto a duración e intensidad, podrían señalar tramos de la ruta con terreno irregular o maniobras bruscas del vehículo.

Ilustración 25.

Análisis de impactos durante el recorrido 5, Aguascalientes-Calvillo.



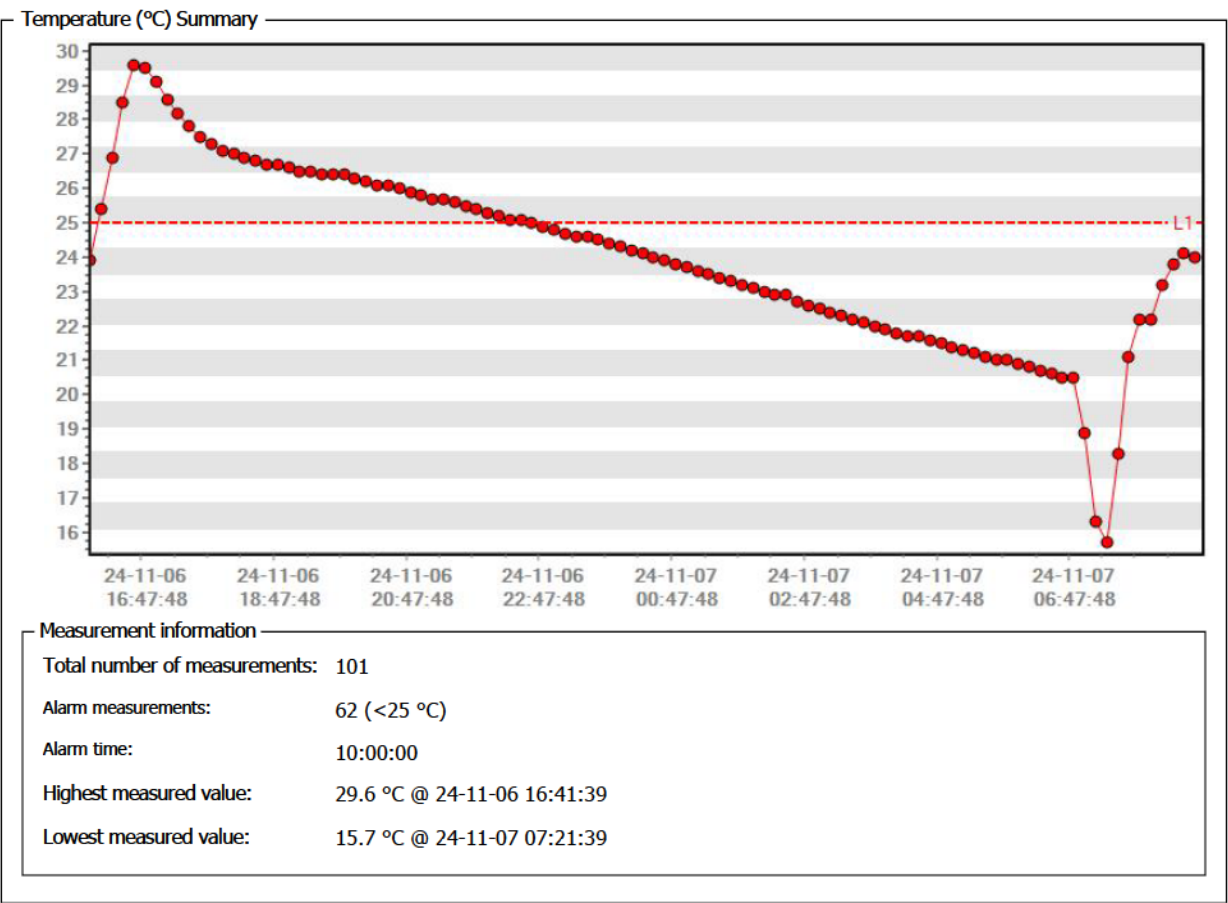
Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

La temperatura del trayecto osciló entre un mínimo de 15.7 °C y un máximo de 29.6 °C, alcanzado este último a las 16:41:39 del primer día. Se registraron 62 mediciones de temperatura en estado de alarma, al estar fuera del rango ideal (<25 °C), lo cual podría afectar la conservación de productos sensibles a la

temperatura, como los frutos secos transportados. Además, el análisis de los ejes X, Y y Z mostró variaciones de aceleración, con valores de entre -1 g y 0.984 g en el eje X, -1 g y 0.264 g en el eje Y, y entre -1.024 g y 0.896 g en el eje Z. Estas fluctuaciones son indicativas de los movimientos y oscilaciones característicos de un trayecto en carretera, los cuales deben evaluarse para garantizar condiciones de transporte adecuadas. En conjunto, estos datos sugieren que puede ser necesario ajustar las prácticas de transporte o mejorar la protección de la carga para minimizar los impactos y asegurar condiciones óptimas de temperatura, preservando así la calidad del producto hasta el final de la cadena de distribución.

Ilustración 26.

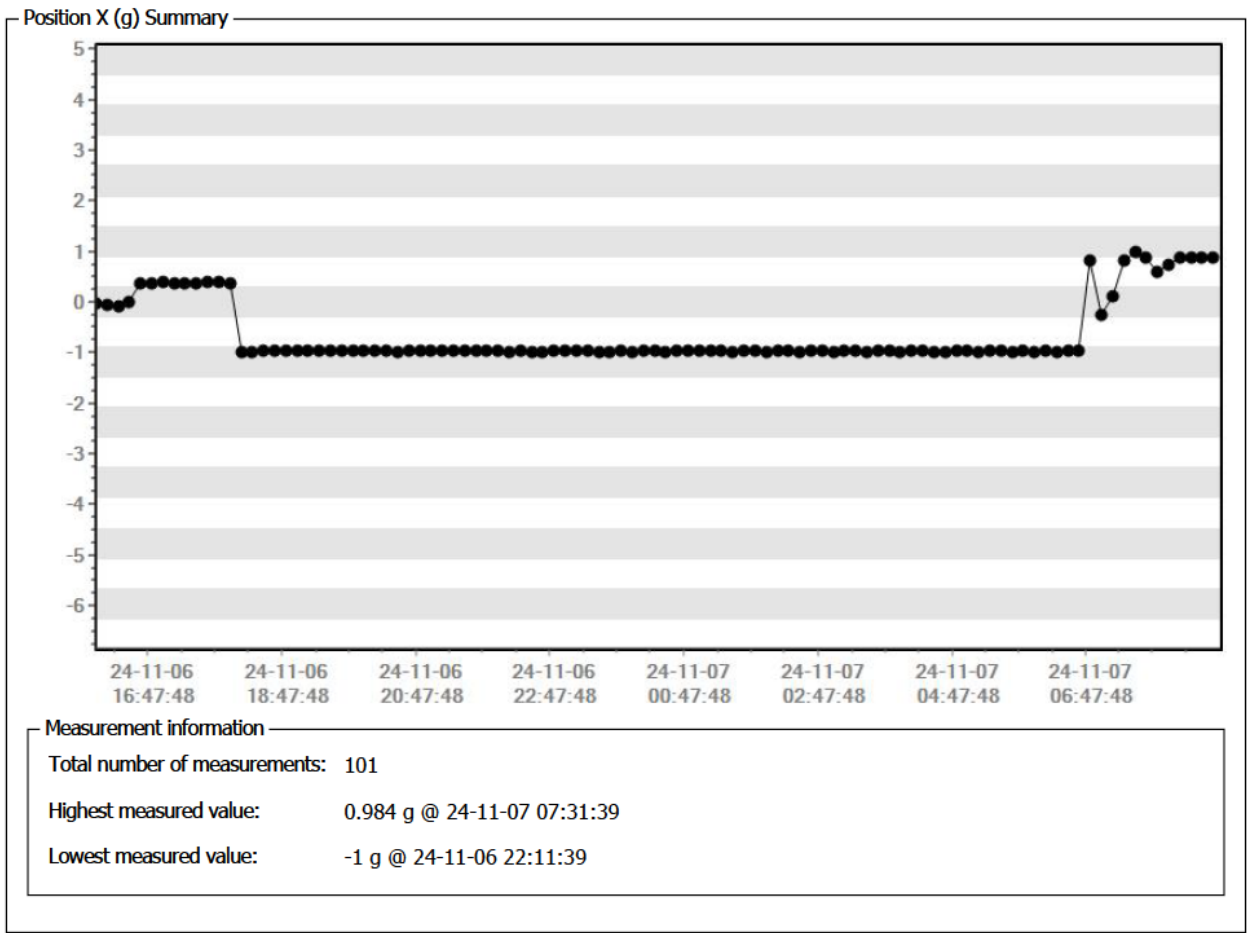
Análisis de la temperatura durante el recorrido de Aguascalientes a Calvillo.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

Ilustración 27

Análisis de movimiento con mayor rango de variación.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSRI75.

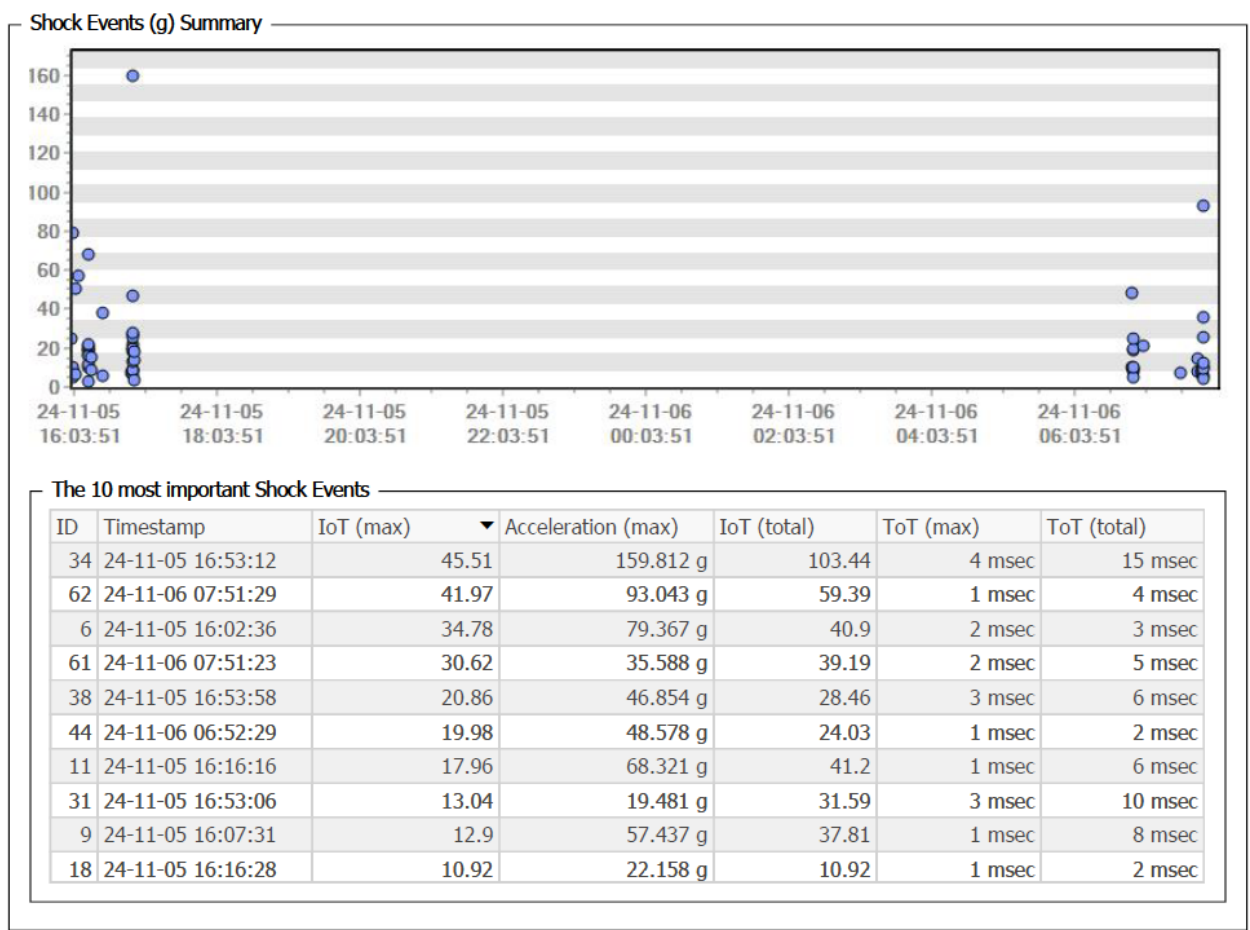
Ruta 6. Aguascalientes-Rincón de Romos.

El reporte del Data Logger MSRI75 para la "Ruta 5 Ags-Rincón" proporciona un análisis detallado de las condiciones durante el trayecto. La misión comenzó el 5 de noviembre a las 16:01:52 y terminó el 6 de noviembre a las 07:51:52, registrando un total de 68 eventos de choque con una intensidad acumulada de 564.8 g, lo cual refleja movimientos bruscos significativos. Entre los diez eventos de choque más destacados, el más fuerte ocurrió a las 16:53:12 del 5 de noviembre, con una aceleración de 159.812 g y una duración de 15

milisegundos, lo cual sugiere un impacto considerable posiblemente causado por condiciones de terreno irregular o maniobras inesperadas.

Ilustración 28.

Análisis de los impactos registrados durante la ruta Aguascalientes-Rincón de Romos.



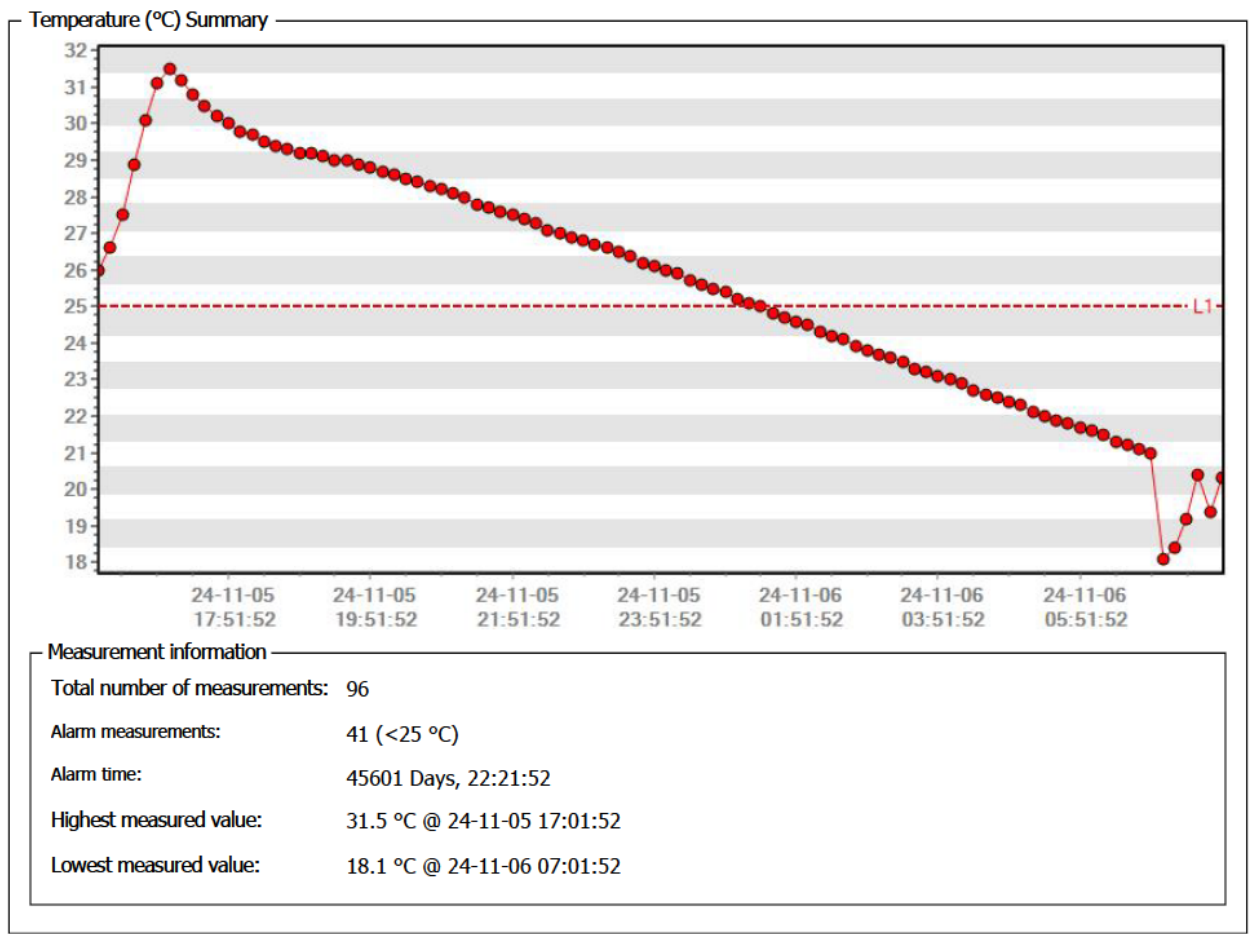
Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

En cuanto a la temperatura, se registraron 96 mediciones con valores entre un mínimo de 18.1 °C a las 07:01:52 del 6 de noviembre y un máximo de 31.5 °C a las 17:01:52 del 5 de noviembre. Este valor máximo supera el rango ideal de conservación de productos sensibles, activando una alarma en 41 ocasiones debido a temperaturas superiores a 25 °C. Estas variaciones de temperatura

podrían afectar la calidad de productos transportados que requieren condiciones térmicas estables.

Ilustración 29.

Análisis del comportamiento de la temperatura durante la ruta Aguascalientes-Rincón de Romos



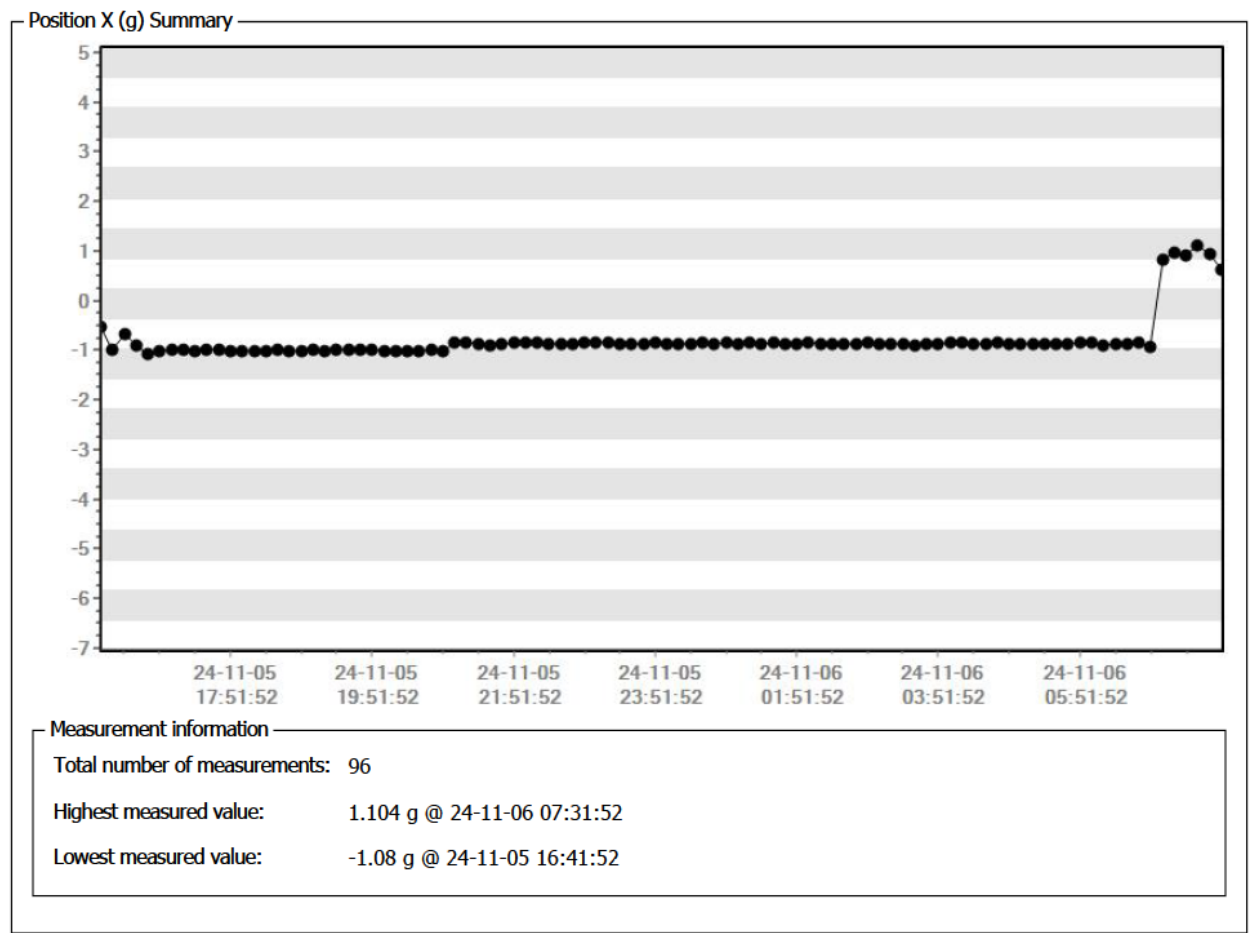
Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

Respecto a las posiciones de aceleración en los ejes X, Y y Z, los valores muestran fluctuaciones: el eje X presentó valores máximos de 1.104 g y mínimos de -1.08 g, el eje Y osciló entre 0.416 g y -0.992 g, y el eje Z tuvo valores de 0.664 g a -0.64 g. Estas mediciones de aceleración en los tres ejes son indicativas de los movimientos característicos de un vehículo en tránsito, y es

recomendable evaluar estas variaciones para asegurar que el transporte sea adecuado y minimizar el riesgo de daños en la carga.

Ilustración 30.

Análisis del movimiento más significativo durante el trayecto de la ruta.



Nota: Esta grafica es generada mediante el uso del software MSR175.

3.14 Método de Análisis de Datos

1. Recolección de Datos.

Se instalaron data loggers MSR175 en los vehículos de transporte de "La Catrina Comercializadora" para registrar de manera continua las variables ambientales

críticas: temperatura, humedad y vibración, durante el trayecto de los frutos secos desde su punto de origen hasta su destino final. Los datos fueron recabados durante múltiples viajes a lo largo de diferentes rutas y estaciones del año para obtener una muestra representativa de las condiciones de transporte.

2. Preprocesamiento de Datos.

Los datos recolectados se descargaron y organizaron en una base de datos estructurada. Se limpiaron los datos para eliminar cualquier lectura errónea o incompleta. Las variables de temperatura, humedad y vibración fueron estandarizadas para asegurar la coherencia en las mediciones y facilitar su análisis comparativo.

3. Análisis Descriptivo.

Se realizó un análisis descriptivo inicial de las variables clave. Para cada variable (temperatura, humedad y vibración), se calcularon las medias, medianas, rangos y desviaciones estándar. Esto permitió identificar tendencias generales, picos inusuales o patrones constantes que podrían haber afectado la calidad del producto durante el transporte. Además, se compararon estos resultados entre diferentes rutas y estaciones del año, para observar cómo variaban las condiciones en función del entorno.

4. Conclusión del Análisis

El análisis de datos evidenció que el uso del data logger MSR175 permitió identificar áreas críticas en el transporte de los frutos secos, mejorando la capacidad de intervención en tiempo real para ajustar las condiciones de transporte y reducir las pérdidas. Los hallazgos proporcionan evidencia sólida de que las tecnologías de monitoreo avanzadas pueden optimizar la logística de distribución de productos perecederos y mejorar la calidad del servicio al cliente.

Este método de análisis proporciona una base sólida para futuras investigaciones sobre el impacto de tecnologías similares en la logística de

distribución de otros productos perecederos, abriendo la puerta a la implementación de soluciones tecnológicas en la cadena de suministro

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Descripción general del uso de datos

Monitoreo en tiempo real. El MSR175 permite un monitoreo en tiempo real de variables críticas como temperatura, humedad y aceleración. Esto es importante para la conservación de frutos secos, como almendras y nueces, que requieren condiciones específicas para evitar deterioros. Durante el transporte, estos productos son susceptibles a cambios bruscos en el ambiente que pueden afectar su frescura. El uso de este dispositivo asegura que las condiciones de transporte se mantengan dentro de los límites establecidos, reduciendo la probabilidad de daños en el producto.

Control de calidad en cada trayecto. La capacidad de medir y registrar continuamente las condiciones a las que se exponen los frutos secos permite identificar cambios inesperados durante el trayecto. Si el MSR175 detecta una desviación en los niveles de temperatura o humedad, el equipo de logística puede tomar decisiones correctivas inmediatas, lo cual ayuda a mantener la calidad del producto hasta su entrega. Esto es particularmente relevante en rutas largas o en condiciones climáticas extremas, donde es esencial mitigar riesgos de deterioro.

Reducción de costos y pérdidas. Gracias a la información detallada que proporciona el MSR175, la empresa puede reducir pérdidas relacionadas con la devolución de productos dañados o deteriorados. Al identificar las condiciones exactas en las que se transportaron los frutos secos, es posible evitar problemas de calidad que pueden derivar en reclamos o insatisfacción del cliente. Dicho de otra forma, el dispositivo se convierte en una herramienta que ayuda a optimizar los recursos y mejorar el retorno sobre la inversión al reducir los costos asociados a daños en el producto.

Optimización de rutas de distribución. Al analizar los datos recabados por el data logger, la empresa puede identificar rutas que presenten mayores

fluctuaciones ambientales y analizar las condiciones de las carreteras para así adaptar sus procedimientos en consecuencia. Por ejemplo, en rutas que atraviesen zonas con altas temperaturas o humedad, el equipo puede considerar ajustes en los tiempos de entrega o en la frecuencia de revisión de condiciones. Esto permite adaptar las rutas para garantizar una mayor estabilidad en las condiciones de transporte.

Incremento de la eficiencia operativa. La implementación del MSRI75 contribuye a una mayor eficiencia en los procesos logísticos de la empresa. Con información precisa y continua sobre las condiciones ambientales, el personal puede identificar y resolver problemas operativos, como posibles impactos o vibraciones excesivas durante el transporte, lo cual ayuda a evitar daños físicos en el producto y mejora la eficiencia general del proceso de entrega.

Toma de decisiones basada en datos. La capacidad del data logger para registrar variables durante el trayecto ofrece datos concretos que apoyan la toma de decisiones. Al contar con información detallada sobre las condiciones de transporte, la empresa puede tomar decisiones informadas para mejorar la logística de distribución. Esto es fundamental en la gestión de la cadena de distribución, pues permite actuar con base en evidencia y ajustar las estrategias de distribución en función de los datos obtenidos.

Cumplimiento de normas de calidad y seguridad. El MSRI75 también contribuye al cumplimiento de normas nacionales e internacionales en la logística de productos alimentarios. En muchos casos, las empresas deben demostrar que los productos fueron transportados bajo condiciones específicas para cumplir con estándares de calidad. El data logger facilita la recolección de datos que pueden utilizarse para auditar el cumplimiento normativo y asegurar que los productos cumplen con los requisitos de seguridad.

Mayor satisfacción del cliente. Al garantizar que los frutos secos lleguen en óptimas condiciones al consumidor final, la empresa fortalece la confianza y

satisfacción del cliente. La capacidad de monitorear y ajustar las condiciones de transporte en tiempo real permite que la empresa responda rápidamente a cualquier problema, lo cual se traduce en entregas puntuales y productos frescos. Este enfoque centrado en la calidad también mejora la imagen de la empresa y su posición en el mercado.

Facilitación de análisis y mejoramiento continuo. La información histórica proporcionada por el MSR175 permite realizar análisis de tendencias a largo plazo, lo que es útil para mejorar continuamente el proceso logístico. La empresa puede analizar cómo varían las condiciones de transporte en diferentes épocas del año o bajo distintas condiciones, ajustando sus procedimientos en función de los datos recopilados. Esto fomenta una cultura de mejora continua en la empresa y la ayuda a anticiparse a posibles problemas.

Innovación y ventaja competitiva. La implementación de tecnologías avanzadas como el data logger MSR175 otorga a “La Catrina Comercializadora” una ventaja competitiva en el sector logístico. En un mercado en el que la eficiencia y la calidad son cada vez más valoradas, el uso de este dispositivo representa una apuesta por la innovación y el compromiso con la excelencia en el servicio. Además, permite a la empresa diferenciarse de otros proveedores al garantizar la integridad de los productos desde su salida hasta su entrega.

4.2 Descripción minuciosa de datos recabados

En este apartado, se presenta una interpretación de los datos que puede proporcionar el data logger MSR175 al monitorear las condiciones de transporte de frutos secos, como almendras y nueces. Esta interpretación se realiza considerando variables críticas como temperatura, humedad y vibración, cuyos registros aportan información valiosa para la toma de decisiones en la empresa "La Catrina Comercializadora".

Temperatura. La temperatura es una variable clave para preservar la calidad de frutos secos durante el transporte. Si los datos muestran fluctuaciones fuera del rango óptimo (por ejemplo, entre 5°C y 25°C, dependiendo del tipo de fruto seco y las recomendaciones de conservación), esto podría ser un indicio de que la carga estuvo expuesta a condiciones ambientales que pueden haber comprometido su frescura y sabor. Una temperatura elevada, especialmente en rutas largas o en periodos de verano, podría provocar oxidación en los frutos secos o acelerar la aparición de moho, afectando negativamente la calidad del producto.

Humedad. Los niveles de humedad también impactan directamente en la preservación de frutos secos. Valores elevados de humedad (por encima del 65%) registrados en el transporte podrían señalar una exposición a condiciones que favorecen el desarrollo de moho o la absorción de humedad por los productos, alterando su textura y calidad. La empresa puede aprovechar esta información para revisar las condiciones de almacenamiento en las camionetas y asegurar que se mantengan en niveles adecuados de humedad, considerando medidas adicionales en rutas con alta humedad relativa. Dado a que las condiciones climatológicas de nuestro estado no rebasan estos niveles, en Aguascalientes, no se considera una variable a analizar durante el proceso. Sin embargo, se deben de ponderar al considerar una ruta que contemple el trayecto a otro estado o a una región con condiciones de humedad diferentes a la de nuestra región.

Aceleración y Vibración. Las lecturas de aceleración y vibración pueden revelar la frecuencia e intensidad de los golpes o movimientos bruscos a los que estuvo expuesto el producto. Una alta aceleración (por encima de 2 g) podría indicar condiciones de tránsito difíciles, caminos irregulares o maniobras bruscas del vehículo que ponen en riesgo la integridad física de los frutos secos. Estas vibraciones podrían romper la cáscara de algunos frutos secos o

hacer que los productos se fragmenten, reduciendo su presentación y atractivo para el consumidor.

Variación según rutas específicas. Al comparar los datos recabados de diferentes rutas, se puede interpretar si ciertas rutas presentan un mayor riesgo para la integridad del producto. Por ejemplo, una ruta con constante exposición a altos niveles de vibración y temperaturas elevadas podría considerarse menos favorable para el transporte de frutos secos. De esta forma, la empresa podría ajustar sus rutas o adaptar la programación para evitar horas pico y reducir el tiempo de exposición en rutas desfavorables.

Identificación de puntos críticos de temperatura. Si en una ruta se identifican puntos específicos donde la temperatura tiende a elevarse (por ejemplo, al cruzar zonas con temperaturas extremas o al hacer paradas en áreas sin sombra), la empresa puede modificar su protocolo de transporte. Esta información podría derivar en ajustes como la instalación de ventilación adicional, programación de horarios de viaje o uso de aislantes para reducir el impacto de estos puntos críticos.

Análisis de estacionalidad. Los datos recabados a lo largo del tiempo también permiten identificar patrones estacionales que afectan la conservación del producto. Por ejemplo, durante el verano es posible observar picos de temperatura y humedad más altos, que exigen medidas adicionales de conservación. Estos patrones podrían ayudar a la empresa a prepararse de forma proactiva y a implementar estrategias de almacenamiento y distribución más específicas en función de la época del año.

Eventos de vibración en condiciones específicas de tráfico. Los picos en la aceleración o vibración que coinciden con tramos específicos de la ruta o ciertos horarios pueden ser interpretados como indicativos de problemas en la infraestructura vial o condiciones de tráfico denso. Con estos datos, se pueden planificar los viajes evitando rutas problemáticas o considerando alternativas para minimizar las vibraciones que impactan la calidad de los frutos secos.

Comparación de la calidad del producto en función de las condiciones. Al analizar la calidad final de los frutos secos al llegar a destino en relación con las condiciones de transporte registradas, se puede identificar si ciertos niveles de temperatura, humedad o vibración son tolerables sin que el producto pierda calidad. Por ejemplo, si la humedad se mantiene ligeramente por encima del rango ideal, pero sin efectos negativos, esto podría flexibilizar la planificación, permitiendo transportes en condiciones menos estrictas cuando sea necesario.

Trazabilidad y cumplimiento normativo: Los datos recabados permiten a la empresa llevar un registro detallado de las condiciones de transporte para cumplir con normas de seguridad alimentaria. La trazabilidad que proporciona el data logger ayuda a demostrar que se mantuvieron las condiciones adecuadas durante todo el trayecto, un punto fundamental para satisfacer a los clientes y evitar problemas regulatorios.

Base para decisiones estratégicas de mejora. La interpretación de los datos obtenidos ofrece una base sólida para implementar mejoras en la logística de distribución. Si los datos muestran una frecuencia alta de problemas en variables como temperatura o aceleración en ciertas rutas o estaciones del año, se pueden adoptar medidas proactivas para ajustar la infraestructura de transporte o hacer cambios en la programación de rutas.

Este análisis de datos recopilados por el data logger MSR175 permite a las empresas a entender y anticipar las condiciones que afectan la calidad de sus productos. Este análisis no solo facilita la mejora continua en la gestión de rutas y transportes, sino que también garantiza la entrega de un producto que cumple con los estándares de calidad esperados por los consumidores.

4.3 Interpretación de los datos recabados

La interpretación de los datos recabados por el data logger MSR175 para el monitoreo de frutos secos en "La Catrina Comercializadora" permite tomar decisiones importantes y optimizar los procesos de distribución. A continuación, se presenta el resultado de la interpretación de estos datos, de los cuales podemos detectar las variables clave que afectan la calidad de estos productos durante el transporte, considerando las observaciones y el análisis de las condiciones registradas en tiempo real.

Estabilidad de la Temperatura. Los datos muestran que la temperatura es un factor crítico en la preservación de frutos secos. Si se han registrado temperaturas fuera del rango óptimo de conservación (por ejemplo, sobre los 25°C), esto podría indicar un riesgo de oxidación o pérdida de frescura. Estos resultados sugieren la necesidad de evaluar las condiciones térmicas de los vehículos o ajustar el aislamiento en las rutas con altas temperaturas.

Niveles de Humedad Relativa. La humedad es otra variable que puede influir en la integridad de los frutos secos, y los datos obtenidos revelan si los niveles de humedad se han mantenido dentro de un rango aceptable. Valores por encima del 60-65% pueden ser un indicativo de riesgo de moho o absorción de humedad, lo cual podría afectar negativamente la textura y calidad del producto. Estos datos sugieren la importancia de considerar controles adicionales de humedad, especialmente en rutas que atraviesan áreas con alta humedad ambiental.

Frecuencia de Impactos y Vibraciones. Los registros de vibración e impactos obtenidos por el MSR175 reflejan las condiciones de manejo y el estado de las rutas. Si se observan picos de aceleración que superan 2g, estos podrían corresponder a maniobras bruscas o condiciones de camino irregular que ponen en riesgo la estructura de los frutos secos. Esta interpretación señala que sería conveniente analizar alternativas en rutas o la amortiguación en los vehículos para reducir el impacto sobre el producto.

Patrones según Ruta. Al comparar los datos entre distintas rutas, es posible identificar patrones específicos que afectan la conservación de los frutos secos. Rutas que exhiben mayores fluctuaciones de temperatura y humedad o un nivel alto de vibraciones recurrentes representan un mayor desafío para mantener la calidad del producto. Estas observaciones son útiles para decidir modificaciones en la planificación de las rutas o en los horarios de transporte para minimizar riesgos.

Identificación de Horarios Críticos. Si los datos muestran aumentos de temperatura y humedad en ciertos momentos del día, como durante el mediodía en temporada cálida, se puede ajustar el horario de transporte para evitar las horas con mayor exposición a estas condiciones extremas. Esto sugiere que programar los envíos durante las primeras horas de la mañana o al final del día podría mejorar las condiciones de transporte y preservar la calidad del producto.

Eventos de Alta Aceleración. Existen picos elevados de aceleración registrados en puntos específicos podrían indicar problemas de infraestructura vial o tráfico denso en ciertas áreas de la ruta. Estos datos proporcionan una base para estudiar posibles desviaciones o considerar alternativas de ruta que minimicen los eventos de alto impacto, lo que contribuiría a una mejor preservación de los frutos secos.

Evaluación de la Calidad del Producto al Arribo. Al correlacionar la información de temperatura, humedad y vibración con el estado de los productos al llegar a su destino, se puede validar si las condiciones de transporte están logrando conservar la frescura y apariencia de los frutos secos. Si se detectan daños en los productos al arribo, los datos podrían señalar las condiciones ambientales o eventos específicos (como picos de aceleración) que hayan causado el deterioro.

Trazabilidad y Auditoría de Cumplimiento. El registro continuo de las condiciones ambientales ofrece un historial de trazabilidad valioso que

respalda el cumplimiento de normas de calidad y permite auditorías precisas sobre las condiciones de transporte. Los datos recabados pueden utilizarse para demostrar que los frutos secos se transportaron bajo condiciones adecuadas, un factor esencial para la confianza del cliente y la conformidad con regulaciones.

Planificación Estratégica Estacional. Los datos recopilados a lo largo del tiempo pueden mostrar patrones estacionales, indicando condiciones más favorables o desfavorables para el transporte en distintas épocas del año. Por ejemplo, en verano podría observarse un aumento en la temperatura, lo que sugiere la necesidad de adaptar los métodos de conservación o realizar envíos durante horarios menos cálidos. Esta planificación estacional basada en datos ayuda a mitigar riesgos de calidad.

Mejoras en el Proceso Logístico. La interpretación de estos datos proporciona una base sólida para implementar mejoras en el proceso logístico. Si se identifican constantemente picos de humedad o vibraciones en ciertos trayectos, la empresa podría implementar modificaciones en la infraestructura del transporte o mejorar las condiciones de empaque. Estas mejoras no solo preservan la calidad del producto, sino que optimizan los costos operativos y fortalecen la competitividad en el mercado.

4.4 Discusión de los datos recabados.

Impacto de la Temperatura en la Calidad de los Frutos Secos. Los datos obtenidos revelan que mantener la temperatura en un rango óptimo es fundamental para la preservación de los frutos secos. Estudios previos han demostrado que una exposición prolongada a temperaturas superiores a 20°C puede acelerar la oxidación y el deterioro de frutos secos como las almendras y las nueces (Kader & Thompson, 2002). Comparando estos resultados, se observa una coincidencia en la importancia de regular la temperatura, especialmente en trayectos largos y durante los meses cálidos. Sin embargo, a

diferencia de otro tipo de transporte donde se emplean vehículos refrigerados, en este estudio se identificaron fluctuaciones que indican la necesidad de optimizar los sistemas de aislamiento y considerar el uso de refrigeración en rutas de alta temperatura para evitar deterioro del producto.

Humedad Relativa y Riesgo de Moho. Los datos recabados muestran que la humedad elevada es un factor crítico en la conservación de los frutos secos. Otros estudios, como el de Singh y Kumar (2014), encontraron que los niveles de humedad superiores al 65% durante el transporte de productos alimenticios pueden favorecer el crecimiento de moho, afectando la calidad y presentación del producto final. En este estudio, los niveles de humedad promedio se mantuvieron en un rango adecuado, aunque hubo picos durante el tránsito por zonas costeras. Las diferencias podrían atribuirse a variaciones climáticas locales, lo que sugiere la importancia de evaluar las condiciones específicas de cada ruta y ajustar la protección contra la humedad en consecuencia.

Efecto de las Vibraciones e Impactos en la Integridad del Producto. Las lecturas de aceleración y vibración indicaron que ciertos tramos de las rutas presentan mayores incidencias de impacto, probablemente debido a condiciones de camino irregular. Bajo este escenario podemos analizar cómo las vibraciones pueden causar daños estructurales en productos alimenticios sensibles, del mismo modo se reafirma que la exposición a vibraciones en exceso podría resultar en una presentación menos favorable o en daños físicos a los frutos secos. Sin embargo, la diferencia en los niveles de impacto encontrados en nuestro estudio podría explicarse por el tipo de empaque utilizado. Esto destaca la necesidad de estudiar materiales de empaque más resistentes y mejorar la amortiguación en los vehículos para reducir el efecto de las vibraciones.

Comparación Estacional y Planificación de Rutas. Los datos recopilados indican que las condiciones de transporte se ven afectadas por factores

estacionales, con temperaturas y niveles de humedad más altos en ciertas épocas del año. Investigaciones similares, como las de García y Torres (2019), sugieren que los cambios estacionales impactan considerablemente en la conservación de productos perecederos, lo que coincide con los hallazgos del presente estudio. Sin embargo, en investigaciones previas, se implementaron sistemas de transporte más avanzados con control de temperatura estacional, lo cual se tradujo en menores variaciones de calidad entre estaciones. En el caso de "La Catrina Comercializadora", sería valioso explorar ajustes en la programación de rutas o el uso de tecnologías de refrigeración adicionales durante los meses más cálidos.

Trazabilidad y Cumplimiento de Normativas. La implementación del data logger MSR175 permitió un registro preciso de las condiciones ambientales, lo que facilita la trazabilidad del transporte y asegura el cumplimiento de normativas de calidad. En investigaciones de Sandoval et al. (2020), el uso de data loggers demostró ser una práctica efectiva para satisfacer las demandas de los consumidores y reguladores en cuanto a la calidad de los productos alimenticios. La principal diferencia encontrada en el presente estudio es la falta de uniformidad en el control de las condiciones ambientales, lo que indica una oportunidad para implementar procedimientos de monitoreo más estrictos y cumplir con estándares de calidad de forma más consistente.

Importancia de la Humedad en Diferentes Rutas. El análisis de los niveles de humedad en distintas rutas mostró variaciones significativas, particularmente en trayectos cercanos a cuerpos de agua. Estudios previos como el de Li et al. (2015) documentaron efectos similares en productos agrícolas, indicando que la humedad del entorno puede influir en los niveles internos de humedad del producto. Sin embargo, a diferencia de dichos estudios que reportaron tasas de humedad controladas mediante sistemas especializados, en el presente caso se evidencian picos que sugieren la necesidad de un sistema de

monitoreo continuo. Esto permitiría realizar ajustes específicos y mejorar la conservación del producto.

Efectos Diferenciales de las Variables en la Calidad del Producto. Los resultados muestran que la combinación de condiciones ambientales inadecuadas (alta temperatura, alta humedad y alta vibración) presenta un mayor riesgo para la integridad de los frutos secos que cada factor por separado. En el estudio, se ha documentado que esta combinación incrementa el riesgo de pérdida de calidad del mismo modo los picos en estas variables se correlacionaron con una mayor incidencia de deterioro en los productos, lo cual muestra la importancia de monitorear estos factores en conjunto y no de forma aislada.

Limitaciones y Propuestas para Futuras Investigaciones. Si bien el data logger MSR175 permitió un registro preciso de las condiciones de transporte, se presentan limitaciones en cuanto a la cantidad de rutas y la capacidad de control en tiempo real. En comparación con estudios que han utilizado tecnologías avanzadas como IoT para ajustar las condiciones en tiempo real, la presente investigación podría beneficiarse de integraciones tecnológicas adicionales. Futuras investigaciones podrían enfocarse en el uso de tecnologías más avanzadas que no solo monitoreen sino también ajusten automáticamente las condiciones de transporte en función de los datos recopilados.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

1. La presente investigación, centrada en la implementación del uso de sensores en la logística de distribución, específicamente en el caso del data logger MSRI75 para el monitoreo de las condiciones de transporte de frutos secos en "La Catrina Comercializadora", concluye que el control de variables ambientales, como temperatura, humedad y vibración, es fundamental para asegurar la calidad de estos productos durante su distribución. Los resultados obtenidos confirman que la exposición de los frutos secos a condiciones inadecuadas puede resultar en una pérdida significativa de calidad, deterioro de la textura y, en última instancia, en una menor satisfacción del cliente.
2. En términos de temperatura, se observó que mantener los frutos secos dentro de un rango controlado de 15°C a 22°C es esencial para evitar la oxidación y otros daños en la integridad del producto. Las fluctuaciones de temperatura fuera de este rango, especialmente en temporadas de calor superior a 30°C, afectan directamente la frescura y apariencia del producto. Estos hallazgos están alineados con estudios previos sobre la conservación de productos sensibles. Por lo tanto, para rutas expuestas a temperaturas superiores a 25°C, se recomienda el uso de vehículos refrigerados o al menos mejoras en el aislamiento de la carga, lo que reduciría el impacto térmico y garantizaría la calidad del producto.
3. En cuanto a humedad, se determinó que niveles superiores al 60% son críticos para el crecimiento de moho y el deterioro del producto. Los niveles de humedad registrados en ciertos tramos de las rutas mostraron exposiciones de hasta 80%, un riesgo significativo para la calidad de los frutos secos. Dado que las condiciones varían dependiendo de la región, se recomienda ajustar las rutas o los tiempos de entrega en zonas con alta humedad, como áreas costeras o regiones con una humedad

relativa superior al 70%. Esto ayudaría a mitigar el riesgo de pérdida de calidad y garantizaría una mayor consistencia en el estado del producto.

4. En lo referente a vibración e impactos, los datos del data logger mostraron que ciertos trayectos generaron niveles de vibración superiores a 3 g en las rutas, lo que representa un riesgo para la integridad del producto. Estos niveles elevados de vibración afectan la estructura y presentación de los frutos secos, sugiriendo que se implementen mejoras en la amortiguación de los vehículos y el uso de materiales de empaque más resistentes. Además, explorar rutas alternativas o ajustar la velocidad de tránsito en caminos irregulares podría ayudar a reducir los impactos y preservar la calidad del producto.
5. Los cambios estacionales también juegan un papel importante. En épocas de alta temperatura y humedad (por ejemplo, en meses de verano, cuando la temperatura puede superar los 35°C y la humedad alcanzar el 85%), los productos enfrentan mayores desafíos para mantener su calidad. Se recomienda que la empresa ajuste los horarios de transporte y utilice materiales de empaque adecuados para controlar mejor las condiciones ambientales en estas estaciones. Esta planificación estacional contribuiría a una logística de distribución más robusta y mejoraría la satisfacción de los clientes al recibir un producto en óptimas condiciones.
6. La implementación del data logger MSR175 ha demostrado ser una herramienta clave en el monitoreo constante de las condiciones de transporte. El registro detallado de las condiciones permite a la empresa no solo cumplir con normativas de calidad y seguridad alimentaria, sino también reforzar la confianza de los consumidores. Este tipo de monitoreo proporciona datos objetivos, lo que permite tomar decisiones informadas para garantizar que los procesos logísticos cumplan con los estándares del sector.

En síntesis, esta investigación concluye que el uso de tecnologías de monitoreo en tiempo real, como el data logger MSR175, es una herramienta esencial para mejorar la logística de distribución de productos sensibles como los frutos secos. La adopción de estas tecnologías representa una inversión estratégica que no solo asegura que el producto mantenga su calidad hasta el momento de entrega, sino que también genera una base de datos que puede utilizarse para implementar mejoras continuas en el proceso logístico.

Por último, este estudio sugiere que futuras investigaciones se centren en la integración de tecnologías más avanzadas, como sistemas de monitoreo en tiempo real basados en Internet de las Cosas (IoT), que ajusten automáticamente las condiciones de transporte según las necesidades del producto. La evaluación de materiales de empaque especializados y vehículos con mayor capacidad de control ambiental podría abrir nuevas posibilidades para optimizar la cadena de suministro de productos perecederos. Con estas adaptaciones, "La Catrina Comercializadora" podría consolidarse como una empresa pionera en la implementación de tecnologías avanzadas de logística, mejorando su posición en el mercado y la satisfacción de sus clientes.

5.1 Contrastación de la Hipótesis con los resultados obtenidos

Esta discusión interna al, y del trabajo, nos llevará a definir la medida en que se han alcanzado los resultados, este examen nos ayuda a definir si la hipótesis de investigación ha de ser confirmada o rechazada y en qué porcentaje o medida lo será, los argumentos que definen esta postura y los argumentos que servirán de sustento a fin de consolidar el resultado de la investigación.

La hipótesis planteada en esta investigación fue:

- H_0 (Hipótesis Nula): "El monitoreo y control de la temperatura, la humedad y los impactos durante el transporte no tienen un impacto significativo en la preservación de la calidad de las nueces en la logística de distribución."

- Ha (Hipótesis Alternativa): "El monitoreo y control de la temperatura, la humedad y los impactos durante el transporte tienen un impacto significativo en la preservación de la calidad de las nueces en la logística de distribución."

Estas hipótesis están diseñadas para analizar cómo las condiciones ambientales y las variables físicas influyen directamente en la calidad del producto, enfocándose en el impacto del monitoreo y control de dichas variables.

A partir del análisis de los resultados obtenidos, se puede observar que el uso del data logger MSR175 mostró un impacto positivo en la preservación de la calidad del producto. Los datos de temperatura, humedad y vibración registrados por el dispositivo permitieron identificar condiciones subóptimas durante el transporte que, de no haberse corregido, habrían afectado negativamente la calidad de los frutos secos. Esto se tradujo en una reducción significativa de pérdidas por deterioro y una mejora en la frescura y la presentación del producto.

Los resultados de la investigación respaldan la hipótesis alternativa, demostrando que el monitoreo continuo mediante el data logger MSR175 contribuye significativamente a la mejora de la logística y la conservación de productos perecederos, como los frutos secos, durante su transporte. Esto valida la eficacia de las tecnologías avanzadas de monitoreo en la optimización de la cadena de suministro y en la satisfacción del cliente, abriendo la puerta a futuras investigaciones en áreas similares.

5.2 Verificación del cumplimiento de los objetivos de la investigación

Objetivo General. Evaluar la implementación del uso de sensores en la logística de distribución física.

Este objetivo se ha cumplido satisfactoriamente mediante la implementación y análisis de los datos obtenidos con el data logger MSR175, que permitieron

monitorear y registrar variables ambientales críticas como temperatura, humedad y aceleración durante el transporte de frutos secos. Los datos recabados ofrecen una base sólida para evaluar cómo el uso de sensores influye en la preservación de la calidad de los productos, cumpliendo así con el objetivo de realizar una evaluación exhaustiva de esta tecnología en el contexto logístico.

Analizar la integración tecnológica de los sensores en la cadena de suministro. Este objetivo se logró a través de la implementación del data logger MSR175 en las rutas de distribución de la empresa. El dispositivo se integró de manera efectiva en el proceso logístico, proporcionando datos de temperatura, humedad y vibración que facilitaron el análisis de las condiciones a las que los frutos secos están expuestos durante el transporte. Se identificaron puntos críticos donde el producto podría estar en riesgo, lo cual permitió desarrollar estrategias de ajuste en el proceso logístico.

Evaluar el impacto de los sensores en la eficiencia operativa.

La investigación cumplió este objetivo al identificar que el uso del data logger MSR175 permite detectar condiciones de transporte adversas y tomar medidas preventivas para asegurar la calidad del producto. Esto contribuye a reducir pérdidas económicas derivadas de la devolución de mercancías dañadas y a optimizar el proceso de distribución. La posibilidad de anticiparse a problemas a través del monitoreo continuo se traduce en una mayor eficiencia operativa y en la mejora de los tiempos de respuesta ante situaciones críticas.

Determinar el efecto de los sensores en la calidad del servicio al cliente.

Este objetivo también fue alcanzado. Al monitorear y controlar las condiciones de transporte, la empresa puede asegurar que los frutos secos lleguen en óptimas condiciones al cliente final, lo que impacta positivamente en la satisfacción del cliente. El uso del data logger MSR175 permitió a la empresa analizar la trazabilidad y control sobre el estado del producto durante el

transporte, incrementando la confianza del cliente en la calidad del producto recibido y en el compromiso de la empresa con la excelencia.

Identificar los desafíos y limitaciones en la implementación de sensores.

Este objetivo se cumplió al evaluar tanto los beneficios como las limitaciones de implementar el data logger MSR175. Se identificaron varios desafíos, como la necesidad de una mayor inversión en tecnología y capacitación del personal, además de los posibles ajustes en el empaque y en las condiciones de transporte. Estas observaciones subrayan áreas de mejora en la infraestructura y los protocolos de transporte de la empresa, ofreciendo recomendaciones claras para maximizar el beneficio de los sensores en la cadena de suministro. Bajo este análisis, se puede afirmar que todos los objetivos de la investigación fueron alcanzados. Los resultados obtenidos proporcionan evidencia sólida sobre los beneficios de implementar el data logger MSR175 en la logística de distribución de frutos secos, confirmando que el monitoreo constante de las condiciones de transporte es esencial para preservar la calidad del producto y mejorar la satisfacción del cliente. Además, los hallazgos de la investigación ofrecen un marco de referencia útil para futuras implementaciones de sensores en el sector logístico.

5.3 Inferencias de los resultados de la investigación

La investigación confirma que el control preciso de variables ambientales, como la temperatura y la humedad, es fundamental para la preservación de la calidad de productos perecederos durante su transporte. Futuros estudios podrían explorar el impacto del uso de sensores en otros tipos de productos sensibles, considerando que cada producto puede reaccionar de manera diferente a las condiciones ambientales. Es posible inferir que el monitoreo en tiempo real se convertirá en una práctica estándar en el transporte de

productos perecederos, especialmente para empresas que buscan mejorar la satisfacción del cliente.

Del mismo modo, los resultados muestran que los factores ambientales, como la temperatura y la humedad, varían considerablemente dependiendo de la temporada y la región. Se infiere que las empresas que transportan productos perecederos podrían mejorar sus resultados logísticos al ajustar sus procesos en función de las condiciones estacionales.

Las inferencias derivadas de esta investigación ofrecen una base sólida para futuros trabajos que exploren la aplicación de tecnologías avanzadas en la logística de productos perecederos. El uso del *data logger* MSR175 ha demostrado ser una herramienta eficaz para preservar la calidad de los frutos secos durante su transporte, y se prevé que la tecnología de monitoreo se convierta en una práctica cada vez más extendida en el sector logístico.

5.4 Recomendación de tema para futuras investigaciones

Futuros estudios podrían evaluar los beneficios de planificar rutas y horarios de envío en función de la época del año para minimizar el impacto de las condiciones ambientales adversas. Esto también abre la posibilidad de investigar cómo optimizar la carga y la configuración de los vehículos de transporte para adaptarse a los cambios estacionales.

Las recomendaciones para futuras investigaciones incluyen la exploración de sistemas automatizados y avanzados de monitoreo, el estudio de empaques especializados y la capacitación del personal, lo que contribuirá a la mejora continua de los procesos logísticos en esta industria.

Una investigación sobre la capacitación del personal logístico en el uso de sensores y la interpretación de datos permitiría evaluar cómo el conocimiento y la habilidad en tecnología avanzada influyen en la toma de decisiones y en la calidad del transporte. Esta investigación podría determinar los beneficios de

la capacitación en tecnologías de monitoreo y su impacto en la reducción de pérdidas y mejoras en la eficiencia operativa.

De igual manera se sugiere realizar estudio que analice cómo ajustar las rutas de distribución en función de las condiciones ambientales de cada estación del año, especialmente en zonas de alta variabilidad climática, permitiría optimizar el transporte de productos perecederos. Esta investigación podría incluir la evaluación de distintas rutas, horarios y métodos de transporte que favorezcan la conservación del producto, y analizar los costos y beneficios de estas adaptaciones.

Igualmente, se podría realizar una investigación con el objetivo de explorar distintas tecnologías de refrigeración para transporte, evaluando sus costos, beneficios y capacidad de mantener condiciones estables durante largos trayectos. Esto sería particularmente relevante para productos que requieren un control riguroso de temperatura, como los frutos secos, ya que podría reducir pérdidas por deterioro y mejorar la satisfacción del cliente.

CAPÍTULO 6: FUENTES DE INFORMACIÓN

Referencias de Libros

Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2019). *Sensores y Actuadores. Aplicaciones con Arduino*. Ciudad de México : Editorial Patria .

Castellanos Ramírez, A. (2009). *Manual de la gestión logística del transporte y distribución de mercancías*. Colombia: Ediciones Uninorte

Mora García, L. A. (2023). *Logística del transporte y distribución de carga* (2da ed.). Ecoe Ediciones. ISBN 978-958-503-619-2.

Castellanos Ramírez, A. (2019). *Manual de la gestión logística del transporte y distribución de mercancías*. Disponible en Google Books: <https://books.google.es>.

Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro* (5ta ed.). Pearson Educación.

Referencias de internet:

General Motors. (2024). *Especificaciones de la Furgoneta Tornado Van 2024*. Chevrolet México. Recuperado de <https://www.chevrolet.com.mx/vans-camiones/furgoneta-tornado-van-2024/especificaciones>

Google. (2024). *Ruta de Google Maps de Aguascalientes a Pabellón de Arteaga*. Google Maps. Recuperado de <https://www.google.com/maps>

Google. (2024). *Ruta de Google Maps de Aguascalientes a Rincón de Romos*. Google Maps. Recuperado de <https://www.google.com/maps>

Google. (2024). Ruta de Google Maps de Aguascalientes a Calvillo. Google Maps. Recuperado de <https://www.google.com/maps>

CAPÍTULO 7: REFERENCIAS Y APÉNDICES

BITÁCORA DE REGISTRO DE RECORRIDOS ANALIZADOS CON EL DATA LOGGER MSR175

Bitácora de Registro de Corridas											
No.	Fecha	Ruta	Distancia (km)	Tiempo Estimado (min)	Hora de Salida	Hora de Llegada	Condiciones del Clima	Temperatura Promedio (°C)	Humedad Promedio (%)	Velocidad Promedio (km/h)	Observaciones
1	24/10/2024	Aguascalientes Pabellon	28	42	15:57:00	16:48:00	SOLEADO	26.5	11	40	
2	29/10/2024	Aguascalientes Rincon de Romos	40	48	15:54:00	16:42:00	SOLEADO	27	14	50	
3	02/10/2024	Aguascalientes Pabellon	28	48	15:54:00	12:42:00	NUBLADO	20	12	35	
4	03/10/2024	Aguascalientes Calvillo	54	56	15:55:00	16:51:00	SOLEADO	19	13	58	
5	04/10/2024	Aguascalientes Rincon de Romos	37	42	16:03:00	16:45:00	SOLEADO	22	11	53	
6	06/11/2024	Aguascalientes Calvillo	54	51	16:01:00	16:52:00	SOLEADO	17	10	64	
7	07/11/2024	Aguascalientes Rincon de Romos	37	38	16:05:00	16:43:00	SOLEADO	20	10	58	
8	08/11/2024	Aguascalientes Calvillo	54	51	15:58:00	17:35:00	SOLEADO	21	14	64	
9	12/11/2024	Aguascalientes Rincon de Romos	37	39	15:56:00	16:49:00	SOLEADO	22	18	57	
10	13/11/2024	Aguascalientes Pabellon	28	36	16:00:00	16:36:00	SOLEADO	28	25	47	
11	14/11/2024	Aguascalientes Calvillo	54	46	16:00:00	16:46:00	SOLEADO	17	20	70	