



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(A) EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

***“MONITORIZACIÓN DE VARIABLES DURANTE LA
DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA DE IMPORTACIONES Y
EXPORTACIONES CON EL USO DE SENSORES”***

PRESENTA:

DIEGO EDUARDO CASTILLO QUIROZ

REVISORES:

DIRECTORA DE TESIS: DRA. JULISSA ELAYNE COSME CASTORENA

CODIRECTOR DE TESIS: D(N) RAFAEL PRECIADO GUTIÉRREZ

CODIRECTOR DE TESIS: JORGE FERNANDO CARMONA ESPINOZA

Lugar y Fecha de presentación
(Pabellón de Arteaga, Ags., a 21 de Agosto del 2024)

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Que gracias a sus consejos y sus palabras me han hecho una mejor persona, por apoyarme incondicionalmente a lo largo de mi formación académica, por siempre brindarme su mano y sobre todo por su amor y su paciencia en todo momento.

A mi hermano:

Por apoyarme siempre durante estos años de mi formación como profesionista, por el tiempo y sus conocimientos cuando lo necesitaba.

A mis maestros:

A quienes les debo gran parte de mis conocimientos, por sus enseñanzas y por guiarme profesionalmente a lo largo de todos estos años.

A todos ustedes, ¡Gracias!

RESUMEN

La monitorización de variables durante la distribución logística de importaciones y exportaciones es clave para garantizar la calidad y seguridad de los productos. El uso de dataloggers permite recopilar datos críticos como temperatura, humedad, vibraciones y ubicación en tiempo real, proporcionando visibilidad y control en cada etapa del transporte. Estos dispositivos ayudan a identificar desviaciones de las condiciones óptimas, minimizando riesgos de deterioro y pérdidas.

Para este análisis, se eligió un pan de molde para que fuese el producto a analizar, ya que este producto debe de estar regulado con las dos variables que se tomaron en cuenta para el estudio. Las cuales son: la temperatura y las vibraciones (impactos).

La integración de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) optimiza este proceso. En la fase de Definir, se identifican los objetivos, las variables críticas y los puntos de control clave. Durante la etapa de Medir, los dataloggers recopilan datos para establecer una línea base del desempeño logístico. Posteriormente, en Analizar, se estudian las causas raíz de variaciones o problemas, utilizando las mediciones para detectar patrones y puntos de mejora. En la fase de Mejorar, se implementan soluciones, como ajustes en las rutas, embalajes o condiciones de transporte, con base en los datos recolectados. Finalmente, en Controlar, se establece un monitoreo continuo para mantener los estándares alcanzados y prevenir recaídas.

Esta combinación de tecnología y metodología fortalece la trazabilidad, mejora la eficiencia operativa y asegura el cumplimiento de estándares internacionales en la cadena logística, generando confianza en los mercados globales.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	1
RESUMEN.....	2
ÍNDICE	3
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1 ANTECEDENTES.....	4
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	8
1.5 HIPÓTESIS.....	9
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	10
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE FUNDAMENTOS.....	11
2.2 MARCO TEÓRICO.....	12
CAPÍTULO 3: DISEÑO METODOLÓGICO.....	31
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	32
3.5 HIPÓTESIS.....	35
3.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES	35
3.7 BASES CONCEPTUALES.....	37
3.8 TÉCNICAS DE RECOPILACIÓN DE DATOS.....	39
3.9 DISEÑO DE INSTRUMENTOS	41
3.10 VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.....	43
3.11 PILOTAJE.....	44
3.12 TRABAJO DE CAMPO	44
3.13 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	47
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	49
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL USO DE DATOS.....	50
4.2 INTERPRETACIÓN Y ANALISIS DE LOS DATOS RECABADOS.....	50
4.4 CONCLUSIÓN DE LOS DATOS RECABADOS.....	59

<i>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....</i>	<i>61</i>
<i>CAPÍTULO 6: FUENTES DE INFORMACIÓN.....</i>	<i>64</i>
<i>CAPÍTULO 7: REFERENCIAS Y APÉNDICES.....</i>	<i>67</i>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de sensores.....	12
Tabla 2.1 Información nutricional del pan de molde Bimbo	29
Tabla 3 Datos obtenidos con el datalogger "Prueba 1"	33
Tabla 4 Datos obtenidos con el datalogger "Prueba 2"	34
Tabla 5 Reporte general "Prueba 1".....	50
Tabla 6 "10 eventos más importantes de impactos" (Prueba 1)	51
Tabla 7 Información de temperatura "Prueba 1".....	51
Tabla 8 Reporte general de la "Prueba 2"	54
Tabla 9 "10 eventos más importantes de impactos" (Prueba 2)	54
Tabla 10 Información de temperatura "Prueba 2"	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Polos de interés en la investigación de sensores inteligentes a lo largo del tiempo.....	14
Figura 2 Sensor de temperatura y humedad	16
Figura 3 Sensores de proximidad.....	17
Figura 4 Sensores de combustible	18
Figura 5 Ciclo DMAIC	19
Figura 6 Ejemplo "Diagrama de Pareto"	24
Figura 7 Ejemplo "Diagrama de Ishikawa"	26
Figura 8 Pan de molde Bimbo blanco	27
Figura 9 Información nutricional por porción Bimbo blanco con corteza de 21g	28
Figura 10 Lay Out del laboratorio de logística	45
Figura 11 Pan de molde con el datalogger dentro de la caja.....	46
Figura 12 Lay Out con las rutas del montacargas dentro del almacén	47
Figura 13 Grafica con los eventos de impacto "Prueba 1"	50
Figura 14 Grafica de temperatura "Prueba 1"	51
Figura 15 Diagrama de Pareto - Temperatura "Prueba 1"	52
Figura 16 Grafica con los eventos de impacto "Prueba 2"	54
Figura 17 Grafica de temperatura "Prueba 2"	55
Figura 18 Diagrama de Pareto - Temperatura "Prueba 2"	56
Figura 19 Datalogger MSR175.....	57
Figura 20 Diagrama de Ishikawa de "Impactos"	57
Figura 21 Diagrama de Ishikawa de "Temperatura"	58

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de las importaciones y exportaciones de productos alimenticios, la calidad y seguridad de los bienes transportados son factores cruciales para garantizar la satisfacción del consumidor final y cumplir con las regulaciones internacionales. El pan de molde, por su naturaleza perecedera, es particularmente sensible a las condiciones ambientales y a las dinámicas del transporte logístico. Factores como la temperatura y las vibraciones pueden afectar significativamente su textura, sabor y vida útil, representando un reto para los operadores de la cadena de suministro.

La monitorización de estas variables mediante el uso de dispositivos avanzados como los dataloggers se ha convertido en una herramienta indispensable en el sector logístico. Estos dispositivos permiten registrar y analizar datos en tiempo real sobre las condiciones a las que está expuesto el producto durante su transporte, desde el almacenamiento inicial hasta la entrega final. Este enfoque no solo ayuda a identificar posibles riesgos y puntos críticos dentro de la cadena de distribución, sino que también contribuye a la optimización de procesos logísticos y al cumplimiento de estándares de calidad en mercados internacionales.

En este contexto, el presente trabajo se centra en analizar cómo las condiciones de transporte, específicamente la temperatura y las vibraciones, impactan al pan de molde durante su distribución. Asimismo, se exploran las capacidades de los dataloggers como herramienta tecnológica para la recolección precisa de datos, destacando su relevancia en la gestión de la calidad de productos alimenticios dentro de la logística internacional.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

El Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga (TecNM) tiene una historia marcada por la donación de un terreno, la construcción de su primer edificio y la ampliación de su oferta educativa.

En primer lugar, en el 2008, la señora Miriam Cruz de Barberena donó 17 hectáreas de terreno para la construcción del TecNM. Posteriormente en 2009, se terminó la construcción del primer edificio, a lo cual, en 2010, se amplió la oferta educativa con la Ingeniería en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, por lo que en 2011, se inició la construcción de lo que hoy conocemos como el Laboratorio de Logística.

El TecNM es el tecnológico más joven del estado de Aguascalientes. Entre las carreras que ofrece se encuentran: Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería Logística, Ingeniería en Mecatrónica, Ingeniería Industrial, Licenciatura en Ingeniería en TIC's.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente no existe una investigación enfocada a la implementación de dataloggers, por lo cual esto marcaría el inicio de monitorear y registrar diversos parámetros como temperatura y las vibraciones, de manera continua y precisa. Sin embargo, realizar este seguimiento manualmente es inviable debido al gran volumen de datos y la necesidad de una medición constante, lo que puede resultar en pérdida de información crítica y errores humanos.

Actualmente, la falta de un sistema automatizado de registro de datos dificulta la toma de decisiones informadas, la identificación de patrones o tendencias, y la capacidad de reaccionar rápidamente a condiciones cambiantes. Por ejemplo, en un entorno industrial, la falta de un monitoreo adecuado de la temperatura y de las vibraciones, puede llevar a condiciones peligrosas o a una reducción en la calidad del producto.

Por lo tanto, se plantea la necesidad de desarrollar una investigación del datalogger que sea capaz de:

1. Recoger datos de múltiples sensores con alta precisión.
2. Almacenar datos de manera eficiente y segura.
3. Operar de forma autónoma durante largos periodos de tiempo.
4. Facilitar la transferencia y el análisis de datos mediante interfaces adecuadas.
5. Adaptarse a diferentes entornos y requerimientos específicos de cada aplicación.

Este datalogger debe ser una solución óptima y fácil de implementar, capaz de mejorar la eficiencia y la precisión en la monitorización de parámetros críticos para diversos campos de aplicación.

El Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga (ITPA) ofrece una variedad de carreras enfocadas en la ingeniería y la gestión empresarial. Entre sus principales programas se encuentran:

1. Ingeniería en Gestión Empresarial: Enfocada en la administración y optimización de operaciones empresariales.
2. Ingeniería Industrial: Prepara a los estudiantes para mejorar la productividad y eficiencia en sistemas industriales.
3. Ingeniería Mecatrónica: Combina mecánica, electrónica e informática para diseñar sistemas automatizados y robots.
4. Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TICs): Forma profesionales capaces de implementar soluciones tecnológicas.
5. Ingeniería en Logística: Especializada en la gestión de la cadena de suministro y distribución.

En cuanto a la matrícula, en 2022 el ITPA contó con 1,441 estudiantes, siendo las carreras de Ingeniería Industrial (590) y Gestión Empresarial (571) las más demandadas. Las prácticas de laboratorio se centran en áreas como la mecatrónica, energía y biogás, que están estrechamente vinculadas a las necesidades de la industria, permitiendo a los estudiantes aplicar sus conocimientos en proyectos reales y contribuir al sector productivo.

Con el fin de supervisar productos para realizar un análisis profundo del comportamiento de los distintos factores que puedan afectar a nuestro producto.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo general:

Implementación de dataloggers para la monitorización de variables críticas durante la distribución logística de importaciones y exportaciones durante el empaque y el embalaje del pan de molde.

Objetivos específicos:

- **Seleccionar y configurar dataloggers adecuados** para medir y registrar variables críticas como temperatura y vibraciones durante las etapas de distribución logística.
- **Definir y establecer los puntos críticos de monitoreo del pan de molde** en las fases de empaque, embalaje y transporte, asegurando la cobertura óptima de las áreas y procesos sensibles.
- **Validar la efectividad de los dataloggers implementados** mediante pruebas piloto en diferentes etapas de la cadena de distribución, ajustando parámetros según sea necesario para optimizar la recolección de datos.
- **Implementar la metodología DMAIC** para el análisis de datos y del comportamiento de los datos arrojados por el datalogger.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En este proyecto se utilizarán dataloggers, con el fin de optimizar la trazabilidad, asegurar la calidad del pan de molde, reducir pérdidas y mitigar riesgos asociados a condiciones adversas en la cadena de suministro.

Este sistema permitirá la recolección y análisis en tiempo real de datos sobre temperatura y vibraciones, garantizando así el cumplimiento de normativas internacionales y mejorando la eficiencia operativa.

1.5 HIPÓTESIS

La implementación de sensores para la monitorización de variables críticas durante la distribución logística de importaciones y exportaciones permite identificar y mitigar desviaciones en tiempo real, mejorando la preservación de la calidad del producto, reduciendo las pérdidas económicas y optimizando los procesos de transporte y almacenamiento.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

La presente investigación al ser realizada como proyecto de residencias tiene una duración semestral que generalmente oscila entre 4 y 6 meses, presenta varias limitaciones que pueden afectar la profundidad y alcance del estudio. Por ejemplo, la **Complejidad del Tema** también se algo que nos pueda limitar al momento de la investigación ya que, al hablar de sensores, es un tema muy amplio y muy extenso que precisamente se tiene que rescatar información orientada hacia los dataloggers ya que, al ser un tema nuevo se requiere de la información correcta para un mayor análisis de este tema en concreto.

Las **Restricciones Académicas** de igual manera pueden llegar a detener la investigación, ya que, al ser un proyecto para la liberación de las residencias profesionales, solo se deben de respetar ciertos parámetros y criterios para la liberación de estas.

A pesar de los beneficios, la implementación de sensores en logística enfrenta ciertos desafíos:

- Costo de implementación: La inversión inicial puede ser significativa, especialmente para pequeñas y medianas empresas.
- Interoperabilidad: Asegurar que diferentes sistemas y sensores puedan comunicarse y funcionar de manera conjunta.
- Seguridad de datos: Protección contra accesos no autorizados y ciberataques que puedan comprometer la información sensible.
- Gestión de grandes volúmenes de datos: Procesar y analizar eficientemente la gran cantidad de datos generados por los sensores (*Dell Technologies. 2020*).

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE FUNDAMENTOS

2.2 MARCO TEÓRICO

Para profundizar en el concepto de sensores, explorar su origen, evolución histórica y las múltiples aplicaciones que tienen en el sector logístico, se analizarán los tipos de sensores más utilizados, sus principios de funcionamiento y el impacto que generan en la optimización de procesos logísticos.

2.2.1 Concepto y Clasificación de Sensores

Definición de Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar cambios físicos o químicos en su entorno y convertirlos en señales eléctricas que pueden ser medidas e interpretadas. Estas señales proporcionan información cuantitativa y cualitativa sobre diversas variables, como temperatura, presión, humedad, movimiento, entre otras, permitiendo el monitoreo y control de procesos en tiempo real (*Dell Technologies. 2020*).

Clasificación de Sensores

Tabla 1 Clasificación de sensores

Criterio	Clases	Ejemplos
Aporte de energía	Moduladores	Termistor
	Generadores	Termopar
Señal de Salida	Analógicos	Potenciómetro
	Digitales	Codificador de posición
Modo de Operación	De deflexión	Acelerómetro de deflexión
	De comparación	Servo acelerómetro
Relación entrada-salida	Orden Cero	
	Primer Orden	
	Segundo Orden	
	Orden superior	
Magnitud medida	Nivel, flujo, etc.	
Parámetro Variable	Resistencia	
	Inductancia, etc.	

Nota: Esta tabla muestra la clasificación de los sensores de acuerdo a su tipo

Los sensores pueden clasificarse según diversos criterios:

Según el Tipo de Magnitud Medida

1. Sensores de temperatura: Miden la temperatura de un entorno o sustancia. Ejemplos incluyen termopares y termistores.
2. Sensores de presión: Detectan cambios en la presión de gases o líquidos.
3. Sensores de humedad: Miden la cantidad de vapor de agua presente en el aire o materiales.
4. Sensores de proximidad: Detectan la presencia o ausencia de objetos sin contacto físico.
5. Sensores de luz: Miden la intensidad luminosa, como fotodiodos y fototransistores.
6. Sensores de movimiento: Detectan movimiento o cambios en la posición de objetos, como acelerómetros y giroscopios.
7. Sensores químicos: Detectan la presencia y concentración de sustancias químicas específicas.

Según el Principio de Funcionamiento

1. Sensores pasivos: No requieren una fuente de energía externa para funcionar; generan una señal eléctrica directamente a partir de la magnitud medida. Ejemplo: termopares.
2. Sensores activos: Requieren una fuente de energía externa para operar y producir una señal eléctrica proporcional a la magnitud medida. Ejemplo: sensores capacitivos.

Según la Naturaleza de la Salida

1. Sensores analógicos: Producen una señal continua que es proporcional a la magnitud medida.
2. Sensores digitales: Producen señales discretas o digitales que representan la magnitud medida en forma de códigos binarios.

2.2.2 Origen y Evolución Histórica de los Sensores

Orígenes de la Sensorización

La historia de los sensores se remonta a los primeros intentos del ser humano por medir y controlar su entorno. Un ejemplo temprano es el termómetro inventado en el siglo XVII por Galileo Galilei, que permitió medir la temperatura de manera más precisa (*Dell Technologies. 2020*). Este dispositivo sentó las bases para el desarrollo de sensores más sofisticados al proporcionar una forma de cuantificar fenómenos naturales.

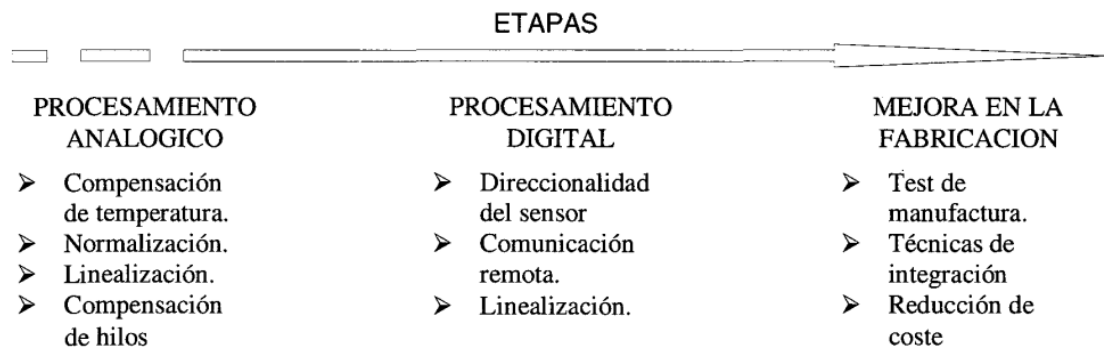


Figura 1 Polos de interés en la investigación de sensores inteligentes a lo largo del tiempo

Avances durante la Revolución Industrial

La Revolución Industrial del siglo XVIII y XIX impulsó significativamente el desarrollo de sensores debido a la necesidad de controlar procesos industriales complejos. La invención del manómetro para medir la presión de vapor en máquinas de vapor es un ejemplo notable de esta

época (Garay-Rondero C. L., 2020). Estos dispositivos permitieron mejorar la seguridad y eficiencia de las operaciones industriales.

Desarrollo en el Siglo XX

El siglo XX fue testigo de avances exponenciales en la tecnología de sensores, impulsados por el progreso en electrónica y materiales semiconductores. La invención del transistor en 1947 abrió puertas a la miniaturización y mejora en la sensibilidad de los sensores (*Martínez-Flores, J. L., 2020*).

En las décadas de 1960 y 1970, con el desarrollo de la tecnología de circuitos integrados, se crearon sensores más compactos y eficientes. La aparición de los sensores digitales y los microelectromecánicos (MEMS) revolucionó diversas industrias, permitiendo aplicaciones en campos como la automoción, aeroespacial y medicina (*Caballero Morales, S. O., 2020*).

Era Digital y Sensores Inteligentes

Con la llegada de la era digital y el Internet de las Cosas (IoT) en el siglo XXI, los sensores han adquirido capacidades avanzadas, integrándose con sistemas de comunicación y procesamiento de datos. Los sensores inteligentes ahora pueden no solo medir variables, sino también procesar y transmitir información de manera autónoma, facilitando la implementación de sistemas automatizados y conectados en tiempo real.

Aplicaciones de los Sensores en la Logística

La logística es un campo que se beneficia enormemente de la implementación de sensores, mejorando la eficiencia, seguridad y

trazabilidad de los procesos involucrados en la gestión de la cadena de suministro.

Monitoreo y Trazabilidad de Cargas

Los sensores permiten el monitoreo continuo de las condiciones en las que se transportan y almacenan las mercancías. Por ejemplo:

- Sensores de temperatura y humedad: Cruciales para productos perecederos como alimentos y medicamentos, asegurando que se mantengan en condiciones óptimas durante el transporte y almacenamiento *(Aldrette-Malacara, A, 2020)*.
- Sensores de ubicación (GPS): Facilitan la trazabilidad de las cargas, permitiendo conocer en tiempo real la ubicación de los envíos y optimizar rutas de transporte *(Aldrette-Malacara, A, 2020)*.
- Sensores de shock y vibración: Detectan impactos o condiciones que puedan dañar la mercancía, permitiendo tomar acciones correctivas inmediatas *(Caballero Morales, S. O., 2020)*.

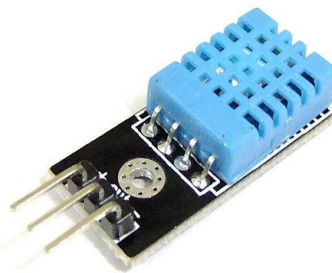


Figura 2 Sensor de temperatura y humedad

Gestión de Almacenes

En la gestión de almacenes inteligentes, los sensores juegan un papel fundamental:

- Sensores de proximidad y movimiento: Utilizados en sistemas de automatización para detectar la presencia y movimiento de objetos, facilitando procesos como el picking y almacenamiento automatizado *(Caballero Morales, S. O., 2020)*.
- Identificación por Radiofrecuencia (RFID): Permiten la identificación y seguimiento automático de productos, mejorando la precisión y eficiencia en la gestión de inventarios *(Martínez-Flores, J. L., 2020)*.
- Sensores ambientales: Monitorean condiciones como temperatura, humedad y calidad del aire dentro del almacén, asegurando condiciones óptimas para diferentes tipos de mercancías *(Ben-Daya et al., 2019)*.



Figura 3 Sensores de proximidad

Optimización de Flotas de Transporte

La implementación de sensores en vehículos de transporte mejora la gestión de flotas:

- Sensores de combustible: Monitorean el consumo de combustible, ayudando a optimizar rutas y reducir costos operativos (*Martínez-Flores, J. L., 2020*).
- Sensores de mantenimiento predictivo: Detectan fallos y desgastes en componentes del vehículo, permitiendo un mantenimiento proactivo y reduciendo tiempos de inactividad (*Ben-Daya et al., 2019*).
- Sensores de seguridad: Incluyen cámaras y detectores que mejoran la seguridad del conductor y la carga, previniendo accidentes y robos (*Ben-Daya et al., 2019*).



Figura 4 Sensores de combustible

Integración con Sistemas de Información

Los datos recopilados por los sensores se integran con Sistemas de Gestión de la Cadena de Suministro (SCM) y Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP), permitiendo una toma de decisiones informada y en tiempo real. Esta integración facilita:

- Análisis predictivo: Anticipar demandas y ajustar operaciones logísticas de manera proactiva.
- Optimización de procesos: Identificar cuellos de botella y áreas de mejora en la cadena de suministro.

- Transparencia y colaboración: Compartir información precisa y actualizada entre diferentes actores de la cadena logística.

La metodología que se usara para un mayor análisis y que tiene a su vez una sinergia con lo que se realizara en la metodología DMAIC.

DMAIC (Six Sigma)

La metodología **DMAIC** es uno de los pilares fundamentales del enfoque **Six Sigma**, que ha sido ampliamente adoptado en el mundo industrial para mejorar la calidad de los procesos y minimizar la variabilidad. Esta metodología es utilizada principalmente para resolver problemas complejos mediante un enfoque estructurado y basado en datos. Se compone de cinco fases: **Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)**, cada una con un propósito específico para guiar el análisis y la mejora de procesos (Ferreira et al., 2020) (Montgomery, 2019).



Figura 5 Ciclo DMAIC

Antecedentes de Six Sigma

El concepto de Six Sigma fue introducido por **Motorola** en la década de 1980 como una estrategia para mejorar la calidad, reducir defectos y eliminar desperdicios en los procesos de manufactura. Se atribuye a **Bill**

Smith, ingeniero de Motorola, como el principal desarrollador de la metodología. El éxito de Motorola en la implementación de Six Sigma impulsó a otras organizaciones, como **General Electric** bajo el liderazgo de **Jack Welch**, a adoptar esta metodología, extendiéndola a diferentes sectores productivos y de servicios (*Montgomery, 2019*).

Definición de DMAIC

DMAIC es una herramienta que sigue un enfoque cíclico de mejora continua. Cada una de sus fases está diseñada para identificar y eliminar las causas raíz de los problemas, reducir la variabilidad y asegurar que las mejoras implementadas sean sostenibles a lo largo del tiempo. Según *Montgomery (2019)*, "el ciclo DMAIC proporciona un marco claro para resolver problemas de calidad mediante el análisis y control de los procesos". Este ciclo ha demostrado ser eficaz en la mejora de procesos industriales y de servicios, gracias a su capacidad de adaptar técnicas estadísticas y analíticas que permiten tomar decisiones informadas (*Montgomery, 2019*).

Fases de DMAIC

1. Definir (Define)

- La fase de definición tiene como objetivo identificar el problema o la oportunidad de mejora, establecer los objetivos del proyecto y definir el alcance. destacan que en esta fase es crucial entender las expectativas de los clientes y las métricas críticas para la calidad (**CTQs**). Herramientas como el **diagrama SIPOC** (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) ayudan a visualizar el proceso desde una perspectiva de alto nivel y a identificar los actores clave involucrados.

2. Medir (Measure)

- En la fase de medir, se recopilan datos del proceso actual para obtener una línea de base del rendimiento. *Montgomery, (2019)*. señala que "la fase de Medir es crucial para la recopilación de datos precisos que permitan cuantificar el problema". Este paso utiliza herramientas como **gráficos de control** y el **análisis de capacidad de proceso (Cp y Cpk)** para evaluar la capacidad del proceso de cumplir con las especificaciones. *Montgomery (2019)* añade que la correcta recolección de datos en esta fase asegura que el análisis posterior esté basado en información precisa y confiable.

3. Analizar (Analyze)

- El análisis de los datos recopilados permite identificar las causas raíz de los problemas. En esta fase se aplican herramientas estadísticas avanzadas, como el **análisis de Pareto**, **diagramas de causa y efecto (Ishikawa)** y el **análisis de regresión**. Según *Pyzdek y Keller (2018)*, el objetivo es "determinar cuáles son los factores clave que contribuyen al problema, de manera que se puedan priorizar y abordar". Este enfoque de análisis profundo garantiza que las soluciones se dirijan a las verdaderas causas del problema, y no a sus síntomas (*Montgomery, 2019*).

4. Mejorar (Improve)

- En la fase de mejorar, el equipo de proyecto desarrolla e implementa soluciones basadas en los resultados del análisis. Las pruebas piloto y el **Diseño de Experimentos (DOE)** son herramientas comunes para validar las mejoras propuestas antes de implementarlas a gran escala (*Ferreira et al. 2020*). Además, se pueden realizar simulaciones de proceso para evaluar el impacto

potencial de las soluciones sin interrumpir las operaciones actuales. *Ferreira et al. (2020)* señalan que "la implementación efectiva de mejoras en esta fase requiere un enfoque riguroso en el análisis de datos y la experimentación controlada".

5. Controlar (Control)

- La fase final de Control se enfoca en asegurar que las mejoras implementadas sean sostenibles a largo plazo. Para ello, se utilizan **gráficos de control** y otras herramientas de **Control Estadístico de Procesos (SPC)** para monitorear el desempeño del proceso. Según *Montgomery (2019)*, el propósito de esta fase es "mantener las ganancias de mejora y evitar la regresión del proceso a su estado anterior". También se desarrollan **planes de control** que detallan las acciones a tomar en caso de que el proceso vuelva a presentar variaciones o problemas.

Aplicaciones de DMAIC en Ingeniería Industrial

La metodología DMAIC ha sido ampliamente utilizada en la **ingeniería industrial**, donde la mejora de la eficiencia y la reducción de defectos son cruciales para la productividad. *Rath & Strong (2016)* indican que la metodología ha sido clave en la **optimización de procesos de manufactura**, donde la precisión y el control de la variabilidad son esenciales. DMAIC también ha encontrado aplicaciones en áreas como la logística, la gestión de la cadena de suministro y los servicios, destacándose como una metodología flexible y adaptable (*Ferreira et al. 2020*).

DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto es una herramienta gráfica utilizada para identificar y priorizar problemas o causas en diversos procesos, basándose en el principio de Pareto, que establece que el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. Este diagrama permite visualizar de manera clara cuáles son los factores más críticos que requieren atención inmediata.

Principales características:

1. **Distribución de problemas o causas:** Organiza datos en orden descendente de frecuencia o impacto, destacando las áreas críticas.
2. **Regla 80/20:** Facilita la identificación de pocos elementos clave responsables de la mayoría de los problemas.
3. **Estructura del diagrama:** Incluye un eje de frecuencia o impacto, un eje categórico para los problemas y una línea acumulativa que ayuda a identificar los elementos más significativos.

Beneficios del uso del diagrama de Pareto:

- Mejora la toma de decisiones al identificar prioridades claras.
- Ayuda en la asignación eficiente de recursos para la solución de problemas.
- Es ampliamente utilizado en gestión de calidad y mejora continua.

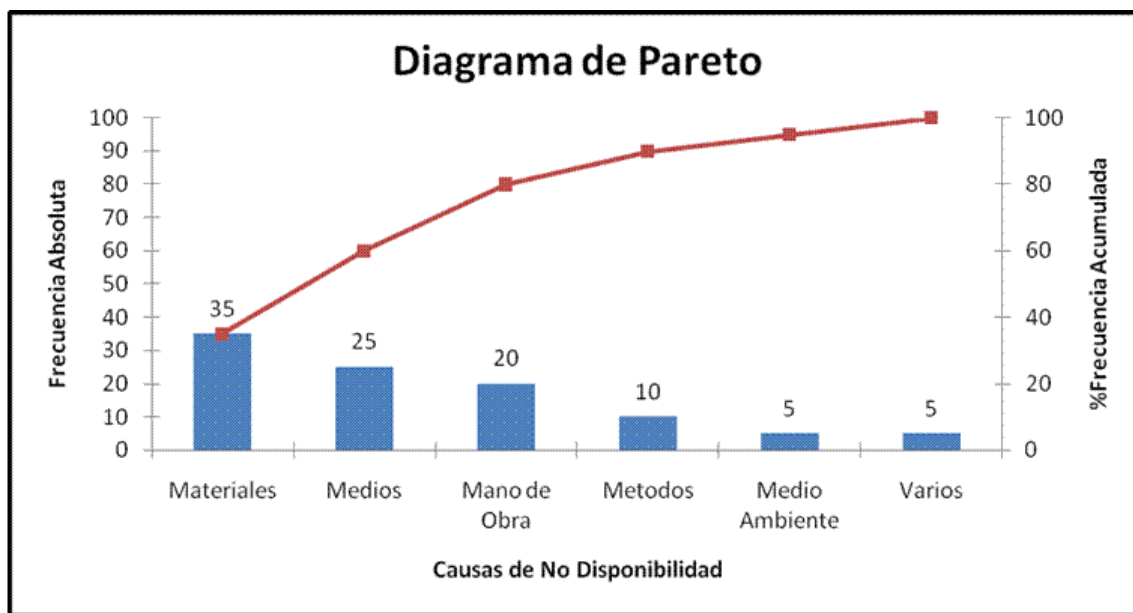


Figura 6 Ejemplo "Diagrama de Pareto"

DIAGRAMA DE ISHIKAWA

El **diagrama de Ishikawa**, también conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa-efecto, es una herramienta visual utilizada para identificar y analizar las posibles causas de un problema específico. Fue desarrollado por Kaoru Ishikawa, experto en gestión de calidad, y es ampliamente empleado en sectores como manufactura, marketing y servicios.

Elementos y estructura

El diagrama tiene la forma de un pez:

- **Cabeza:** Representa el problema o efecto que se desea analizar.
- **Espina central:** Es la línea principal que conecta todas las categorías.

- **Espinas principales y secundarias:** Contienen las categorías y subcategorías de causas.

Las 6M clásicas

Originalmente, el diagrama se basa en las siguientes categorías:

1. **Método:** Procesos o procedimientos empleados.
2. **Maquinaria:** Herramientas o equipos involucrados.
3. **Mano de obra:** Personal y sus competencias.
4. **Materiales:** Insumos utilizados en el proceso.
5. **Medición:** Controles y evaluaciones realizadas.
6. **Medio ambiente:** Condiciones externas, como espacio o clima.

Aplicaciones prácticas

El diagrama se utiliza para:

- Identificar problemas de calidad en productos o servicios.
- Optimizar procesos organizacionales.
- Resolver problemas en marketing, como campañas ineficaces.
- Mejorar tiempos de entrega o niveles de satisfacción del cliente.

Beneficios

- Facilita la identificación de causas raíz de un problema.
- Mejora la colaboración y el trabajo en equipo.
- Permite tomar decisiones basadas en datos organizados.
- Ayuda a prevenir la repetición de problemas similares.

Para elaborarlo, se siguen pasos como definir el problema central, identificar posibles causas mediante lluvia de ideas, y clasificar las

causas dentro de las categorías mencionadas. Posteriormente, se analizan las causas raíz y se plantean soluciones.

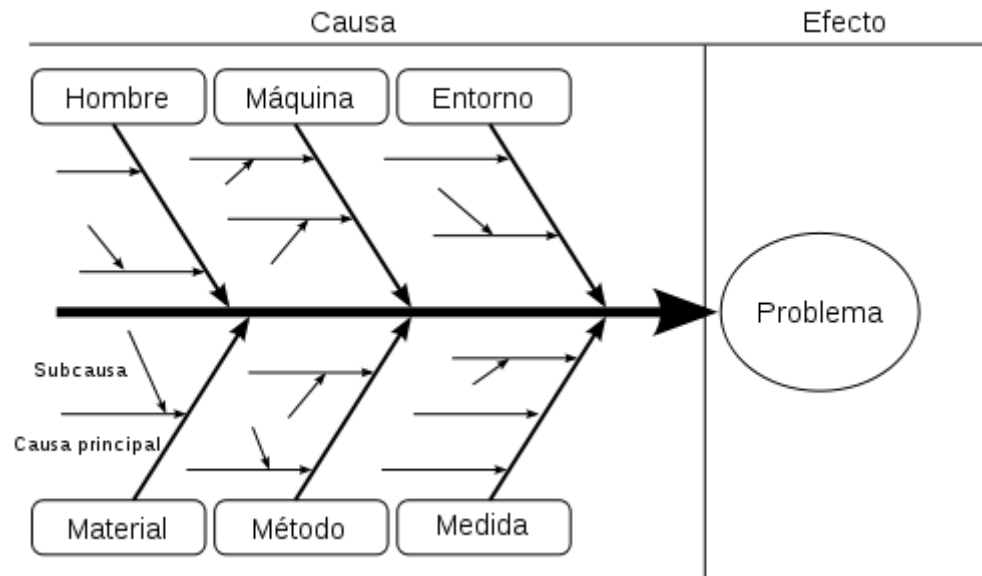


Figura 7 Ejemplo "Diagrama de Ishikawa"

PAN DE MOLDE (BIMBO)

Características del pan de molde

Bimbo produce una variedad de panes de molde diseñados para satisfacer diferentes preferencias y necesidades. Algunos productos destacados incluyen pan integral, multicereal y blanco, cada uno con características específicas:



Figura 8 Pan de molde Bimbo blanco

- **Ingredientes naturales:** Algunas versiones, como el pan 100% integral, están hechas con harina integral de trigo, masa madre inactiva y aceite de oliva, sin conservantes ni aditivos.
- **Propiedades nutricionales:** Proveen fibra, carbohidratos y bajo contenido en grasas saturadas. En su versión integral, destacan por el alto contenido de fibra en comparación con el pan blanco tradicional.
- **Opciones específicas:** Pan sin gluten y pan bajo en azúcar son ejemplos de alternativas para consumidores con restricciones dietéticas específicas. *(Grupo Bimbo. 2024)(La vanguardia. 2021)*

Valor energético: 246 kJ / 58 kcal

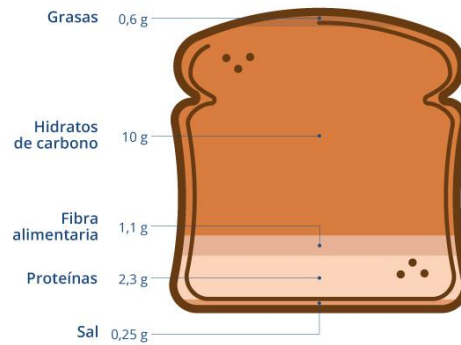


Figura 9 Información nutricional por porción Bimbo blanco con corteza de 21g

Propiedades y calidad nutricional

El pan de molde Bimbo está diseñado para durar fresco más tiempo gracias a su empaque especializado. Sin embargo, algunos productos han sido criticados por el uso de harinas refinadas y azúcares añadidos, que podrían aumentar los niveles de glucemia rápidamente en la sangre. En contraste, las opciones integrales y multicereales son valoradas por su mayor contenido de fibra y grasas poliinsaturadas, derivadas de semillas o cereales completos. (*Profeco. 2024*)(*La vanguardia. 2021*).

Tabla 2.1 **Información nutricional del pan de molde Bimbo**

	IR*	
	100g	21g
Valor energético (kcal)	295(1243kJ)	83(348kJ)
Grasas (g)	6.1	1.7
Saturadas (g)	1.2	0.3
Monoinsaturadas (g)	1.4	0.4
Poliinsaturadas (g)	3.5	1
Hidratos de carbono (g)	48	13
Azúcares (g)	6.3	1.8
Almidón (g)	42	
Proteínas (g)	10	2.8
Sal (g)	1.1	0.31
Fibra alimentaria (g)	3.1	0.9

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Normas y estándares de calidad

Bimbo debe cumplir con normativas nacionales e internacionales para garantizar la calidad del pan de molde, incluyendo:

1. Normas mexicanas:

- Cumplimiento con la NOM-051-SCFI/SSA1 para el etiquetado de alimentos preenvasados.
- Verificación por parte de la Procuraduría Federal del Consumidor (Profeco), que evalúa el cumplimiento de las características prometidas en los productos.

2. Normas internacionales:

- Aplicación de estándares del Codex Alimentarius para el pan y productos de panadería.
- Certificaciones como FSSC 22000 y HACCP, que garantizan la seguridad alimentaria en los procesos de producción.
(Profeco. 2024)(La vanguardia. 2021)(Grupo Bimbo. 2024).

Evaluación externa y reconocimiento

La Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) en España ha evaluado algunos panes de molde de Bimbo, destacando la calidad en términos de sabor y textura, aunque recomendando priorizar panes integrales por su perfil nutricional superior. (*La vanguardia. 2021*).

CAPÍTULO 3: DISEÑO METODOLÓGICO

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para realizar el análisis de las mediciones del datalogger MSR175, se realizaron 2 corridas (Pruebas) en la cual se tomaron 30 eventos para la primera corrida y 15 eventos para la segunda, en el que cada uno de los eventos nos arroja una media de 800 datos generados por el sensor en el momento de las corridas.

Muestra:

en base a esos datos se realizaron las siguientes tablas donde se ve de manera resumida los eventos tomados donde se ve el mínimo y el máximo, al igual que la aceleración máxima, junto con la hora de inicio y la fecha.

Tabla 3 Datos obtenidos con el datalogger "Prueba 1"

Event ID:	0	Start Date:	24-11-26	Event ID:	15	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	67.327171	Start Time:	12:42 PM	Acceleration (max):	62.84304	Start Time:	01:48 PM
IoT (total):	17.657247	ToT (total):	2.8125	IoT (total):	19.44906	ToT (total):	2.8125
IoT (max):	11.82261	ToT (max):	0.625	IoT (max):	14.92645	ToT (max):	0.9375
Event ID:	1	Start Date:	24-11-26	Event ID:	16	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	6.0547633	Start Time:	12:42 PM	Acceleration (max):	25.421843	Start Time:	01:48 PM
IoT (total):	0.2905158	ToT (total):	0.625	IoT (total):	9.1701104	ToT (total):	1.25
IoT (max):	0.2905158	ToT (max):	0.625	IoT (max):	9.1701104	ToT (max):	0.9375
Event ID:	2	Start Date:	24-11-26	Event ID:	17	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	5.4929643	Start Time:	12:43 PM	Acceleration (max):	21.641687	Start Time:	01:48 PM
IoT (total):	0	ToT (total):	0.3125	IoT (total):	11.249486	ToT (total):	2.5
IoT (max):	0	ToT (max):	0.3125	IoT (max):	10.843547	ToT (max):	1.5625
Event ID:	3	Start Date:	24-11-26	Event ID:	18	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	13.353845	Start Time:	12:43 PM	Acceleration (max):	5.9887524	Start Time:	01:49 PM
IoT (total):	7.0743574	ToT (total):	1.5625	IoT (total):	1.0065606	ToT (total):	2.8125
IoT (max):	7.0743574	ToT (max):	1.5625	IoT (max):	0.7247304	ToT (max):	1.5625
Event ID:	4	Start Date:	24-11-26	Event ID:	19	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	24.239487	Start Time:	01:45 PM	Acceleration (max):	39.184116	Start Time:	01:49 PM
IoT (total):	4.4378938	ToT (total):	1.25	IoT (total):	13.891607	ToT (total):	2.1875
IoT (max):	3.8475905	ToT (max):	0.625	IoT (max):	12.628348	ToT (max):	1.25
Event ID:	5	Start Date:	24-11-26	Event ID:	20	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	4.3066988	Start Time:	01:46 PM	Acceleration (max):	23.853882	Start Time:	01:50 PM
IoT (total):	0	ToT (total):	0	IoT (total):	15.099304	ToT (total):	3.125
IoT (max):	0	ToT (max):	0	IoT (max):	13.029974	ToT (max):	1.5625
Event ID:	6	Start Date:	24-11-26	Event ID:	21	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	38.29501	Start Time:	01:46 PM	Acceleration (max):	15.552898	Start Time:	01:51 PM
IoT (total):	11.140558	ToT (total):	1.5625	IoT (total):	2.4077745	ToT (total):	0.625
IoT (max):	9.6516619	ToT (max):	0.625	IoT (max):	2.4077745	ToT (max):	0.625
Event ID:	7	Start Date:	24-11-26	Event ID:	22	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	19.995878	Start Time:	01:47 PM	Acceleration (max):	11.871927	Start Time:	01:51 PM
IoT (total):	1.0260914	ToT (total):	1.5625	IoT (total):	3.526551	ToT (total):	0.9375
IoT (max):	1.0260914	ToT (max):	0.625	IoT (max):	3.526551	ToT (max):	0.9375
Event ID:	8	Start Date:	24-11-26	Event ID:	23	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	27.313232	Start Time:	01:47 PM	Acceleration (max):	182.95987	Start Time:	01:51 PM
IoT (total):	23.410303	ToT (total):	4.0625	IoT (total):	305.65204	ToT (total):	16.25
IoT (max):	13.821505	ToT (max):	1.25	IoT (max):	191.34935	ToT (max):	4.375
Event ID:	9	Start Date:	24-11-26	Event ID:	24	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	6.8489165	Start Time:	01:48 PM	Acceleration (max):	16.093716	Start Time:	01:51 PM
IoT (total):	0.5099618	ToT (total):	0.625	IoT (total):	3.4860542	ToT (total):	3.75
IoT (max):	0.5099618	ToT (max):	0.625	IoT (max):	2.0206594	ToT (max):	0.625
Event ID:	10	Start Date:	24-11-26	Event ID:	25	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	11.464735	Start Time:	01:48 PM	Acceleration (max):	24.867149	Start Time:	01:51 PM
IoT (total):	10.134497	ToT (total):	5.3125	IoT (total):	6.8042756	ToT (total):	0.9375
IoT (max):	7.4023304	ToT (max):	3.4375	IoT (max):	6.8042756	ToT (max):	0.9375
Event ID:	11	Start Date:	24-11-26	Event ID:	26	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	19.202673	Start Time:	01:48 PM	Acceleration (max):	8.5397692	Start Time:	01:51 PM
IoT (total):	18.952653	ToT (total):	4.6875	IoT (total):	19.114269	ToT (total):	9.6875
IoT (max):	8.4164163	ToT (max):	1.5625	IoT (max):	19.114269	ToT (max):	9.0625
Event ID:	12	Start Date:	24-11-26	Event ID:	27	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	43.584545	Start Time:	01:48 PM	Acceleration (max):	13.707759	Start Time:	01:51 PM
IoT (total):	10.328938	ToT (total):	1.25	IoT (total):	7.3166523	ToT (total):	1.5625
IoT (max):	8.0151303	ToT (max):	0.625	IoT (max):	7.3166523	ToT (max):	1.5625
Event ID:	13	Start Date:	24-11-26	Event ID:	28	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	61.331192	Start Time:	01:48 PM	Acceleration (max):	65.3004	Start Time:	01:51 PM
IoT (total):	44.127197	ToT (total):	5.3125	IoT (total):	40.943793	ToT (total):	8.4375
IoT (max):	37.751408	ToT (max):	2.5	IoT (max):	26.601044	ToT (max):	2.5
Event ID:	14	Start Date:	24-11-26	Event ID:	29	Start Date:	24-11-26
Acceleration (max):	5.9910483	Start Time:	01:48 PM	Acceleration (max):	11.444437	Start Time:	01:51 PM
IoT (total):	0	ToT (total):	0.625	IoT (total):	2.7133252	ToT (total):	0.9375
IoT (max):	0	ToT (max):	0.3125	IoT (max):	2.7133252	ToT (max):	0.9375

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Tabla 4 Datos obtenidos con el datalogger "Prueba 2"

Event ID:	0	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	22.902624	Start Time:	12:14 PM
IoT (total):	42.370014	ToT (total):	10
IoT (max):	42.370014	ToT (max):	9.375
Event ID:	1	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	7.4158721	Start Time:	12:14 PM
IoT (total):	1.8374558	ToT (total):	1.5625
IoT (max):	1.8374558	ToT (max):	0.9375
Event ID:	2	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	10.492623	Start Time:	12:14 PM
IoT (total):	1.8690675	ToT (total):	1.25
IoT (max):	1.6613545	ToT (max):	0.625
Event ID:	3	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	15.247054	Start Time:	12:15 PM
IoT (total):	29.181473	ToT (total):	10.3125
IoT (max):	16.371275	ToT (max):	2.5
Event ID:	4	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	12.372759	Start Time:	12:15 PM
IoT (total):	16.722945	ToT (total):	6.5625
IoT (max):	15.434108	ToT (max):	3.125
Event ID:	5	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	2.0457654	Start Time:	12:15 PM
IoT (total):	0	ToT (total):	0
IoT (max):	0	ToT (max):	0
Event ID:	6	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	2.4663041	Start Time:	12:18 PM
IoT (total):	0	ToT (total):	0
IoT (max):	0	ToT (max):	0
Event ID:	7	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	17.644337	Start Time:	12:54 PM
IoT (total):	39.077127	ToT (total):	11.25
IoT (max):	30.249135	ToT (max):	4.375
Event ID:	8	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	10.307893	Start Time:	12:54 PM
IoT (total):	39.97654	ToT (total):	17.8125
IoT (max):	15.218495	ToT (max):	3.75
Event ID:	9	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	2.3869765	Start Time:	12:57 PM
IoT (total):	0	ToT (total):	0
IoT (max):	0	ToT (max):	0
Event ID:	10	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	5.5895128	Start Time:	01:00 PM
IoT (total):	1.2742491	ToT (total):	1.875
IoT (max):	1.2742491	ToT (max):	1.875
Event ID:	11	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	10.921431	Start Time:	01:00 PM
IoT (total):	3.0997641	ToT (total):	1.25
IoT (max):	3.0997641	ToT (max):	1.25
Event ID:	12	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	43.052559	Start Time:	01:00 PM
IoT (total):	63.610436	ToT (total):	4.6875
IoT (max):	63.610436	ToT (max):	4.6875
Event ID:	13	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	59.302784	Start Time:	01:00 PM
IoT (total):	27.762885	ToT (total):	5.3125
IoT (max):	21.354634	ToT (max):	1.875
Event ID:	14	Start Date:	24-11-27
Acceleration (max):	7.0196266	Start Time:	01:00 PM
IoT (total):	1.0948309	ToT (total):	0.625
IoT (max):	1.0948309	ToT (max):	0.625

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

3.5 HIPÓTESIS

El uso de dataloggers en la distribución logística mejora la eficiencia operativa y la calidad del servicio al cliente, reduciendo el tiempo de entrega y la tasa de errores en el manejo de productos.

Variables independientes:

1. Uso de dataloggers: Implementación de dispositivos datalogger para el monitoreo de variables como temperatura, humedad, localización, y tiempo durante la distribución.
2. Frecuencia de monitoreo de datos: Cuán a menudo los dataloggers recopilan y transmiten información en tiempo real.
3. Tipo de datalogger utilizado: Especificaciones y capacidades del datalogger (p. ej., rango de temperatura, conectividad en tiempo real).
4. Integración con el sistema de gestión logística (SGA): Nivel de integración de los dataloggers con el software logístico para la toma de decisiones en tiempo real.

Variables dependientes:

1. Eficiencia operativa: Medida en tiempo de entrega, uso de recursos (combustible, personal) y optimización de rutas.
2. Tasa de errores en el manejo de productos: Número de errores en la entrega (daños, pérdidas, incorrectas entregas) relacionados con el estado de los productos durante el transporte.
3. Costo total de distribución: Impacto en los costos de transporte y almacenamiento derivados de la implementación de dataloggers.

3.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Estos aparatos están diseñados para medir una amplia gama de variables en diversas aplicaciones industriales, ambientales y científicas. Algunas de las variables más comunes que miden los dataloggers son:

1. **Temperatura:** Es una de las variables más comunes en industrias como la agroalimentaria, farmacéutica, y en estudios ambientales. Los dataloggers de temperatura son útiles para monitorear condiciones ambientales controladas o procesos industriales.
2. **Humedad relativa:** Estos dispositivos miden la cantidad de humedad en el aire, fundamental en procesos de manufactura, almacenamiento de productos y estudios meteorológicos.
3. **Presión:** Los dataloggers de presión son utilizados en industrias como la automotriz, petroquímica y en la aviación, donde es crucial mantener y monitorear niveles de presión constantes.
4. **Corriente y voltaje:** Utilizados en el monitoreo de sistemas eléctricos, miden el flujo de corriente y la variación de voltaje en circuitos eléctricos.
5. **Aceleración y vibración:** Estos dataloggers se utilizan para medir vibraciones en maquinaria industrial, y son útiles para monitorear la salud de equipos críticos, detectando fallas potenciales antes de que se conviertan en problemas graves.
6. **Caudal (flujo de líquidos o gases):** Miden la cantidad de líquido o gas que pasa a través de un sistema en un determinado periodo de tiempo, siendo cruciales en aplicaciones como la gestión de aguas o la industria de procesamiento químico.
7. **Luz:** Usados en agricultura y estudios ambientales, los dataloggers de luz miden la intensidad luminosa para controlar la exposición solar en cultivos o espacios cerrados.

8. **Velocidad del viento:** Frecuente en estudios meteorológicos o energías renovables, miden la velocidad y dirección del viento para determinar las condiciones en un entorno particular.
9. **Concentración de gases:** En el ámbito ambiental, algunos dataloggers son capaces de medir la concentración de gases como CO₂, oxígeno, metano u otros compuestos volátiles.

Esta hipótesis puede ser probada a través de un estudio experimental en diferentes entornos industriales, comparando la precisión de los datos obtenidos con dataloggers frente a los métodos tradicionales de medición manual.

3.7 BASES CONCEPTUALES

La **operacionalización de variables** implica transformar las variables abstractas que se desean medir en indicadores específicos y medibles, que pueden ser capturados por un datalogger. Esto requiere definir claramente qué se está midiendo, cómo se mide y bajo qué condiciones. A continuación, se describe cómo se operacionalizan algunas variables comunes en el uso de dataloggers:

1. **Temperatura:**

- **Definición conceptual:** Grado de calor o frío medido en una sustancia o ambiente.
- **Definición operacional:** La temperatura se mide en grados Celsius (°C) o Fahrenheit (°F) mediante un sensor térmico incorporado en el datalogger.
- **Indicador:** Fluctuaciones en los valores de temperatura registradas por el sensor en intervalos predefinidos (p. ej., cada 10 segundos, cada minuto).

2. Humedad relativa:

- **Definición conceptual:** Porcentaje de vapor de agua presente en el aire comparado con el máximo que el aire puede contener a esa temperatura.
- **Definición operacional:** La humedad se mide en porcentaje (%) mediante un sensor de humedad integrado en el datalogger.
- **Indicador:** Cambios porcentuales en la humedad captados en intervalos específicos.

3. Presión:

- **Definición conceptual:** Fuerza que ejerce un gas o un líquido en un punto determinado.
- **Definición operacional:** Se mide en unidades como Pascal (Pa), atmósferas (atm) o bares (bar) utilizando un transductor de presión.
- **Indicador:** Variaciones de presión registradas en un periodo de tiempo continuo.

4. Caudal (flujo de líquidos o gases):

- **Definición conceptual:** Volumen de líquido o gas que pasa por un punto de un sistema en un periodo de tiempo determinado.
- **Definición operacional:** Se mide en metros cúbicos por segundo (m^3/s) o litros por minuto (L/min), mediante sensores de caudal.
- **Indicador:** Volumen total y velocidad de flujo del líquido o gas monitoreado.

5. **Corriente y voltaje:**

- **Definición conceptual:** El flujo de electrones en un circuito y la diferencia de potencial eléctrico.
- **Definición operacional:** Se mide en amperios (A) para la corriente y en voltios (V) para el voltaje, utilizando sensores eléctricos conectados al datalogger.
- **Indicador:** Magnitud de la corriente y voltaje a intervalos regulares en el tiempo.

3.8 TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

1. **Muestreo periódico o continuo:**

- Los dataloggers pueden configurarse para recopilar datos en intervalos periódicos predefinidos (p. ej., cada 5 segundos, cada 10 minutos) o de forma continua, según las necesidades del proceso. El intervalo de muestreo se define en función de la velocidad con la que cambia la variable que se está midiendo.

2. **Almacenamiento de datos digital:**

- Los dataloggers guardan los datos de manera digital en una memoria interna o en una tarjeta de almacenamiento externa. Esto permite almacenar grandes volúmenes de datos durante periodos largos de tiempo sin intervención humana.

3. **Transmisión en tiempo real:**

- Algunos dataloggers están equipados con tecnología para transmitir los datos en tiempo real a un sistema central a

través de Wi-Fi, Bluetooth, o conexión por cable (Ethernet, USB). Esto es útil cuando se necesita monitoreo constante o cuando los datos deben ser revisados remotamente.

4. **Calibración de sensores:**

- Antes de iniciar la recolección de datos, los sensores del datalogger deben ser calibrados para asegurar la precisión. Esto implica ajustarlos con base en estándares conocidos y realizar pruebas de validación para asegurar que los datos recopilados sean exactos.

5. **Configuración de alertas:**

- Los dataloggers pueden ser configurados para generar alertas cuando los valores medidos excedan ciertos umbrales. Por ejemplo, un datalogger de temperatura puede enviar una notificación cuando la temperatura supera un límite seguro.

6. **Exportación y análisis de datos:**

- Los datos recopilados pueden ser exportados a software especializado (como Excel, Minitab o herramientas de análisis estadístico) para realizar un análisis detallado. Los datos se presentan en formatos como **CSV** o **TXT** para facilitar su procesamiento y graficación.

3.9 DISEÑO DE INSTRUMENTOS

Implementar un datalogger confiable y válido para monitorear las condiciones ambientales (temperatura y humedad) durante la distribución logística de productos sensibles. La implementación busca asegurar la integridad y estabilidad de los datos recogidos, garantizando que los productos se mantengan en condiciones óptimas a lo largo de toda la cadena de suministro.

3.9.1. Características del Datalogger

- **Sensores:**
 - **Temperatura:** Rango operativo de -20 °C a 60 °C con precisión de ± 0.5 °C.
 - **Humedad:** Rango de 0 % a 100 % HR con precisión de ± 3 % HR.
- **Memoria:** Capacidad para almacenar datos de al menos 30 días de viaje sin necesidad de descarga.
- **Frecuencia de muestreo:** Configurable en intervalos de 1 a 60 minutos para mayor flexibilidad.
- **Conectividad:** Capacidad de transmisión de datos vía Bluetooth y opciones para descarga manual.

3.9.2. Dimensiones de Confiabilidad

- **Durabilidad del Equipo:** Construido para soportar cambios bruscos de temperatura y humedad, así como vibraciones y choques propios del transporte.
- **Estabilidad de Lecturas:** Realización de pruebas de precisión para garantizar que el datalogger mantenga la misma calidad de lectura durante toda su vida útil. Se recomienda la calibración anual para confirmar la precisión de los sensores.

- **Recuperación de Datos:** El diseño permite la recuperación de datos aun cuando la conectividad se vea interrumpida. La memoria interna asegura que no haya pérdida de datos en rutas largas o en áreas sin cobertura de red.

3.9.3. Dimensiones de Validez

- **Calibración Precisa:** Calibración del datalogger en condiciones controladas para validar que sus lecturas sean precisas antes de la implementación. Cada dispositivo debe venir con un certificado de calibración que cumpla con los estándares internacionales.
- **Validación en Campo:** Pruebas de comparación entre las lecturas del datalogger y equipos de referencia (termómetros y higrómetros calibrados) en condiciones reales de transporte. Esta validación se realiza tanto en laboratorio como en pruebas piloto de campo antes de la implementación definitiva.
- **Integridad de Datos:** Uso de algoritmos para detectar posibles errores en la lectura (por ejemplo, picos de temperatura anómalos), permitiendo el análisis y la corrección de datos cuando sea necesario.

3.9.4. Métodos de Validación y Prueba

- **Pruebas Ambientales:** Exposición del datalogger a rangos específicos de temperatura y humedad en cámaras climáticas para asegurar la precisión en condiciones extremas.
- **Simulaciones de Transporte:** Realizar simulaciones de rutas típicas de transporte con el montacargas, incluyendo movimientos y vibraciones, para evaluar la resistencia y consistencia de las lecturas.

- **Revisión de Datos en Tiempo Real:** Probar la transmisión en tiempo real y la capacidad de almacenar datos cuando la transmisión no esté disponible, asegurando que los datos no se pierdan durante el trayecto.

3.10 VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

1. **Objetivo:** Verificar la precisión de los sensores de temperatura y humedad del datalogger para un monitoreo confiable durante el transporte de mercancías sensibles.

2. Criterios de Aceptación:

- Temperatura: Precisión de ± 0.5 °C en el rango de -20 °C a 60 °C.
- Humedad: Precisión de ± 3 % HR en el rango de 0 % a 100 % HR.

3. Procedimiento:

- Calibración Inicial: Verificar que el datalogger esté calibrado adecuadamente.
- Pruebas de Temperatura, humedad e impactos: Comparar lecturas del datalogger con equipos de referencia en diferentes condiciones.
- Integridad de Datos: Evaluar la capacidad del datalogger para registrar y almacenar datos sin pérdida en un entorno simulado de transporte.

4. **Resultados:** Los datos deben cumplir las tolerancias de precisión; de no ser así, recalibrar o reemplazar el equipo.

5. **Documentación y Frecuencia:** Documentar resultados y realizar la validación anualmente o cuando se detecten desviaciones.

3.11 PILOTAJE

A continuación, se presentan dos URL donde se podrán apreciar dos videos, los cuales el primero muestra la instalación del software y la manera adecuada de utilizar el Datalogger MSRI75, y en el segundo video muestra una prueba piloto que se realizo para la primera prueba.

Instalación del software y como utilizar el datalogger:

https://drive.google.com/file/d/1d1l1438SkVxWkZ65BjWHxp7_7PHy9jQ7/view?usp=drive_link

Prueba piloto (Prueba 1):

<https://youtu.be/gh7eqiLuEEs>

3.12 TRABAJO DE CAMPO

El propósito de este trabajo de campo fue evaluar las condiciones del producto en cuanto a: **temperatura** e **impactos**, durante el almacenamiento y transporte de productos perecederos, utilizando pan de molde Bimbo como objeto de estudio. Para ello, se empleó un datalogger colocado dentro de una caja junto al producto y se sometió a condiciones simuladas de manejo logístico en un laboratorio especializado. La investigación tiene como objetivo identificar posibles variaciones de temperatura, humedad e impactos que puedan afectar la calidad del producto durante el manejo y almacenamiento en un contenedor al exterior.

Metodología

El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de logística, en el cual se recrearon condiciones típicas del manejo de productos en un entorno industrial. A continuación, se describen las etapas del experimento:

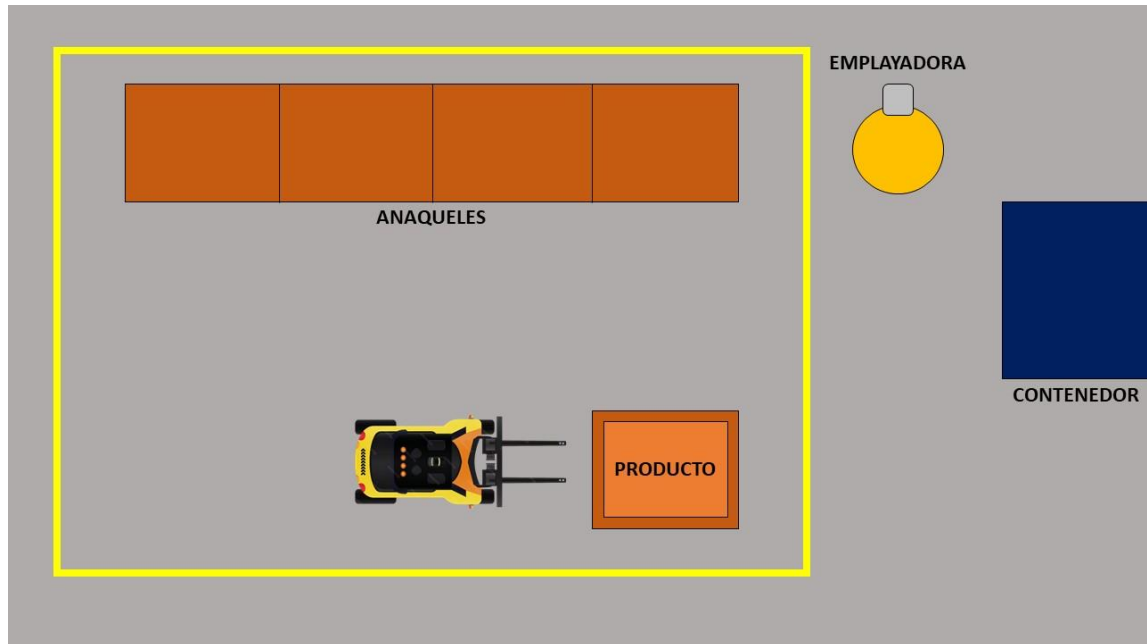


Figura 10 Lay Out del laboratorio de logística

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

A) Preparación del experimento

- Se seleccionó un paquete de pan de molde Bimbo como muestra representativa.
- Se colocó un datalogger dentro de una caja que contenía el pan. Este dispositivo fue configurado para registrar datos de temperatura e impactos cada 10 minutos durante todo el experimento.



Figura 11 Pan de molde con el datalogger dentro de la caja

B) Empleado de la tarima

- La caja con el pan y el datalogger fue colocada sobre una tarima.
- La tarima fue empleada cuidadosamente, simulando el proceso estándar utilizado en la industria para asegurar la estabilidad de la carga.

C) Transporte y reubicación del contenedor

- Con ayuda de un montacargas manejado por una persona experta en el manejo del vehículo, la tarima fue movida y almacenada en un contenedor ubicado en el exterior del laboratorio.
- El contenedor estuvo expuesto a las condiciones climáticas normales del entorno durante un periodo definido de tiempo (1 hora).

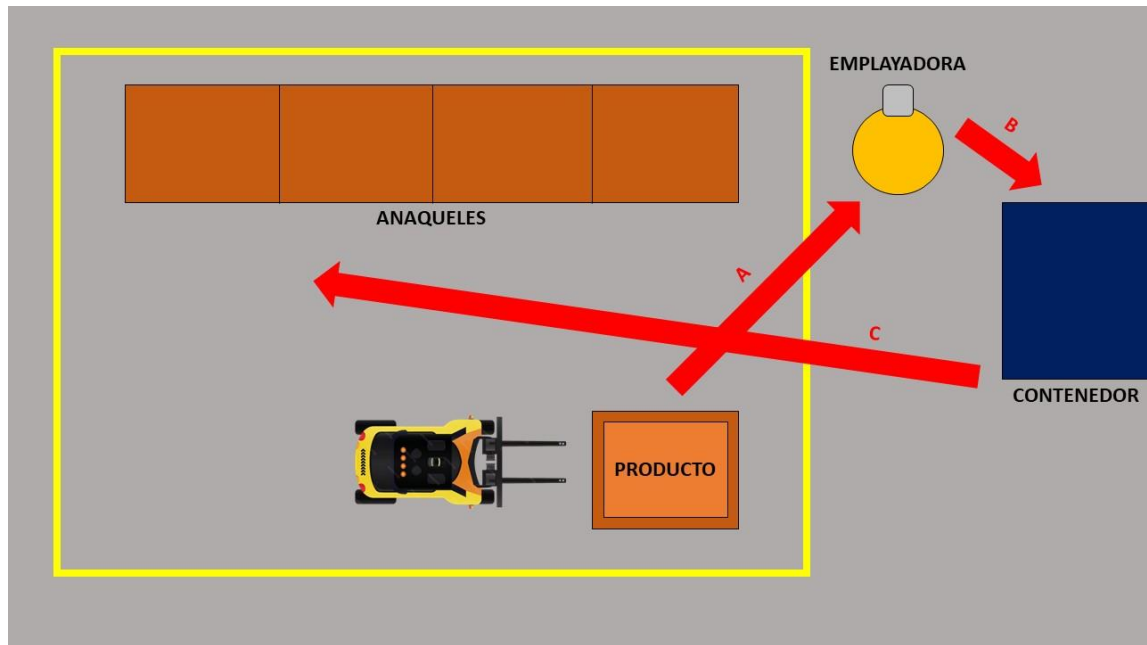


Figura 12 Lay Out con las rutas del montacargas dentro del almacén

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Monitoreo de datos

- Durante el tiempo de almacenamiento, el datalogger registró datos continuos que fueron posteriormente descargados y analizados.

3.13 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de datos se implementará la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para el análisis de los datos arrojados por los dataloggers en la distribución logística de productos, con el fin de identificar los cambios de las variables y la calidad del proceso de distribución mediante la monitorización precisa de variables clave (como la temperatura y los impactos) y la reducción de riesgos relacionados con la integridad de los productos.

Este enfoque permite mejorar la trazabilidad, calidad y eficiencia en la distribución logística mediante el uso de dataloggers y una metodología estructurada como DMAIC.

Para eso se usarán softwares especializados para el análisis de dato como **Excel** y **Minitab**.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL USO DE DATOS

Una vez descargados y analizados los datos del datalogger, se elaborará un informe detallado en PDF que incluirá gráficas de las variaciones de temperatura e impactos, así como tablas donde se presentaban los eventos significativos que fueron tomados por el datalogger.

4.2 INTERPRETACIÓN Y ANALISIS DE LOS DATOS RECABADOS

Prueba 1

Tabla 5 Reporte general "Prueba 1"

Mission Info	Mission Details	Sensor Status
Title: PRUEBA 1	Begin Time: 24-11-26 12:42:51	Acceleration ☒ Light ☐
Operato DIEGO CASTILLO	End Time: 24-11-26 13:52:51	Temperature ☒ Pressure ☐
ID 607449-2024-11-26-12-42-51	No. of Events: 30	Humidity ☐ Position ☒
	Total Intensity: 610.92	GPS ☐

Data Logger Configuration
Logger firmware: MSR175 v1.32
Shock control: Measurement range= +/-200 g, Measurement rate= ~3200 Hz, Threshold= 5 g
Record control: Start by push-button
Environmental data: T, Measurement rate= 600 s
Options:

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

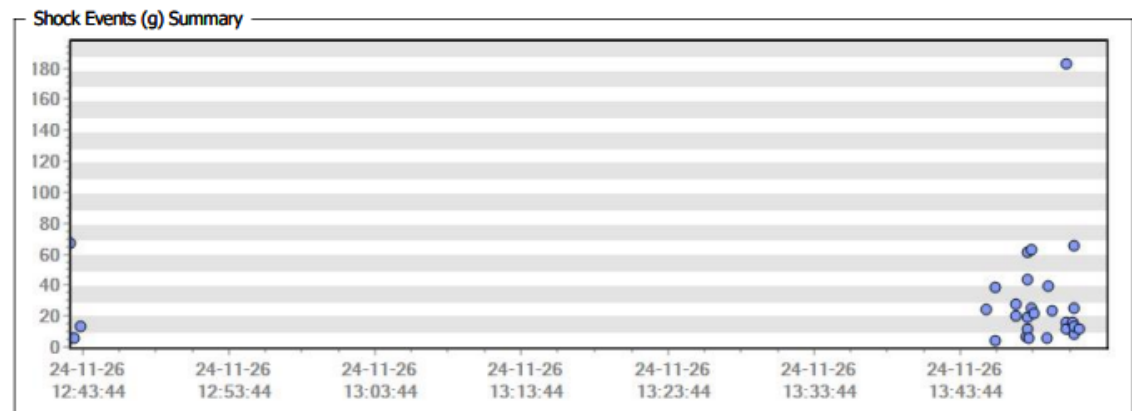


Figura 13 Grafica con los eventos de impacto "Prueba 1"

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Tabla 6 "10 eventos más importantes de impactos" (Prueba 1)

The 10 most important Shock Events						
ID	Timestamp	IoT (max)	Acceleration (max)	IoT (total)	ToT (max)	ToT (total)
23	24-11-26 13:51:02	191.35	182.96 g	305.65	4 msec	16 msec
13	24-11-26 13:48:22	37.75	61.331 g	44.13	3 msec	5 msec
28	24-11-26 13:51:32	26.6	65.3 g	40.94	3 msec	8 msec
26	24-11-26 13:51:29	19.11	8.54 g	19.11	9 msec	10 msec
15	24-11-26 13:48:36	14.93	62.843 g	19.45	1 msec	3 msec
8	24-11-26 13:47:34	13.82	27.313 g	23.41	1 msec	4 msec
20	24-11-26 13:50:02	13.03	23.854 g	15.1	2 msec	3 msec
19	24-11-26 13:49:44	12.63	39.184 g	13.89	1 msec	2 msec
0	24-11-26 12:42:52	11.82	67.327 g	17.66	1 msec	3 msec
17	24-11-26 13:48:46	10.84	21.642 g	11.25	2 msec	3 msec

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

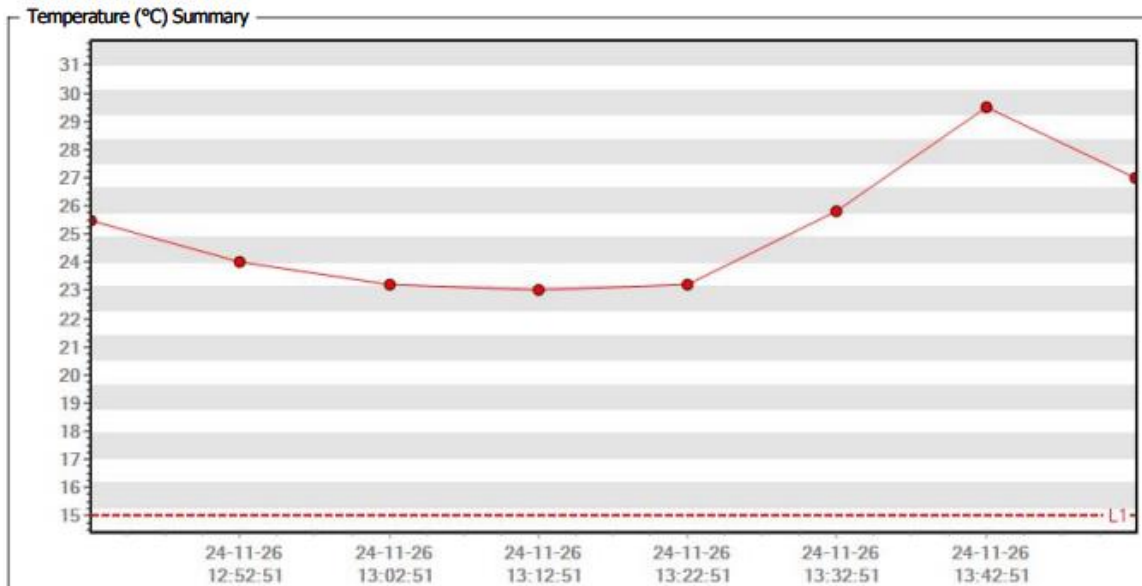


Figura 14 Grafica de temperatura "Prueba 1"

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Tabla 7 Información de temperatura "Prueba 1"

Measurement information	
Total number of measurements:	8
Alarm measurements:	0 (<15 °C)
Alarm time:	00:00:00
Highest measured value:	29.5 °C @ 24-11-26 13:42:51
Lowest measured value:	23 °C @ 24-11-26 13:12:51

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

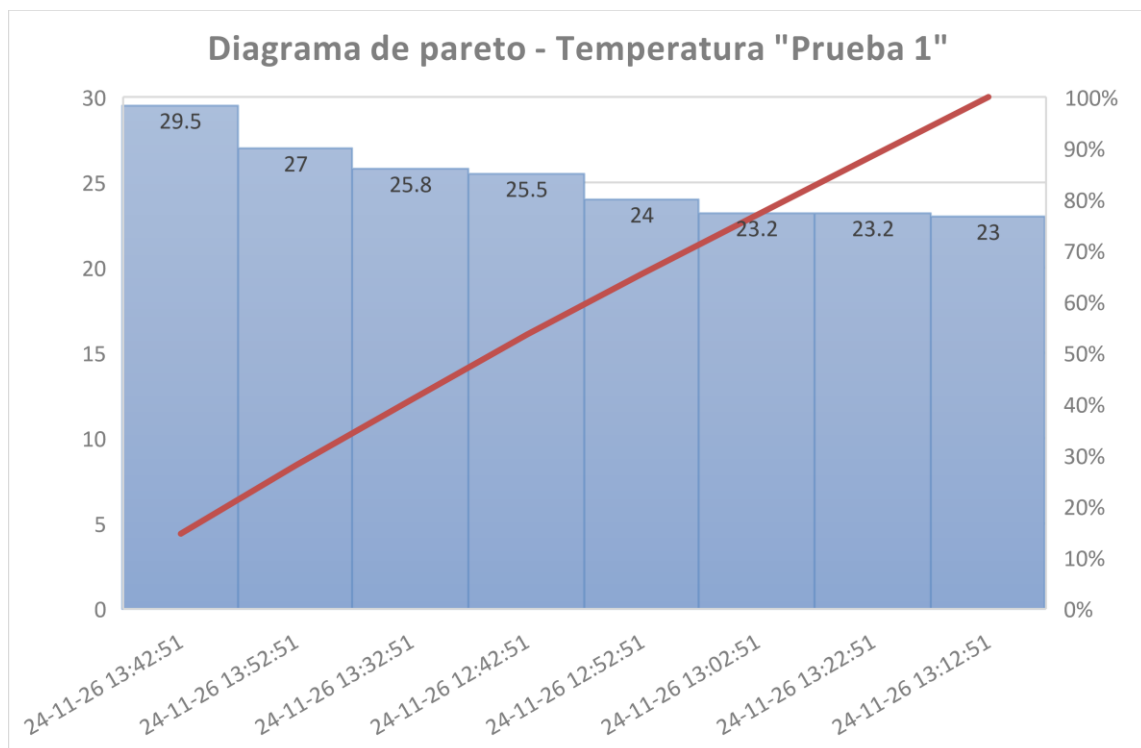


Figura 15 **Diagrama de Pareto - Temperatura "Prueba 1"**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Análisis "Prueba 1": De acuerdo a la *Figura 13* y la *Tabla 6*, al dar inicio con las corridas pertinentes podemos identificar 3 ligeros impactos en que creemos que se provocaron debido a la manipulación del sensor al momento de colocarlo dentro de la caja junto al pan de molde.

Posteriormente se trasladó la tarima que contenía el sensor a la empleadora para ser empleada, sin embargo, nos demoramos alrededor de 30 minutos en emplearla debido que no teníamos el conocimiento suficiente para utilizar dicha máquina. Pero recibimos apoyo por parte de una tercera persona. Eso se ve reflejado en la *Figura 13*, y se observa que el sensor no detectó ningún impacto en ese lapso de tiempo.

Una vez empleada la tarima se traslado a un contenedor de carga al exterior del laboratorio, y se dejó ahí alrededor de 30 minutos, por lo cual en la *Figura 14* se observa que la temperatura va aumentando en el

punto 6 que es a las 13:22:51 debido a las condiciones climáticas del exterior del laboratorio.

Después de los 30 minutos en el contenedor se retiró la caja y se volvió a colocar dentro del laboratorio en la parte superior de un anaquel y se dejó ahí por unos 10 minutos por lo cual en la *Figura 13* se ven demasiados impactos debido a los movimientos repentinos con el montacargas al colocar la caja arriba del anaquel, de igual manera la temperatura disminuyó como se observa en la gráfica (*Figura 14*), debido a la temperatura ambiente dentro del laboratorio respecto a la temperatura que se presentaba dentro del contenedor.

De igual manera con los datos arrojados por el programa se elaboró un diagrama de Pareto respecto a las variaciones en la temperatura durante la primera prueba con el datalogger.

Prueba 2

Tabla 8 Reporte general de la "Prueba 2"

Mission Info		Mission Details		Sensor Status	
Title:	Prueba 2	Begin Time:	24-11-27 12:14:13	Acceleration	Light
Operato	Diego Castillo	End Time:	24-11-27 13:00:42	Temperature	Pressure
ID	607449-2024-11-27-12-14-13	No. of Events:	15	Humidity	Position
		Total Intensity:	267.88	GPS	
Data Logger Configuration					
Logger firmware:		MSR175 v1.32			
Shock control:		Measurement range= +/-200 g, Measurement rate= ~3200 Hz, Threshold= 3 g			
Record control:		Start immediately			
Environmental data:		T, Measurement rate= 600 s			
Options:					

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

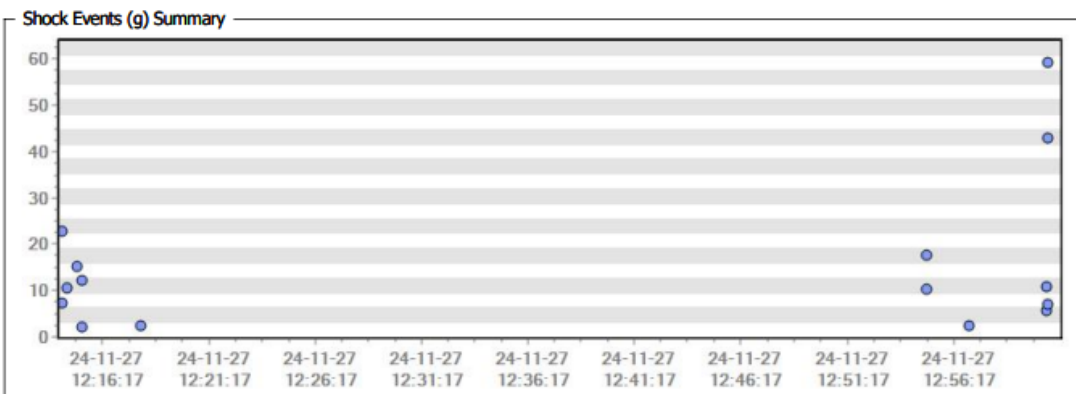


Figura 16 Grafica con los eventos de impacto "Prueba 2"

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Tabla 9 "10 eventos más importantes de impactos" (Prueba 2)

The 10 most important Shock Events						
ID	Timestamp	IoT (max)	Acceleration (max)	IoT (total)	ToT (max)	ToT (total)
12	24-11-27 13:00:41	63.61	43.053 g	63.61	5 msec	5 msec
0	24-11-27 12:14:24	42.37	22.903 g	42.37	9 msec	10 msec
7	24-11-27 12:54:59	30.25	17.644 g	39.08	4 msec	11 msec
13	24-11-27 13:00:42	21.35	59.303 g	27.76	2 msec	5 msec
3	24-11-27 12:15:07	16.37	15.247 g	29.18	3 msec	10 msec
4	24-11-27 12:15:19	15.43	12.373 g	16.72	3 msec	7 msec
8	24-11-27 12:54:59	15.22	10.308 g	39.98	4 msec	18 msec
11	24-11-27 13:00:40	3.1	10.921 g	3.1	1 msec	1 msec
1	24-11-27 12:14:24	1.84	7.416 g	1.84	1 msec	2 msec
2	24-11-27 12:14:36	1.66	10.493 g	1.87	1 msec	1 msec

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

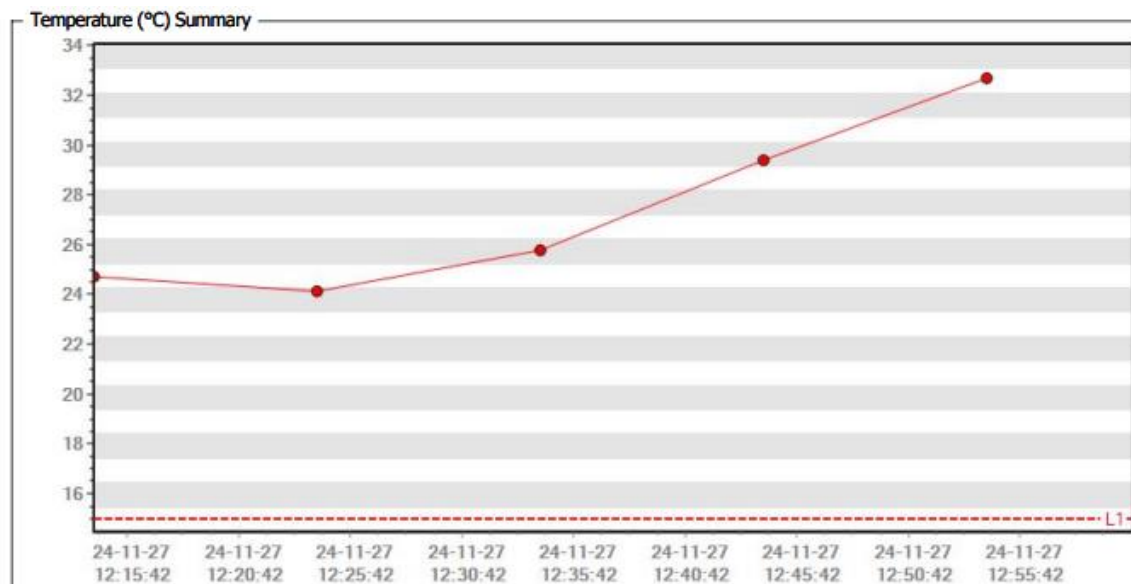


Figura 17 Grafica de temperatura "Prueba 2"

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Tabla 10 Información de temperatura "Prueba 2"

Measurement information	
Total number of measurements:	5
Alarm measurements:	5 (>15 °C)
Alarm time:	00:40:00
Highest measured value:	32.7 °C @ 24-11-27 12:54:13
Lowest measured value:	24.1 °C @ 24-11-27 12:24:13

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

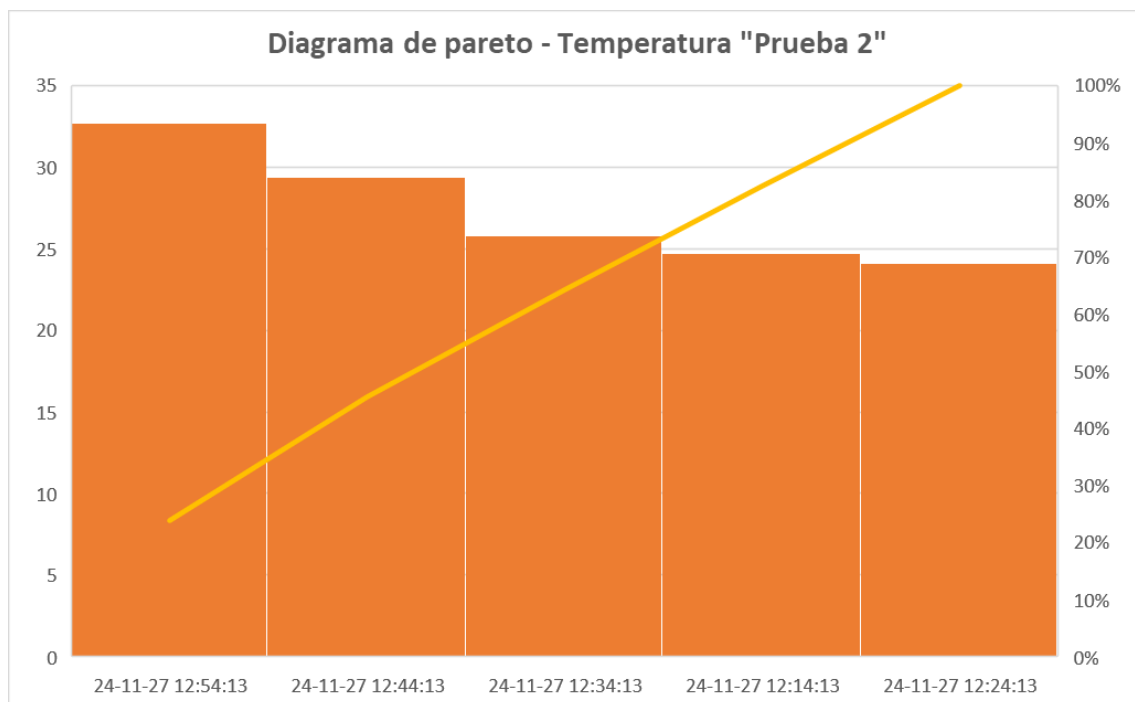


Figura 18 Diagrama de Pareto - Temperatura "Prueba 2"

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Análisis "Prueba 2": En esta prueba se realizó una segunda corrida, en la cual se volvió a identificar los impactos y la temperatura del pan de molde. Como se puede apreciar en la figura 15 de igual manera podemos identificar ligeros impactos al comienzo de la gráfica debido a la manipulación del sensor al ser colocado dentro de la caja, en esta ocasión no se tuvo ningún problema al emplear la tarima por lo cual este proceso fue mucho más rápido que el anterior.

Una vez que la tarima se empleó se volvió a colocar nuevamente en el contenedor de carga por alrededor de 30 minutos, por esa razón en la *Figura 16* se puede apreciar un aumento de la temperatura de 32.7 °C, como se muestra en la tabla 10.

Una vez retirada la tarima del contenedor se colocó en la parte superior de un anaquel pequeño, por lo cual se logran apreciar pequeños impactos en la *Figura 15*, después la tarima fue movida de ahí y se colocó en la parte superior del anaquel grande y en esta ocasión se pueden apreciar impactos fuertes al final de la misma.

Durante estos movimientos la temperatura disminuyo debido al tiempo que estuvo expuesta al clima dentro del laboratorio.

Posterior a ello la tarima se bajo para poder retirar el datalogger y el pan de molde para descargar los datos tomados durante los recorridos.

De la misma manera que en la primera prueba se elaboro un diagrama de Pareto para poder apreciar de mejor manera las variaciones de la temperatura durante el segundo recorrido.



Figura 19 **Datalogger MSR175**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

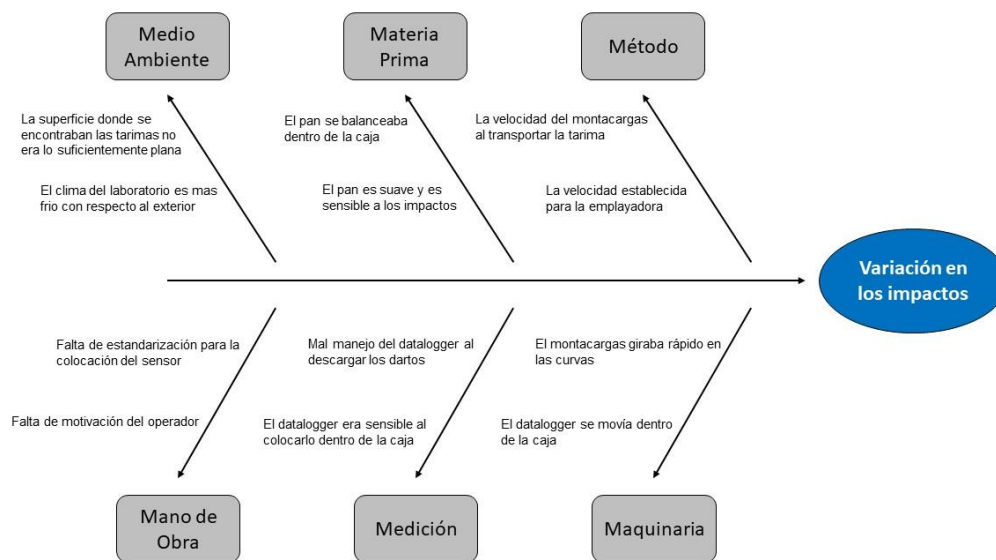


Figura 20 **Diagrama de Ishikawa de "Impactos"**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Análisis:

Después de analizar todas las categorías, la causa principal de la variación en los impactos es el manejo inadecuado del montacargas, particularmente las altas velocidades y giros bruscos. Algunas de las razones pueden ser las velocidades elevadas generan impactos significativos en las tarimas y el pan. La falta de procedimientos claros sobre cómo operar la maquinaria provoca una falta de control en la manipulación. Este problema es consistente con otros factores como el balanceo del pan y el registro de datos inconsistentes.

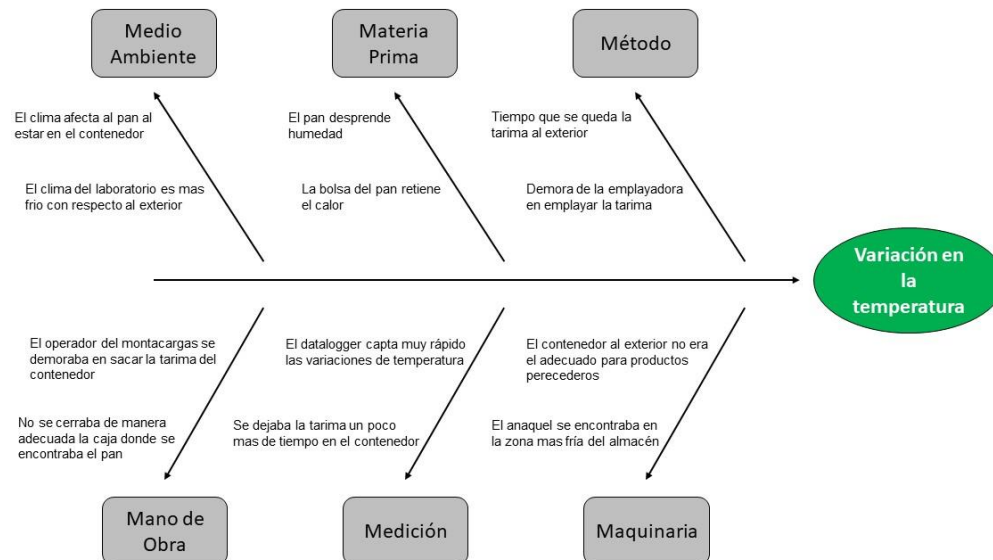


Figura 21 Diagrama de Ishikawa de "Temperatura"

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Análisis:

La causa principal de la variación de temperatura en el pan de molde es: La exposición prolongada de las tarimas al exterior debido a tiempos logísticos ineficientes y el uso de contenedores no adecuados para productos perecederos.

El problema raíz radica en la falta de control logístico y de equipos adecuados para preservar la temperatura estable del producto. Estas

acciones mejorarán significativamente la estabilidad térmica del pan de molde y la calidad de los datos obtenidos con el datalogger

4.4 CONCLUSIÓN DE LOS DATOS RECABADOS

El datalogger tuvo un comportamiento normal con respecto al contexto y las situaciones en las que se puso en funcionamiento, destacando en que el sensor variaba con respecto a la primera prueba y la segunda, sobre todo en los impactos debido a que en la segunda prueba el montacargas trasladaba la tarima a mayor velocidad. De igual manera la temperatura se vio afectada debido al clima que se presentaba en el exterior del laboratorio donde se ubicaba el contenedor.

Recalcando lo analizado con la ayuda del datalogger, podemos determinar las 5 fases de la metodología DMAIC las cuales nos ayudaron a realizar la presente investigación.

Definir: En esta fase lo primero que se realizó fue definir el problema el cual al no existir una investigación previa del uso del datalogger para el control de productos perecederos se optó por la implementación de esta herramienta para la monitorización del pan de molde (Bimbo) para medir las variables que se determinaron. (Temperatura e impactos).

Medir: Como segunda fase se realizaron 2 pruebas con la ayuda del datalogger colocado dentro de una tarima en el cual se encontraba junto con el pan de molde para poder medir la temperatura y los impactos como se ve en las tablas 3 y 4, de igual manera dicho sensor nos arroja diagramas de dispersión de los impactos como de la temperatura como se aprecian en las páginas 50, 51, 54 y 55.

Analizar: Con los datos anteriores se realizaron diagramas de Pareto con respecto a los datos de temperatura de la primera prueba como de la segunda, y se elaboró dos diagramas de Causa-Efecto (Ishikawa)

sobre la variación en los impactos y la variación en la temperatura del pan de molde.

Implementar: En esta fase se implementaron varias mejoras para tener un mejor control del producto y que este se encuentre en las mejores condiciones posibles antes de ser distribuido para su comercialización, una de las dos propuestas de mejora es la **capacitación adecuada del personal** encargado de la distribución del producto y la segunda mejora sería la **estandarización de un proceso** para la distribución del producto ya que no se contaba con un proceso estable para realizar los recorridos con el montacargas y se hacía caso omiso al tiempo de reposos que requería el producto.

Controlar: Por último, en esta fase se requiere implementar un sistema de dataloggers que nos ayuden a la monitorización de variables para de esa manera tener un control a todo momento sobre lo que sucede en el producto y evitar pérdidas y desconformidades una vez que el producto sea comercializado, y las empresas eviten pérdidas y problemas a futuro.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

La presente investigación demuestra cómo la implementación de dataloggers y el uso de la metodología DMAIC pueden transformar significativamente los procesos logísticos, especialmente en la distribución de productos perecederos como el pan de molde. Los dataloggers, dispositivos avanzados de monitoreo, permiten registrar y analizar variables críticas como temperatura y vibraciones en tiempo real, proporcionando datos precisos y confiables. Esto es crucial en una cadena de suministro donde las condiciones ambientales y de manejo pueden afectar directamente la calidad y la seguridad del producto.

El enfoque metodológico DMAIC proporciona una estructura clara y sistemática para abordar los problemas en los procesos logísticos. Las fases de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar garantizan una mejora continua basada en datos, facilitando la identificación de causas raíz de problemas, la implementación de soluciones efectivas y el establecimiento de controles permanentes. Durante las pruebas realizadas en el laboratorio, se evidenció cómo las variaciones de temperatura y los impactos influían en las condiciones del pan de molde, demostrando la relevancia de un monitoreo constante para preservar su integridad.

Los resultados del estudio no solo subrayan los beneficios de utilizar tecnología de sensores en la logística, sino también destacan los desafíos asociados, como la necesidad de capacitar al personal en el manejo de equipos, optimizar las operaciones logísticas y garantizar el cumplimiento de estándares internacionales. Además, las herramientas estadísticas y los diagramas analíticos, como los de Pareto e Ishikawa, fueron esenciales para interpretar los datos y diseñar mejoras.

En resumen, esta investigación establece un modelo replicable para mejorar la trazabilidad, la calidad y la eficiencia operativa en la logística de productos sensibles. Al integrar tecnología avanzada y metodologías de mejora continua, se fomenta la confianza en la cadena de suministro global, reduciendo riesgos de pérdidas y garantizando la satisfacción del consumidor final. Este enfoque tiene un gran potencial para extenderse a otros sectores, fortaleciendo la competitividad y sostenibilidad de las empresas en un mercado global cada vez más exigente.

CAPÍTULO 6: FUENTES DE INFORMACIÓN

- Bellis, M. (2019). *The Invention and History of the Thermometer*. ThoughtCo. Recuperado de <https://www.thoughtco.com/invention-and-history-of-thermometer-1992545>

- Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). *Internet of things and supply chain management: a literature review*. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4719-4742.

- Smith, A., & Jones, B. (2020). *Understanding sensor technologies: principles and applications*. *Journal of Sensor Technology*, 12(2), 85-102.

- Ferreira, W., Alves, A. C., & Vieira, S. M. (2020). *A Systematic Literature Review on Lean Six Sigma in Services*. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 13(1), 1-26.

- Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to Statistical Quality Control (8th ed.)*. John Wiley & Sons.

- Garay-Rondero, C. L., Martinez-Flores, J. L., Smith, N. R., Caballero Morales, S. O., & Aldrette-Malacara, A. (2020). *Digital supply chain model in Industry 4.0*. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 887-933. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2018-0280>

- Dell Technologies. (2020). *Digital Transformation Index 2020*. Dell Technologies. <https://www.delltechnologies.com/en-vn/collaterals/unauth/briefs-handouts/solutions/dt-index-2020-executive-summary.pdf>

- Martínez Meregildo, L., & Minchola de La Cruz, E. (2023). *Propuesta de implementación de un sistema MRP para reducir los*

sobrecostos de inventarios en una empresa agroindustrial en Trujillo. *Universidad Privada del Norte*. Disponible en [Repositorio UPN](#)

— *Blog de Impulsa*. (2022). Calidad Total: Concepto japonés. Disponible en [Impulsa Blog](#)

— *Concepto.de* (2023): [Diagrama de Ishikawa](#)

— *HubSpot* (2022): [Cómo hacer un diagrama de Ishikawa](#)

— *Hosting TG* (2023): [Qué es y cómo aplicar el diagrama de Ishikawa](#)

— *Grupo Bimbo*. (2024). Características del pan de molde integral Bimbo. Recuperado de [bimbo.com](#)

— *Profeco*. (2024). Revisión de productos de panificación. Recuperado de [elceo.com](#)

— *La Vanguardia*. (2021). Comparativa de calidad del pan de molde. Recuperado de [lavanguardia.com](#)

CAPÍTULO 7: REFERENCIAS Y APÉNDICES









**SENSOR DATALOGGER (MONITOREO AMBIENTAL, CONTROL INDUSTRIAL,
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA) MODELO MSR175B16T6H3P5AA5L2**

MANUAL DE INSTRUCCIONES Y ESPECIFICACIONES

PORFAVOR LEER EL MANUAL ANTES DE USAR EL PRODUCTO



El MSR175B16T6H3P5AA5L2 es un sensor multifuncional diseñado para monitorear las variables de presión, temperatura y humedad. Está equipado con varias entradas y salidas analógicas y digitales, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones industriales y científicas.

a) Características Técnicas

- Rango de Medición de Presión: 0 a 16 bares
- Rango de Medición de Temperatura: -40°C a +125°C
- Rango de Medición de Humedad: 0% a 100% HR
- Exactitud:
- Presión: $\pm 0.5\%$ del fondo de escala
- Temperatura: $\pm 0.3^\circ\text{C}$
- Humedad: $\pm 2\%$ HR
- Salida: Señal analógica 4-20 mA o 0-10 V (configurable)
- Alimentación: 10-30 VDC

b) Operación

1, Encendido:

- Conecta el sensor a la alimentación y verifica que los indicadores LED (si están presentes) muestren que el dispositivo está operando correctamente.

2, Medición:

- El sensor comenzará a medir y transmitir los datos de presión, temperatura y humedad en tiempo real.

3, Monitoreo:

- Utiliza el software de monitoreo para visualizar y registrar los datos proporcionados por el sensor.

4, Mantenimiento:



- Realiza mantenimientos regulares del sensor, limpiando las superficies de contacto y verificando la precisión de las mediciones. Recalibra el sensor según las recomendaciones del fabricante.

c) Instalación

1, Ubicación del Sensor:

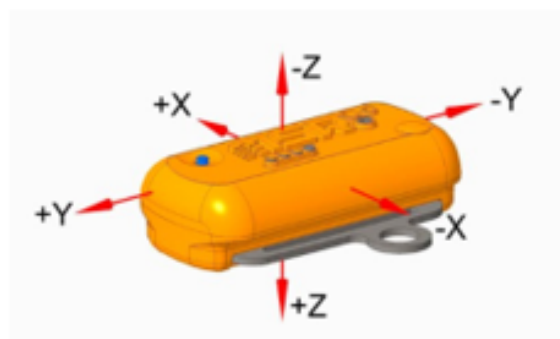
- Asegúrate de que el sensor esté instalado en un lugar donde pueda medir correctamente la presión, temperatura y humedad del entorno.
- Evita la exposición directa a fuentes de calor, polvo excesivo o ambientes corrosivos.

2, Conexiones Eléctricas:

- Conecta el cable de alimentación a la fuente de 10-30 VDC, respetando la polaridad indicada en el dispositivo.
- Conecta las salidas analógicas y digitales a los equipos de monitoreo o control correspondientes.

3, Montaje:

- El sensor debe ser montado en una superficie estable utilizando los soportes adecuados para evitar vibraciones que puedan afectar la precisión de las mediciones.





Registrador de datos MSR175 para impactos durante el transporte



El data logger MSR175 dispone de una eficiente tecnología de sensores junto con un sofisticado sistema electrónico de almacenamiento y evaluación. Mediante dos sensores de aceleración de 3 ejes, el mini registrador de datos registra los impactos a lo largo de varios meses y permite la supervisión del transporte de todo tipo de productos.

Los dos sensores de aceleración de 3 ejes integrados en el MSR175 poseen unos márgenes de medición de ± 15 g y de ± 200 g. Registran los choques e impactos a una velocidad de hasta 6400 mediciones por segundo. Además, el registrador de datos de transporte mide y almacena curvas de temperatura de -20 °C a $+65$ °C; según la variante del tipo, también mide la humedad, la presión y la luz.

Easy-to-use pc software: El paquete de software para el data logger MSR175 contiene 3 programas: **MSR175 Dashboard**, **MSR ReportGenerator** y **MSR ShockViewer**. Con el MSR Dashboard, la configuración del MSR175 y la lectura de los datos de medición mediante USB resulta increíblemente sencilla. Para la creación automática de reportes MSR, tiene a su disposición el software MSR ReportGenerator y para el análisis y la representación gráfica, tiene a su disposición el MSR ShockViewer (versión estándar).

Información técnica MSR175

Medio:	Aire
Capacidad de memoria:	Más de 2 millones parámetros de medición.
Control:	Iniciar la grabación/consultar el estado.
Aceleración de 3 ejes:	2 sensores de aceleración de 3 ejes integrados
Rango de medición:	± 15 g y ± 200 g ($-20...+65$ °C)
Precisión: (máx. divergencia)	± 15 g sensor: ± 0.15 g ($0...5$ g, $+25$ °C), ± 0.3 g ($5...15$ g, $+25$ °C), ± 200 g sensor: ± 2 g ($0...15$ g, $+25$ °C), ± 5 g ($15...100$ g, $+25$ °C), ± 10 g ($100...200$ g, $+25$ °C)
3 modos de medición de impactos:	± 200 g a 6400 Hz o ± 200 g a 3200 Hz o ± 15 g a 1600 Hz
Fuente de energía:	Batería de polímero de litio de 230 mAh, recargable a través del puerto USB, para registros hasta 8 semanas o batería reemplazable Li-SOCl ₂ (3.6 V, 7700 mAh), duración de la batería 2 años al menos.
Paquete de software:	MSR175 Dashboard, MSR ReportGenerator, MSR ShockViewer (versión estándar)
Interfaz:	USB
Cond. de operación:	Temperatura $-20...+65$ °C
Condiciones de almacenamiento:	$+5$ °C...$+45$ °C (cond. ideales para la batería) 10...95 % de humedad relativa, sin condensación
Normas:	MSR175 cumple con las directivas de la UE RoHS/WEEE.

Exterior y selección de batería

IP	Material	Fuente de energía	Tamaño (An x Al x L) y peso
IP 67	PC, encapsulado	batería de polímero de litio de 230 mAh	47 x 16 x 54 mm aprox. 28 g
	PC, encapsulado	batería de polímero de litio de 230 mA	47 x 16 x 54 mm aprox. 28 g
IP 65	PC, encapsulado	batería Li-SOCl ₂ 3.6 V, 7700 mAh	49 x 39 x 122 mm aprox. 180 g
	PC, encapsulado	batería Li-SOCl ₂ 3.6 V, 7700 mAh	49 x 39 x 122 mm aprox. 180 g

Selección de sensores

El registrador de datos MSR175 lleva integrados de serie dos sensores de aceleración de 3 ejes $\pm 15 \text{ g}/\pm 200 \text{ g}$ y un sensor de temperatura. En otras variantes de tipo el MSR175 está disponible con un sensor interno de humedad, presión y luz cada uno.

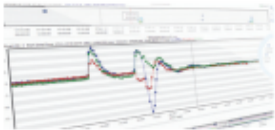
Parámetros a medir	Rango de medición	Precisión (deviación máxima)	Tasa de medición/almacenamiento
Temperatura	-20...+65 °C	$\pm 0.5 \text{ °C}$ (-10...+65 °C)	cada 10 min.
Humedad relativa	0...100 % humedad relativa (-20...+65 °C)	$\pm 2 \%$ humedad rel. (10...85 %, 0...+40 °C) $\pm 4 \%$ humedad rel. (85...95 %, 0...+40 °C)	cada 10 min.
Presión de aire	10...2000 mbar absoluta (-20...+65 °C)	$\pm 2.5 \text{ mbar}$ (750...1100 mbar absoluta, +25 °C)	cada 10 min.
Luz	0...65.000 lx	máxima sensibilidad: 500 nm	cada 10 min.

Software MSR ShockViewer para la evaluación de los datos de las mediciones

El MSR ShockViewer permite la representación gráfica y el amplio análisis de datos de los valores registrados con el registrador de datos MSR175. Este software de análisis de manejo intuitivo es capaz de procesar con rapidez millones de datos de sucesos dinámicos (como los impactos que se pueden producir durante transportes). Las conclusiones extraídas del análisis pueden servir de ayuda no solo para verificar sucesos de impactos en cuestiones de responsabilidades, sino que estos datos también le ayudan en la detección temprana de datos y para optimizar embalajes, medios y vías de transporte.

La versión estándar del MSR ShockViewer está disponible de forma gratuita en el paquete de Software MSR175.

Más información:
<https://www.msr.ch/es/msr175>

MSR ShockViewer para el MSR175	Ejemplos de uso
	• Análisis detallado de sucesos de impactos. • Mostrar y ordenar con claridad los datos del entorno.

¡Contáctenos! ¡Será nuestro placer brindarle nuestros precios y términos de envío!



MSR Electronics GmbH
Mettlenstrasse 6
CH-8472 Seuzach
Suiza

Tel. +41 52 316 25 55
Fax +41 52 316 35 21
info@msr.ch
www.msr.ch
www.datalogger.shop



Distribuidor:

