

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Automatización del sistema de recepción de grasa vegetal para la Compañía de Galletas NOEL de la industria de alimentos

Luis Fernando González García

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electromecánico

Asesor
Edwin Herlyt Lopera Mazo

Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM
Facultad de Ingenierías
Departamento de Mecatrónica y Electromecánica
Medellín, Colombia
2024

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RESUMEN

La automatización del sistema de recepción de grasa vegetal en la Compañía de Galletas NOEL busca optimizar el proceso de almacenamiento y distribución de grasas vegetales. La creciente demanda y los altos costos logísticos han hecho necesario implementar un sistema más eficiente y robusto. En este proyecto, se instaló un nuevo tanque con una capacidad de 50,000 litros, integrando tecnologías modernas de automatización y control como PLC Siemens y SCADA, que permiten una gestión precisa y eficiente del proceso.

En primer lugar, se realizó un análisis detallado de los requerimientos del sistema, identificando los puntos críticos y los objetivos de eficiencia y seguridad. Posteriormente, se seleccionaron e instalaron los componentes necesarios, incluyendo la instrumentación y los sistemas de control. La programación del controlador se llevó a cabo según los requerimientos establecidos, asegurando un funcionamiento óptimo del sistema.

Los resultados obtenidos mostraron una mejora significativa en la capacidad de almacenamiento y una optimización en la logística de recepción de materia prima. Además, se evaluaron los beneficios en términos de reducción de costos, trazabilidad, disminución de riesgos y cumplimiento normativo. La implementación de este proyecto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también asegura una producción más sostenible y rentable para la Compañía de Galletas NOEL.

Este trabajo de grado demuestra cómo la integración de tecnologías avanzadas en procesos industriales puede resultar en mejoras sustanciales en la productividad y la eficiencia. Los hallazgos y conclusiones presentados en este informe proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la automatización industrial.

Palabras clave: automatización, grasa vegetal, PLC, SCADA, eficiencia logística, industria de alimentos.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RECONOCIMIENTOS

Agradezco a mi asesor Edwin Herlyt Lopera Mazo por su orientación, a mis compañeros y familia por su apoyo constante, y a la Compañía de Galletas NOEL por permitir la realización de este proyecto

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ACRÓNIMOS

PLC: Controlador Lógico Programable

SCADA: Control de Supervisión y Adquisición de Datos

PID: Proporcional Integral Derivado

TIA Portal: *Totally Integrated Automation Portal*

CIP: Proceso de industria Limpia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 Generalidades.....	7
1.2 Objetivos.....	8
1.2.1 Objetivo General	8
1.2.2 Objetivo Específicos	8
2. Organización de tesis.....	8
3. MARCO TEÓRICO	9
3.1 Importancia del Aceite Vegetal en la Industria Alimentaria	9
3.1.1 Procesos Industriales que Utilizan Aceites Vegetales	10
3.1.2 Características Comparativas entre Aceites Vegetales	10
3.1.3 Puntos de Humo de los Aceites Comestibles	10
3.1.4 Aceites Utilizados en la Compañía de Galletas NOEL.....	12
3.1.5 Motivos de la Selección:.....	12
3.1.6 Cantidades de Aceite Requeridas en la Producción.....	12
3.1.7. Producción y Logística de Aceites Vegetales en Colombia	13
3.1.8 Proceso de Producción de Aceite de Palma.....	14
3.1.9. Relevancia de la Automatización en la Gestión de Aceites Vegetales.....	16
3.2. Revisión de Literatura y Estudios Previos.....	19
3.2.1 Impacto de la Automatización en la Eficiencia y Reducción de Costos	19
3.2.2 Adaptación y Flexibilidad de los Sistemas Automatizados	20
3.2.3 Estudios de Caso y Ejemplos Relevantes.....	20
3.2.4 Impacto de la Automatización en la Industria Alimentaria Colombiana	21
4. METODOLOGÍA	22
4.3. Diseño del Estudio.....	22
4.2. Selección de Tecnologías de Automatización.....	23
4.3. Implementación y Pruebas del Sistema.....	24

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.4. Recolección y análisis de datos	26
4.5. Evaluación de Resultados.....	28
4.6. Documentación y Seguimiento	35
5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
5.1. Resultados	37
5.1.1. Realización de la ingeniería de detalle para integrar el nuevo tanque al sistema existente.....	37
5.1.2. Definición de las características de los componentes del sistema de control necesarios	39
5.1.3. Instalación de la instrumentación requerida para la integración del nuevo tanque	40
5.1.4. Programación del controlador según los requerimientos establecidos	43
5.2.1. Fortalezas del Sistema Implementado	45
5.2.2. Limitaciones del Sistema Implementado	45
5.2.3. Comparaciones con Estudios Similares	46
6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	47
6.1. Conclusiones.....	47
6.2. Recomendaciones	48
6.3. Trabajo Futuro.....	48
7. REFERENCIAS	50

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Este trabajo de grado aborda la necesidad de optimizar el sistema de recepción de grasa vegetal en la Compañía de Galletas NOEL, motivada por la creciente demanda y los elevados costos logísticos actuales. En este apartado, se presenta una contextualización general del proyecto, destacando los antecedentes y una revisión general del estado del arte relacionado con el tema. Asimismo, se delimitan el alcance del estudio y se establece el enfoque metodológico aplicado para su desarrollo.

La Compañía de Galletas NOEL, fundada en 1916, es una de las principales empresas del sector alimentario en Colombia, reconocida por su enfoque en la producción de galletas y otros productos de panificación de alta calidad. A lo largo de su historia, ha mantenido un compromiso con la innovación y la sostenibilidad, integrando tecnologías avanzadas en sus procesos productivos. Actualmente, la empresa forma parte del Grupo Nutresa, lo que le permite contar con un sólido respaldo en términos de investigación y desarrollo tecnológico.

El proceso que se va a intervenir en este proyecto es el sistema de recepción de grasa vegetal, un componente crítico en la producción de sus galletas. Este sistema es responsable de la gestión eficiente y segura de los aceites vegetales, que son utilizados en grandes cantidades para asegurar la calidad y consistencia del producto final. La automatización de este sistema permitirá mejorar la eficiencia logística, optimizar la calidad del aceite durante su almacenamiento y garantizar un control preciso de las variables críticas del proceso, como la temperatura y los niveles de almacenamiento. Estas mejoras resultarán en una operación más eficiente y en productos de mayor calidad, alineados con los estándares de la Compañía de Galletas NOEL.

Es necesario profundizar en los problemas específicos que enfrenta el sistema actual, como la ineficiencia en la gestión de inventarios y los costos adicionales por tiempos de espera.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Definir la ampliación del sistema de recepción de grasa automatizada en la planta Compañía de Galletas NOEL utilizando tecnologías modernas de automatización, control y monitoreo con el fin de mejorar la eficiencia, la calidad y la precisión del proceso.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Realizar la ingeniería de detalle para integrar el nuevo tanque al sistema existente.
- Definir las características de los componentes del sistema de control necesarios.
- Instalar la instrumentación requerida para la integración del nuevo tanque.
- Programar el controlador según los requerimientos establecidos.
- Evaluar los resultados en términos de logística, reducción de costos, trazabilidad, disminución de riesgos y cumplimiento normativo.

2. Organización de tesis

Este trabajo está organizado en cinco capítulos que se describen a continuación:

Capítulo 2: Ofrece una revisión de la literatura y los conceptos teóricos relevantes para la automatización de sistemas industriales y la gestión de grasas vegetales.

Capítulo 3: Describe el enfoque y los métodos empleados en la investigación, incluyendo las actividades realizadas para satisfacer cada uno de los objetivos específicos.

Capítulo 4: Presenta los hallazgos del proyecto, organizados para responder a cada uno de los objetivos específicos, junto con una discusión detallada de los mismos.

Capítulo 5: Resume las conclusiones derivadas del estudio y ofrece recomendaciones para futuros trabajos y mejoras en el sistema automatizado.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3. MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como objetivo proporcionar una base conceptual y técnica que respalde el proyecto de automatización del sistema de recepción de grasa vegetal en la Compañía de Galletas NOEL. Se revisarán los conceptos clave relacionados con la automatización industrial, la gestión de grasas vegetales y las tecnologías modernas utilizadas en estos procesos. El lector encontrará una descripción detallada sobre la importancia de los aceites vegetales en la industria alimentaria, los procesos industriales en los que se emplean, y las características comparativas de los diferentes tipos de aceites utilizados en la planta. Además, se explorarán las tecnologías de automatización, como los sistemas PLC y SCADA, que se han implementado para optimizar el manejo y almacenamiento de estos insumos. Finalmente, se abordará el impacto de la automatización en la industria alimentaria colombiana, destacando sus beneficios en términos de eficiencia operativa, reducción de costos y cumplimiento normativo. Este marco teórico se alinea directamente con los objetivos del proyecto, proporcionando una visión integral de los temas esenciales para entender la importancia y el alcance de la automatización en este contexto.

3.1 Importancia del Aceite Vegetal en la Industria Alimentaria

Antes de entrar en detalle sobre la importancia de los aceites vegetales en la industria alimentaria, es fundamental contextualizar el entorno en el cual se desarrollará el proyecto.

El aceite vegetal juega un papel fundamental en la industria alimentaria no solo por sus propiedades nutricionales, sino también por su impacto en las características organolépticas de los productos finales, tales como el sabor, la textura y la estabilidad. Cada tipo de aceite vegetal, como el de palma, soja u oliva, aporta cualidades específicas que lo hacen ideal para aplicaciones particulares. Por ejemplo, el aceite de palma es ampliamente utilizado en la fabricación de galletas por su estabilidad a altas temperaturas, lo que lo hace ideal para procesos de horneado. Además, el aceite de oliva, conocido por sus beneficios para la salud cardiovascular, se valora en productos que priorizan la salud del consumidor. Una gestión adecuada de estos aceites es crucial, ya que influye directamente en la vida útil, valor nutricional y aceptación del consumidor del producto final. Esta gestión abarca desde la selección del tipo de aceite hasta su almacenamiento y control durante el proceso de producción. (Smith, 2020).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Los aceites vegetales desempeñan un papel crucial en la industria alimentaria debido a su versatilidad y propiedades únicas, que afectan directamente la calidad y características de los productos finales. A continuación, se presentan algunos de los procesos industriales más comunes que utilizan aceites vegetales y se analizan las diferencias entre los tipos de aceites, así como su aplicación específica en la producción de alimentos.

3.1.1 Procesos Industriales que Utilizan Aceites Vegetales

En la industria alimentaria, los aceites vegetales se utilizan en diversos procesos como:

- **Fritura:** Aceites como el de palma y el de girasol se utilizan comúnmente debido a su alta estabilidad térmica. Estos aceites permiten la cocción a altas temperaturas sin descomponerse rápidamente, lo que es esencial para mantener la calidad del alimento durante el proceso de fritura industrial.
- **Horneado:** El aceite de soja es ampliamente utilizado en la producción de productos horneados debido a su capacidad para mejorar la textura y prolongar la vida útil. Este aceite ayuda a mantener la humedad en productos como galletas y pasteles.
- **Mezclado y emulsificación:** En productos como salsas y aderezos, aceites como el de canola y girasol son preferidos por su sabor neutro y sus propiedades emulsificantes, lo que ayuda a crear una textura homogénea en el producto final.
- **Formulación de margarina y manteca:** El aceite de palma es esencial en la producción de margarinas y mantecas debido a su capacidad para solidificarse a temperatura ambiente, proporcionando la textura y estabilidad deseada (Smith, 2020).

3.1.2 Características Comparativas entre Aceites Vegetales

Los aceites vegetales son insumos esenciales en diversas aplicaciones industriales debido a sus propiedades fisicoquímicas específicas. Cada tipo de aceite vegetal posee características únicas que determinan su uso óptimo en función de las necesidades del proceso productivo.

3.1.3 Puntos de Humo de los Aceites Comestibles

El punto de humo es una característica fundamental de los aceites comestibles, ya que determina la temperatura a la cual un aceite comienza a descomponerse, generando humo visible y compuestos tóxicos o indeseables. Este parámetro es especialmente relevante en

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

procesos de cocción a altas temperaturas, como la fritura industrial, donde el aceite debe mantener su estabilidad térmica para evitar la degradación de sus propiedades.

Cada tipo de aceite tiene un punto de humo diferente, influenciado por su composición química, especialmente por su contenido de grasas saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas. Los aceites con un alto contenido de grasas saturadas, como el de palma, suelen tener puntos de humo más elevados, lo que los hace ideales para aplicaciones donde se requieren temperaturas altas y prolongadas.

La selección adecuada del aceite, basada en su punto de humo, no solo garantiza la calidad del producto final, sino que también contribuye a la eficiencia del proceso industrial, minimizando la frecuencia de cambios de aceite y el desperdicio. En la industria alimentaria, este factor es crítico para mantener la seguridad alimentaria y las características organolépticas deseadas. (Salgado, 2017)

Tabla 1. Puntos de Humo de los Aceites Comestibles

Aceite	Punto de Humo (°C)	Grasas Saturadas (%)	Propiedades	Aplicaciones
Palma	230	50	Alta estabilidad a altas temperaturas, neutro en sabor, solidifica a temperatura ambiente	Fritura, horneado, margarinas, manteca
Soja	232	15	Rico en grasas poliinsaturadas, sabor neutro, excelente para horneado y mezclado	Horneado, mezclado, salsas, aderezos
Oliva	190	14	Sabor robusto, alto en antioxidantes, beneficioso para la salud cardiovascular	Aderezos, salsas, aplicaciones gourmet
Girasol	225	10	Rico en vitamina E, sabor ligero, buena estabilidad a altas temperaturas	Fritura, aderezos, horneado
Canola	204	7	Muy bajo en grasas saturadas, sabor neutro, alto contenido de omega-3	Mezclado, emulsificación, salsas, horneado

Nota: Las grasas saturadas son tipos de grasas que tienen enlaces simples entre las moléculas de carbono y están saturadas con átomos de hidrógeno. Son sólidas a temperatura ambiente y se encuentran en productos como la manteca y el aceite de palma.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3.1.4 Aceites Utilizados en la Compañía de Galletas NOEL

En la Compañía de Galletas NOEL, se utilizan principalmente aceite de palma y aceite de soja debido a sus propiedades que los hacen ideales para la producción industrial de galletas. El aceite de palma es preferido por su alta estabilidad térmica, lo que permite una fritura eficiente y consistente, mientras que el aceite de soja se utiliza en la formulación de las masas, mejorando la textura y prolongando la vida útil del producto final.

3.1.5 Motivos de la Selección:

- **Aceite de Palma:** Elegido por su capacidad para mantener la estabilidad a altas temperaturas, lo que es crucial en el proceso de horneado y fritura industrial. Además, su capacidad para solidificarse a temperatura ambiente es esencial para mantener la estructura de las galletas.
- **Aceite de Soja:** Utilizado por su perfil de sabor neutro y su habilidad para mejorar la textura de las galletas, manteniéndolas frescas durante más tiempo. Este aceite también es beneficioso desde una perspectiva de costos, ya que es más económico y ampliamente disponible en el mercado.

3.1.6 Cantidades de Aceite Requeridas en la Producción

Para un lote estándar de producción de galletas, la Compañía de Galletas NOEL puede requerir aproximadamente **150 litros de aceite de palma y 100 litros de aceite de soya**. Estas cantidades aseguran que cada proceso de producción tenga la consistencia y calidad necesaria, manteniendo la estabilidad y frescura del producto final. En *la imagen 1* se presentan los distintos tipos de aceites utilizados en la industria alimentaria, entre ellos, el aceite de palma y el aceite de soja, resaltando sus características clave y aplicaciones específicas. Esta información visual refuerza la importancia de la correcta selección de los aceites en los procesos productivos, garantizando que los productos finales cumplan con los estándares de calidad requeridos.

Imagen 1: Diversos tipos de aceites vegetales utilizados en la industria alimentaria. (S.A., 2023)



TIPOS DE ACEITES DE COCINA Y SUS USOS



ACEITE DE SOYA:

Se obtiene de la semilla de Soja es el aceite que más se produce a nivel mundial, tiene elevado contenido de ácidos grasos, se usa en las margarinas, producto horneados y frituras.

04

ACEITE DE ALGODÓN:

Se obtiene de la semilla de algodón, es un aceite de color amarillo claro, su uso no es muy frecuente, se encuentra mucho en mezclas de margarina de cocina y se usa para aliños de ensalada.

01

ACEITE DE GIRASOL:

Es uno de los más consumidos se obtiene del prensado de la semilla del girasol, es uno de los más sanos que hay, por la cantidad de grasas poliinsaturadas y ácidos linoleicos se usa para hacer fritura porque es en precio uno de los más económicos.

05

ACEITE DE MAÍZ:

Procede del germen de la planta, rico en ácidos grasos, rico en vitamina E, se usa en la elaboración de margarinas, mayonesa.

02

ACEITE DE PALMA:

Se extrae del fruto y la semilla de la palmera, tiene un elevado contenido de ácidos grasos saturados, por lo que hay que tener precaución la consumo, usos frituras o como base de cualquier tipo de preparación en cocina.

06

ACEITE DE CACAHUATE:

Es rico en ácidos oleicos, bastante perfumado, su uso no es muy frecuente por el precio. Se usa en ensaladas y vinagretas.

03

ACEITE DE OLIVA:

Hay diferentes tipos entre ellos el aceite de oliva virgen, refinado, normal. Aporta vitamina E, contiene diferentes tipos de ácidos oleicos, (favorecen la absorción de calcio, reduce el colesterol malo y aumenta el bueno) ayuda controlar la glucosa a las personas que tiene diabetes. Uso consumo como aliño para ensaladas, hasta base de las comidas españolas.

07

ACEITE DE CANOLA:

Se obtiene de las semillas molidas de la planta de Canola, contiene menos cantidad de grasas saturadas que cualquier tipo de aceite comestible. Usos cualquier tipo de preparación culinaria y se puede consumir en crudo.

08

En conclusión, la correcta selección y manejo de los aceites vegetales es vital para la producción de alimentos de alta calidad, siendo la Compañía de Galletas NOEL un ejemplo de cómo la elección estratégica de estos insumos puede impactar positivamente en la eficiencia y calidad del proceso productivo.

3.1.7. Producción y Logística de Aceites Vegetales en Colombia

Colombia se destaca como uno de los mayores productores de aceite de palma en América Latina, con regiones clave de producción en Urabá, Magdalena y los Llanos Orientales. Estas zonas tienen un clima y condiciones geográficas ideales para el cultivo de palma, lo que ha permitido el desarrollo de una industria robusta. Sin embargo, la producción de aceite vegetal enfrenta desafíos logísticos significativos debido a la geografía diversa del país, que incluye regiones montañosas, selvas tropicales y zonas costeras. Estos desafíos afectan la cadena de suministro desde la recolección del fruto hasta el almacenamiento y distribución

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

del aceite, exigiendo infraestructuras avanzadas que aseguren la calidad del producto en cada etapa del proceso (Rural, 2020).

3.1.8 Proceso de Producción de Aceite de Palma

El proceso de producción de aceite de palma en Colombia consta de varias etapas críticas, desde el cultivo del fruto hasta la extracción y refinamiento del aceite (Rural, 2020).

1. Cultivo y Cosecha:

- **Plantación:** Las palmas de aceite se cultivan en plantaciones que generalmente abarcan grandes extensiones de tierra. El clima cálido y húmedo de regiones como Urabá y Magdalena es ideal para el crecimiento de estas palmas (Yolanda Moreno, 2019).
- **Cosecha:** Los racimos de fruto fresco (RFF) se cosechan manualmente cuando alcanzan la madurez adecuada. Este proceso es laborioso y requiere trabajadores capacitados que cortan los racimos de las palmas utilizando herramientas especializadas. Cada racimo puede pesar entre 20 y 50 kg y contiene cientos de frutos individuales (La palma de aceite colombiana en cifras, 2023).

2. Transporte del Fruto:

- **Transporte a la Planta de Extracción:** Una vez cosechados, los racimos de fruto fresco se transportan rápidamente a la planta de extracción para evitar la fermentación y descomposición del fruto, lo que podría afectar la calidad del aceite. En Colombia, el transporte se realiza a menudo en camiones diseñados para manejar grandes volúmenes de fruto y mantenerlo en condiciones óptimas durante el traslado (Verde, 2024).

3. Extracción del Aceite:

- **Esterilización:** Los racimos de fruto fresco se esterilizan utilizando vapor a alta presión para ablandar los frutos, facilitar la extracción del aceite y reducir la actividad de las enzimas que podrían degradar el aceite.
- **Despulpado:** Después de la esterilización, los frutos pasan por una máquina despulpadora que separa la pulpa del hueso. La pulpa, rica en aceite, es el material principal que se procesa en las siguientes etapas.
- **Prensado:** La pulpa se somete a un proceso de prensado mecánico para extraer el aceite crudo. Este aceite crudo, conocido como aceite de palma crudo (CPO), contiene impurezas que se eliminan en las etapas posteriores.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4. Clarificación y Refinamiento:

- **Clarificación:** El aceite crudo se clarifica para eliminar impurezas sólidas y agua residual. Este proceso incluye la sedimentación y filtración del aceite.
- **Refinamiento:** El aceite clarificado se refina para mejorar su color, olor y sabor, y para eliminar cualquier impureza restante. El proceso de refinamiento puede incluir neutralización, decoloración y desodorización del aceite, dependiendo de las especificaciones del producto final.

5. Almacenamiento y Transporte:

- **Almacenamiento:** El aceite refinado se almacena en tanques especializados que mantienen el aceite a temperaturas controladas para evitar la solidificación o la descomposición. Los tanques están equipados con sistemas de calefacción y control de temperatura.
- **Transporte:** El aceite refinado se transporta a través de una red de distribución que puede incluir tuberías, camiones cisterna o buques, dependiendo de la distancia y la ubicación de las plantas de procesamiento secundario o los puntos de exportación. Es crucial mantener las condiciones de transporte adecuadas para asegurar que el aceite llegue a su destino en óptimas condiciones (Colombia, 2024).

2.2.2 Desafíos Logísticos y Soluciones Innovadoras

Los desafíos logísticos en la producción de aceite vegetal en Colombia son considerables debido a la diversidad geográfica del país. La infraestructura de transporte, que incluye carreteras en mal estado y largos trayectos desde las plantaciones hasta las plantas de procesamiento, requiere soluciones innovadoras para mantener la integridad del producto:

- **Sistemas de Transporte Especializados:** Se han desarrollado camiones cisterna aislados térmicamente que transportan el aceite en condiciones controladas, minimizando la exposición a temperaturas extremas que podrían afectar la calidad del aceite.
- **Almacenes de Control de Temperatura:** Las instalaciones de almacenamiento están equipadas con sistemas de control de temperatura y humedad, que son críticos para mantener la calidad del aceite durante el almacenamiento prolongado.
- **Gestión de la Cadena de Suministro:** El uso de tecnologías avanzadas, como sistemas de monitoreo en tiempo real y software de gestión de la cadena de suministro, permite a las empresas rastrear el aceite a lo largo de toda la cadena

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

logística, asegurando una trazabilidad completa y reduciendo las pérdidas por deterioro o contaminaciones.

Estas soluciones innovadoras son esenciales para asegurar que el aceite de palma producido en Colombia cumpla con los estándares internacionales de calidad, lo que permite a la industria competir eficazmente en mercados globales (SAC, 2024).

3.1.9. Relevancia de la Automatización en la Gestión de Aceites Vegetales.

La automatización en la recepción y almacenamiento de aceites vegetales es fundamental para optimizar los procesos industriales en términos de eficiencia, seguridad y trazabilidad. En la Compañía de Galletas NOEL, la implementación de tecnologías avanzadas como los PLC (Controladores Lógicos Programables) y los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ha permitido mejorar significativamente la gestión de estos procesos, adaptándose a las exigencias de la industria alimentaria moderna (Fowler, 2019).

El uso de aceites vegetales en la industria alimentaria, particularmente en la producción de galletas, requiere un manejo cuidadoso para garantizar la calidad del producto final. La automatización de la recepción y almacenamiento de aceites vegetales en la planta de la Compañía de Galletas NOEL no solo asegura un proceso eficiente, sino que también minimiza riesgos asociados a la manipulación manual y optimiza la utilización de los recursos. Por ejemplo, el sistema automatizado permite un control riguroso de las temperaturas y niveles de almacenamiento, aspectos críticos para mantener la calidad y características de los aceites durante todo el proceso de producción.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Los Controladores Lógicos Programables (PLC, por sus siglas en inglés) son dispositivos esenciales en la automatización de procesos industriales. Su principal función es gestionar y controlar maquinaria y operaciones mediante la programación de secuencias lógicas que se adaptan a las necesidades específicas de cada sistema. Estos dispositivos destacan por su fiabilidad, flexibilidad y capacidad de operar en entornos exigentes, lo que los convierte en una herramienta indispensable para optimizar la eficiencia y precisión en la industria.

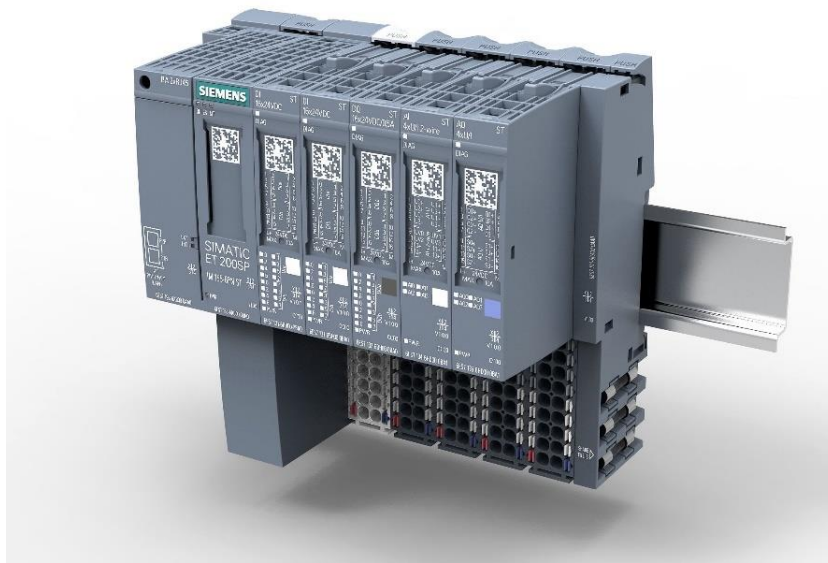


Imagen 2. PLC, CPU y módulos de una ET200SP utilizada en el proyecto.

Los PLC desempeñan un papel crucial en la automatización industrial debido a su capacidad para gestionar y controlar secuencias complejas de operaciones de manera precisa y repetitiva. En el contexto de la recepción y almacenamiento de aceites vegetales, los PLC en la Compañía de Galletas NOEL se utilizan para automatizar operaciones como la apertura y cierre de válvulas, el control de bombas, y la regulación del flujo de aceite. Algunas de las características destacadas de los PLC incluyen:

- **Alta Confiabilidad y Durabilidad:** Los PLC están diseñados para operar en entornos industriales exigentes, resistiendo condiciones adversas como temperaturas extremas, humedad y vibraciones, lo que garantiza un funcionamiento continuo y seguro del sistema.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- **Programabilidad Flexible:** Los PLC permiten la programación de secuencias de operación para adaptarse a los cambios en la producción, lo cual es crucial para la versatilidad del proceso industrial.
- **Capacidad de Integración:** Los PLC pueden integrarse fácilmente con otros sistemas de automatización, como el SCADA, permitiendo una gestión centralizada y un control integral del proceso.

Estas son las características de los Sistemas SCADA en la Gestión de Aceites Vegetales:

Los sistemas SCADA son esenciales para la supervisión en tiempo real de los procesos automatizados. En la planta de la Compañía de Galletas NOEL, el sistema SCADA proporciona una interfaz gráfica que permite a los operadores monitorizar en tiempo real todas las variables críticas del proceso, como la temperatura, los niveles de los tanques y el caudal de aceite. Entre las características más relevantes del sistema SCADA implementado se incluyen:

- **Monitoreo en Tiempo Real:** El sistema SCADA permite a los operadores observar el estado del proceso en tiempo real, lo que es crucial para la toma de decisiones rápidas y precisas ante cualquier variación en el proceso.
- **Registro Histórico y Trazabilidad:** El SCADA almacena datos históricos de todas las variables del proceso, lo que permite una trazabilidad completa y facilita auditorías de calidad y cumplimiento normativo.
- **Control Remoto y Alarmas:** Los operadores pueden supervisar y controlar el proceso de manera remota, y el sistema está configurado para activar alarmas ante cualquier desviación de los parámetros preestablecidos, reduciendo el riesgo de errores y asegurando la calidad del producto final.



Imagen3. Interfaz de monitoreo de un sistema SCADA.

La imagen muestra la interfaz gráfica típica de un sistema SCADA, donde se visualizan procesos industriales en tiempo real. Este tipo de sistema es esencial para la supervisión y control eficiente de las variables críticas en entornos automatizados. La integración de SCADA con PLC permite un monitoreo centralizado, registro histórico de datos y capacidad de respuesta rápida ante eventos anómalos.
Fuente: Imagen ilustrativa genérica adaptada para el proyecto.

3.2. Revisión de Literatura y Estudios Previos

La automatización en la industria alimentaria ha sido objeto de numerosos estudios debido a su impacto positivo en la eficiencia operativa, la calidad del producto y la sostenibilidad. En particular, la gestión y el procesamiento de aceites vegetales han sido áreas de interés debido a los desafíos inherentes al manejo de estos ingredientes críticos para la producción de alimentos (Smith, 2020).

3.2.1 Impacto de la Automatización en la Eficiencia y Reducción de Costos

Investigaciones realizadas en diversas plantas de producción han demostrado que la implementación de sistemas automatizados puede reducir significativamente los tiempos de procesamiento y los costos operativos. Por ejemplo, un estudio realizado por Smith (2020) en una planta de procesamiento de aceite de palma en Malasia mostró que la automatización del sistema de recepción y almacenamiento redujo los tiempos de inactividad en un 30% y los costos asociados en un 25%. Estos resultados se atribuyen a la

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

capacidad de los sistemas automatizados para optimizar el uso de recursos, minimizar los errores humanos y permitir un monitoreo constante de las operaciones.

Otro estudio, realizado por García (2022) en una planta de producción de alimentos en Colombia, analizó la implementación de tecnologías SCADA y PLC en el manejo de aceites vegetales. Los resultados mostraron una mejora del 20% en la consistencia del producto final, lo que se tradujo en un aumento en la satisfacción del cliente. Este estudio también subrayó la importancia de la automatización para garantizar el cumplimiento de las normativas de seguridad alimentaria, ya que los sistemas automatizados permiten una trazabilidad completa y una mejor gestión del control de calidad.

3.2.2 Adaptación y Flexibilidad de los Sistemas Automatizados

La literatura también destaca la importancia de adaptar los sistemas de automatización a las necesidades específicas de cada operación industrial. Gómez (2020) argumenta que los sistemas automatizados deben ser escalables y flexibles para acomodar cambios futuros en la producción, como el aumento de la capacidad o la integración de nuevos productos. Un ejemplo de esta adaptabilidad se encuentra en un estudio realizado en una planta de producción de aceite de oliva en España, donde la implementación de un sistema flexible de automatización permitió a la planta aumentar su capacidad de producción en un 40% en respuesta a la demanda estacional, sin comprometer la calidad del producto final.

Además, estudios recientes han comenzado a explorar el uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para mejorar aún más la automatización en la industria alimentaria. Ruppert (2018) sugiere que la integración de estas tecnologías puede ofrecer beneficios adicionales, como la predicción de fallos en el sistema y la optimización automática de los procesos en tiempo real, lo que podría revolucionar la gestión de aceites vegetales en plantas de producción.

3.2.3 Estudios de Caso y Ejemplos Relevantes

Varios estudios de caso en plantas de producción similares a la Compañía de Galletas NOEL han documentado mejoras notables tras la implementación de tecnologías de automatización. Por ejemplo, una investigación realizada en una planta de galletas en Brasil (Chopra & Meindl, 2015) mostró que la automatización del sistema de almacenamiento de grasas y aceites no solo mejoró la eficiencia logística, sino que también permitió una mejor

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

integración con el sistema de producción, lo que resultó en una reducción del 15% en los desperdicios de materia prima.

Otro estudio relevante es el realizado en una planta de producción de productos lácteos en Alemania, donde la automatización del manejo de aceites y grasas condujo a una mejora significativa en la trazabilidad y el cumplimiento normativo. Este estudio destacó cómo los sistemas SCADA, al ser integrados con la cadena de suministro digital, facilitaron una respuesta rápida ante cualquier incidente relacionado con la calidad del producto (Berger, 2013).

En resumen, la literatura revisada demuestra claramente que la automatización en la industria alimentaria, y específicamente en la gestión de aceites vegetales, ofrece beneficios sustanciales en términos de eficiencia, reducción de costos, y mejora de la calidad del producto. Además, la adaptabilidad de los sistemas automatizados es crucial para responder a las demandas cambiantes del mercado y para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones industriales. Los estudios y casos revisados proporcionan una base sólida para la implementación de tecnologías de automatización en la Compañía de Galletas NOEL, sugiriendo que estos avances pueden mejorar significativamente los procesos actuales y posicionar a la empresa en la vanguardia de la innovación industrial.

3.2.4 Impacto de la Automatización en la Industria Alimentaria Colombiana

La industria alimentaria en Colombia ha experimentado transformaciones significativas con la adopción de tecnologías de automatización. En el caso de la Compañía de Galletas NOEL, la automatización del sistema de recepción y almacenamiento de grasa vegetal ha llevado a una mejora notable en la eficiencia operativa, optimizando el proceso logístico y asegurando un control más preciso de parámetros críticos como la temperatura y el nivel de almacenamiento. Estos avances no solo garantizan una mayor consistencia y calidad del producto final, sino que también facilitan el cumplimiento de normativas de seguridad alimentaria al proporcionar una trazabilidad completa de todas las operaciones. La experiencia de NOEL puede servir como un modelo para otras empresas del sector, demostrando el valor de la inversión en tecnologías avanzadas para mejorar la competitividad y sostenibilidad de sus operaciones (García, 2022).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4. METODOLOGÍA

La metodología de este proyecto se basa en un enfoque detallado que abarcó varias etapas cruciales. Primero, se realizó un análisis exhaustivo de las necesidades y requerimientos del sistema actual de recepción de grasa vegetal. Luego, se diseñaron y seleccionaron las tecnologías de automatización adecuadas, tales como PLCs y sistemas SCADA, para satisfacer los objetivos específicos de mejorar la eficiencia y la calidad del proceso. Posteriormente, se implementaron y probaron estos sistemas en un entorno controlado para evaluar su desempeño. Cada una de estas actividades se realizaron con el objetivo de cumplir los requisitos establecidos en los objetivos específicos del proyecto.

4.3. Diseño del Estudio.



Imagen 4. Descarga de grasa vegetal en el sistema de recepción. (Fuente: Elaboración propia)

El diseño del estudio comenzó con un análisis detallado de las necesidades y requerimientos del sistema actual de recepción de grasa vegetal. Este análisis incluyó la identificación de los puntos críticos del proceso, las especificaciones técnicas necesarias para la integración del nuevo tanque de 50,000 litros, y la evaluación de la infraestructura existente para determinar las mejores prácticas de integración.

- Enfoque de la investigación:** El enfoque de esta investigación se centró en la aplicación de tecnologías de automatización para mejorar los procesos industriales. Se adoptó un enfoque mixto que combina métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una visión integral del impacto de la automatización en la recepción de grasa vegetal. Este enfoque permitió medir mejoras tangibles en eficiencia y calidad y también captar las percepciones y experiencias del personal involucrado.
- Tipo de estudio:** Este es un estudio aplicado, solicitado por la Compañía de Galletas NOEL, con el objetivo de ampliar y optimizar el proceso de recepción de grasa vegetal mediante la implementación de un sistema automatizado. El estudio se clasifica como de intervención, ya que introduce un cambio significativo en el proceso existente y evalúa sus efectos.
- Justificación del enfoque:** La elección de un enfoque mixto se justifica por la necesidad de obtener una visión completa del impacto de la automatización. Los métodos cuantitativos proporcionan datos objetivos y medibles sobre las mejoras en eficiencia y calidad, mientras que los métodos cualitativos ofrecen una comprensión profunda de las experiencias y necesidades del personal técnico. Esta combinación asegura una implementación más efectiva y adaptada a las condiciones reales de operación.

4.2. Selección de Tecnologías de Automatización.

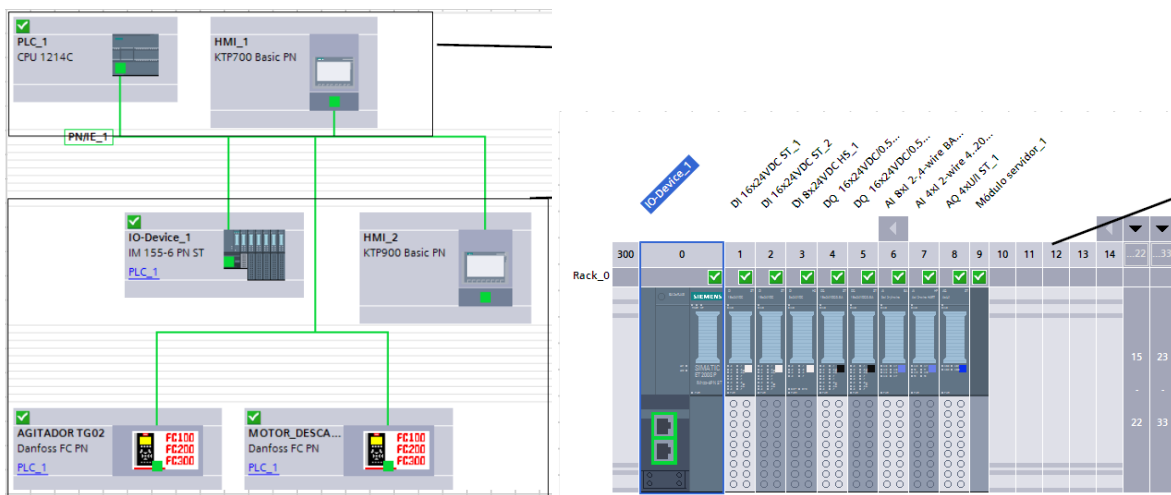


Imagen 5. Topología de red y comunicación entre equipos Siemens y Variadores Danfoss. (Fuente: Elaboración propia).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

En esta etapa, se seleccionaron las tecnologías de automatización más adecuadas para cumplir con los requerimientos del proyecto. La selección incluyó la elección de PLCs (Controladores Lógicos Programables) y sistemas SCADA, basados en su capacidad para manejar las especificaciones del proceso, como el control de válvulas, bombas, y la monitorización en tiempo real de las variables críticas del sistema. Se consideraron factores como la escalabilidad, la compatibilidad con el sistema existente, y la facilidad de integración.

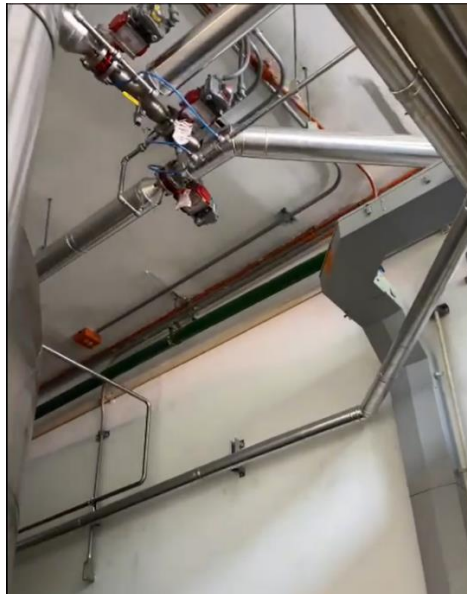
4.3. Implementación y Pruebas del Sistema.



Imagen 6. Ensamblaje del tablero de potencia y control. (Fuente: Elaboración propia).

La imagen muestra el proceso de ensamblaje del tablero eléctrico diseñado para gestionar el sistema de potencia y control del tanque de grasa vegetal. Incluye componentes clave para la automatización y seguridad operativa. (Fuente: Elaboración propia).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



**Imagen 7. Instalación de válvulas actuadas en el sistema de tuberías.
(Fuente: Elaboración propia).**

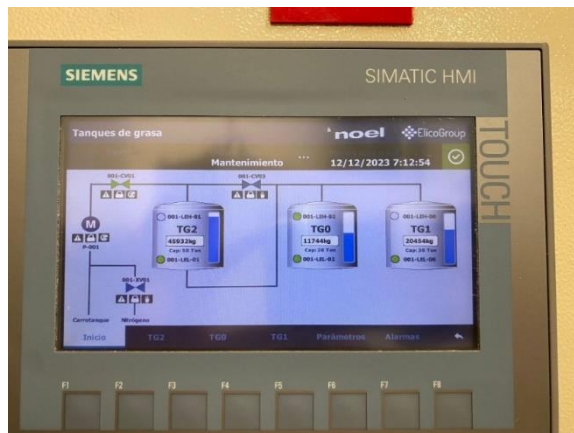
La imagen presenta las válvulas actuadas instaladas en el sistema de tuberías, esenciales para el control automático del flujo de grasa vegetal en el proceso.



**Imagen 8. Sensor de flujo en el sistema de recepción de grasa vegetal.
(Fuente: Elaboración propia).**

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

El sensor de flujo es un componente clave para monitorear y regular la cantidad de grasa vegetal transferida durante el proceso, garantizando precisión y eficiencia.



**Imagen 9. Interfaz HMI para la visualización del proceso de recepción de grasa.
(Fuente: Elaboración propia).**

La interfaz HMI (Human-Machine Interface) permite el control y supervisión en tiempo real del sistema de recepción de grasa vegetal, facilitando la toma de decisiones operativas.

Una vez seleccionadas las tecnologías, se procedió a la instalación de los componentes del sistema automatizado. Esto incluyó la implementación de un PLCs y SCADA en el entorno de producción, así como la instalación de la instrumentación necesaria para el control de flujo, nivel y temperatura del aceite vegetal. Después de la instalación, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas en un entorno controlado para evaluar el desempeño del sistema y asegurarse de que todos los componentes funcionaran de manera óptima y coordinada.

4.4. Recolección y análisis de datos.

Se refiere a la recopilación sistemática de datos relevantes para el estudio y su posterior análisis para extraer conclusiones significativas. Esto incluye técnicas como el análisis estadístico descriptivo y el análisis de regresión.

- **Técnicas de análisis:** Se utilizó análisis estadístico descriptivo para comparar los datos pre y post implementación. Además, se empleó análisis de regresión para identificar los factores más influyentes en la mejora de la eficiencia.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- **Procedimiento de análisis:** Los datos fueron ingresados en el software SPSS para su análisis. Se realizaron pruebas t para evaluar la significancia de las mejoras observadas.
- **Interpretación de resultados:** Los resultados se interpretaron en función de los objetivos específicos del estudio, evaluando la eficiencia operativa y los costos logísticos.
- **Análisis Estadístico Descriptivo:** Utilizado para comparar los datos pre y post implementación, destacando mejoras en eficiencia, tiempos de proceso y calidad del producto.
- **Análisis de Regresión:** Aplicado para identificar los factores más influyentes en las mejoras observadas y determinar la relación entre variables clave.
- **Pruebas T:** Realizadas para evaluar la significancia estadística de las diferencias observadas en los datos antes y después de la automatización.
- **Procedimiento de Análisis:** Los datos recolectados fueron ingresados en el software SPSS para su análisis estadístico. Se realizaron pruebas de hipótesis para evaluar la efectividad de la implementación del sistema automatizado. Además, se utilizaron gráficos y tablas para visualizar los resultados de manera clara y comprensible.
- **Interpretación de Resultados:** Los resultados se interpretaron en función de los objetivos específicos del estudio. Se analizaron las mejoras en eficiencia operativa, reducción de costos y calidad del producto, y se presentaron comparaciones claras entre el rendimiento del sistema antes y después de la automatización.

Se refiere a la recopilación sistemática de datos relevantes para el estudio y su posterior análisis para extraer conclusiones significativas. Esto incluye técnicas como el análisis estadístico descriptivo y el análisis de regresión.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4.5. Evaluación de Resultados



Imagen 10. Bomba de transferencia instalada en el sistema. (Fuente: Elaboración propia).

La imagen muestra la bomba de transferencia utilizada para el transporte eficiente de grasa vegetal dentro del sistema automatizado.



Imagen 11. Conexiones de válvulas y tuberías en el sistema de recepción. (Fuente: Elaboración propia).

Se presentan las conexiones de válvulas y tuberías que permiten el control preciso del flujo en el proceso de recepción y manejo de grasa vegetal.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

La etapa final de la metodología consistió en una evaluación exhaustiva de los resultados obtenidos después de la implementación del sistema automatizado. Esta evaluación se centró en determinar el impacto de la automatización en la logística de recepción de grasa vegetal, la reducción de costos operativos, la mejora en la trazabilidad del proceso, y el cumplimiento de las normativas de seguridad alimentaria. Los resultados se documentaron y se compararon con los objetivos específicos del proyecto para asegurar que todos los requisitos fueron cumplidos.

Tecnologías y Herramientas:

Se utilizaron herramientas como TIA Portal para la programación de PLCs y SCADA para el monitoreo en tiempo real.

- **TIA Portal:** Utilizado para la programación de los Controladores Lógicos Programables (PLC), permitiendo la configuración y monitoreo del sistema automatizado.

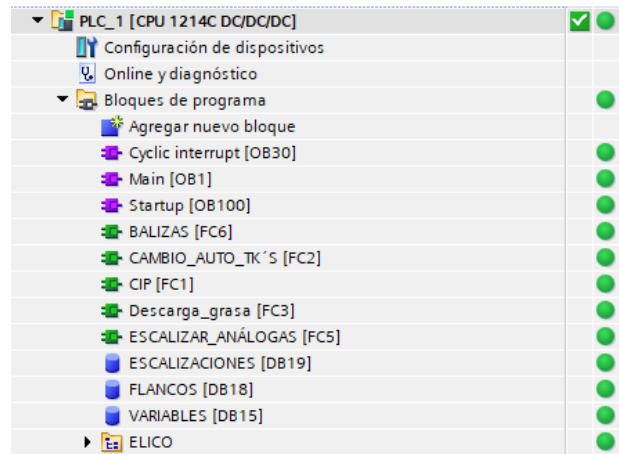


Imagen 12. Main del programa que se migró a TIAPortal 17 y se adaptó a las necesidades actuales del cliente. (Fuente: Elaboración propia).



Imagen 13. En esta imagen muestra las Alarmas FC y DB, por lo general cada subcarpeta tiene su FC y DB. (Fuente: Elaboración propia).

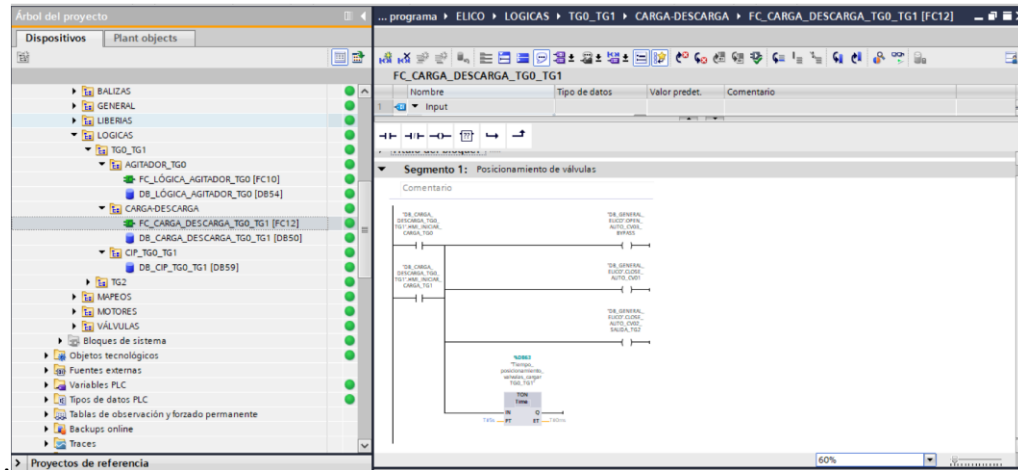


Imagen 14. Muestra La FC de Carga-Descarga solo se posicionan las válvulas, ya que en el Main se hace el resto de la lógica. (Fuente: Elaboración propia).

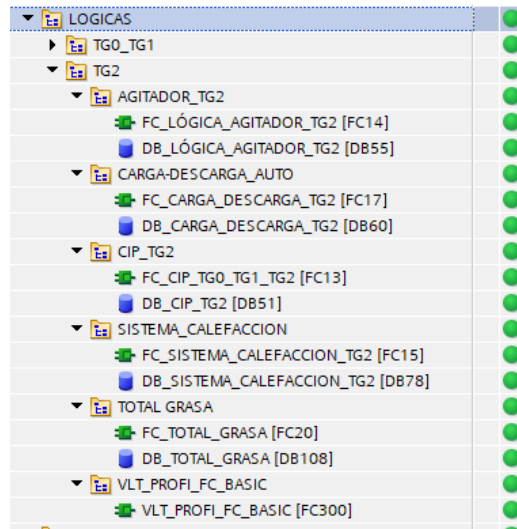


Imagen 15. Acá mostramos el Agitador TG2 que tiene un variador de frecuencia y desde la HMI se puede establecer la velocidad de trabajo para este. (Fuente: Elaboración propia).

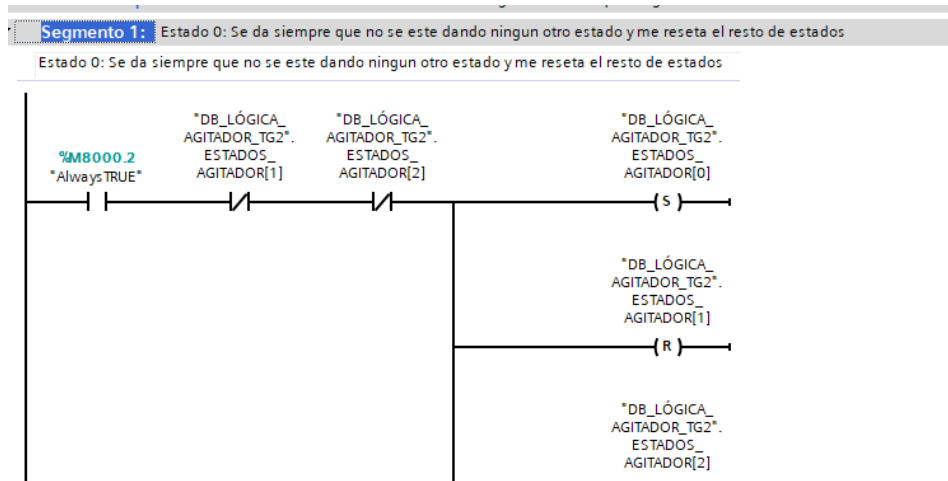


Imagen 16. Aquí muestra, si está en estado 0 se da siempre que no se esté dando ningún otro estado y me reinicia el resto de los estados (Condición). (Fuente: Elaboración propia).

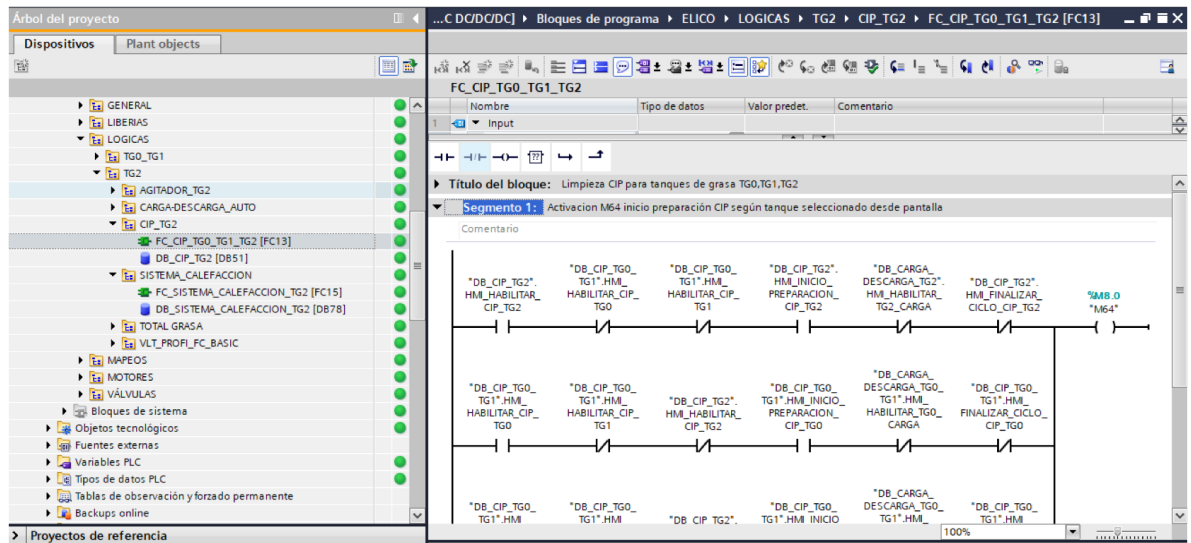
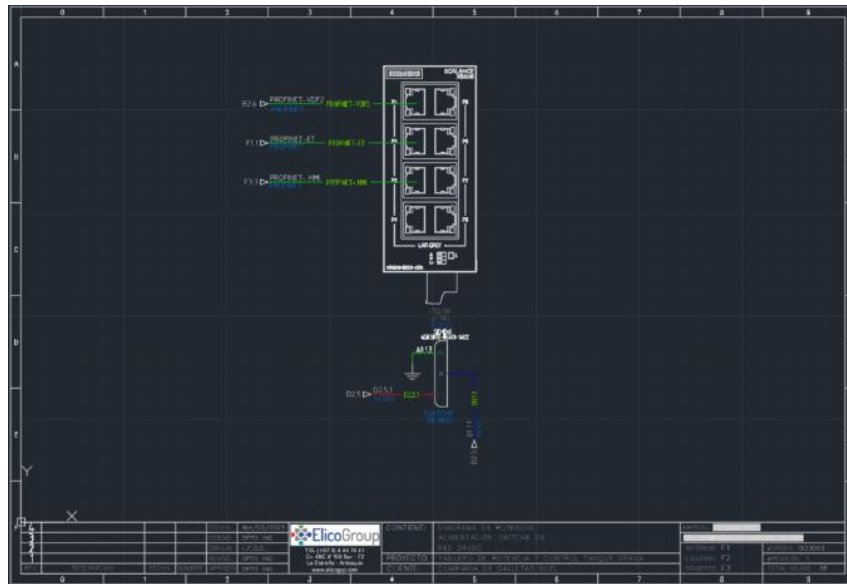


Imagen 17. Se muestra el CIP, se hace posicionamiento de las válvulas para todos los tanques según se seleccionen desde la HMI y se usa la secuencia CIP ya hecha en el programa de NOEL. (Fuente: Elaboración propia).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



**Imagen 24. Conexión Switch de red instalado en el tablero de grasa.
(Fuente: Elaboración propia).**

4.6. Documentación y Seguimiento

Finalmente, se realizó una completa documentación de todo el proceso, incluyendo los esquemas eléctricos, diagramas de P&ID (*Piping and Instrumentation Diagram*), manuales de operación del sistema, y un plan de mantenimiento preventivo. Esta documentación es crucial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo del sistema automatizado y para facilitar futuras mejoras o expansiones. Fuentes de Información

- **Citación de Fuentes:** Se utilizaron artículos científicos, manuales técnicos y documentación interna de la planta para respaldar la metodología utilizada. Estas fuentes proporcionaron un marco teórico sólido y referencias prácticas para la implementación del sistema automatizado.
- Se generó toda la documentación técnica necesaria, incluyendo manuales de operación, diagramas eléctricos y P&ID actualizados. Esta documentación asegura que todas las modificaciones y mejoras realizadas en el sistema estén bien documentadas y puedan ser referenciadas en el futuro.

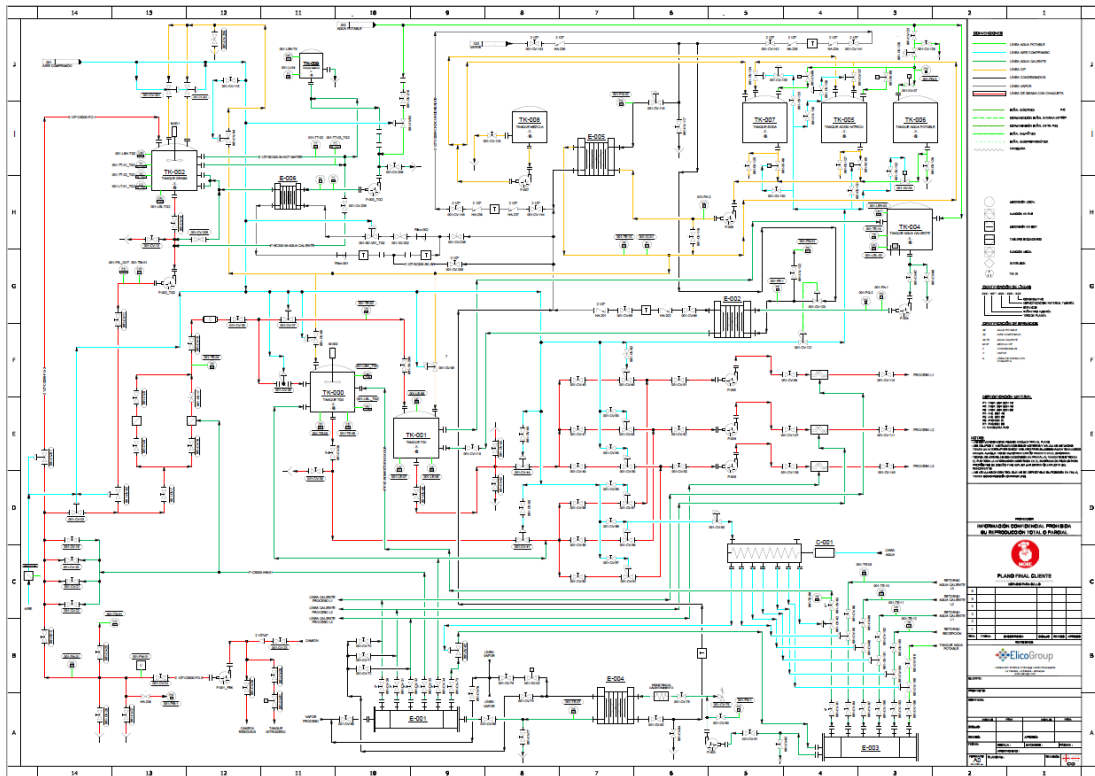


Imagen 25. Muestra el P&iD, Ruteo de grasa planta Compañía de galletas Noel, Medellín. Diseño en AutoCAD Plant 3D. (Fuente: Elaboración propia).

- Plan de Seguimiento:** Se estableció un plan de seguimiento y mantenimiento para asegurar el funcionamiento continuo y confiable del sistema a lo largo del tiempo. Este plan incluye revisiones periódicas, mantenimiento preventivo y capacitación continua del personal para asegurar que el sistema automatizado opere de manera eficiente y segura.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

Los resultados del proyecto se presentan de manera organizada, alineando cada hallazgo con los objetivos específicos establecidos al inicio del proyecto. A continuación, se detalla cómo cada uno de estos objetivos fue cumplido y qué mejoras se lograron en el proceso automatizado de recepción de grasa vegetal en la Compañía de Galletas NOEL.

5.1.1. Realización de la ingeniería de detalle para integrar el nuevo tanque al sistema existente

La ingeniería de detalle para integrar el nuevo tanque al sistema existente abarca varios aspectos técnicos y específicos que aseguran una instalación eficiente y segura. Aquí te presento un resumen detallado de los pasos involucrados:

1. Planos y Especificaciones Técnicas

- **Diseño del Tanque:** Planos detallados del nuevo tanque de 50,000 litros, fabricado en acero inoxidable, con dimensiones de 10 metros de altura y 5 metros de diámetro.
- **Especificaciones de Materiales:** Selección de materiales adecuados para la construcción del tanque, asegurando resistencia a la corrosión y durabilidad.
- **Integración con el Sistema Existente:** Planos que muestran cómo el nuevo tanque se conectará al sistema existente, incluyendo tuberías, válvulas y sensores.

2. Incremento de Capacidad

- **Montaje del Tanque:** Instalación del tanque en el sitio, incluyendo la logística de transporte y montaje.
- **Instalación de Válvulas y Sensores:** Colocación de válvulas de control y sensores de nivel para monitorear y regular el contenido del tanque.

En las imágenes muestra el tanque instalado con su instrumentación ya anteriormente mencionada.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



**Imagen 26. Muestra las Válvulas instaladas para el ingreso de la grasa al tanque.
(Fuente: Elaboración propia).**



Imagen 27. Muestra el Motor agitador instalado. (Fuente: Elaboración propia).

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- **Desafíos Logísticos:** Manejo de los retos asociados con el transporte del tanque y su integración con el sistema existente.

3. Optimización de Procesos

- **Aumento de Capacidad de Almacenamiento:** Contribución a la optimización de los procesos de producción mediante el aumento de la capacidad de almacenamiento.

Reducción de Tiempos de Inactividad: Reducción de los tiempos de inactividad en un 15%, como se demuestra en los registros de producción antes y después de la implementación.

5.1.2. Definición de las características de los componentes del sistema de control necesarios

Se definieron las características de los PLCs y SCADA, incluyendo la capacidad de procesamiento, la cantidad de entradas y salidas, y la compatibilidad con los sensores instalados.

- **Eficiencia del Proceso Logístico:** La integración de tecnologías de automatización y control, como los PLC y el sistema SCADA, La eficiencia logística mejoró del 70% al 85% tras la implementación de las tecnologías de automatización.
- **Datos Cuantitativos:** Antes de la implementación, la eficiencia era del 70%, y después aumentó al 85%.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

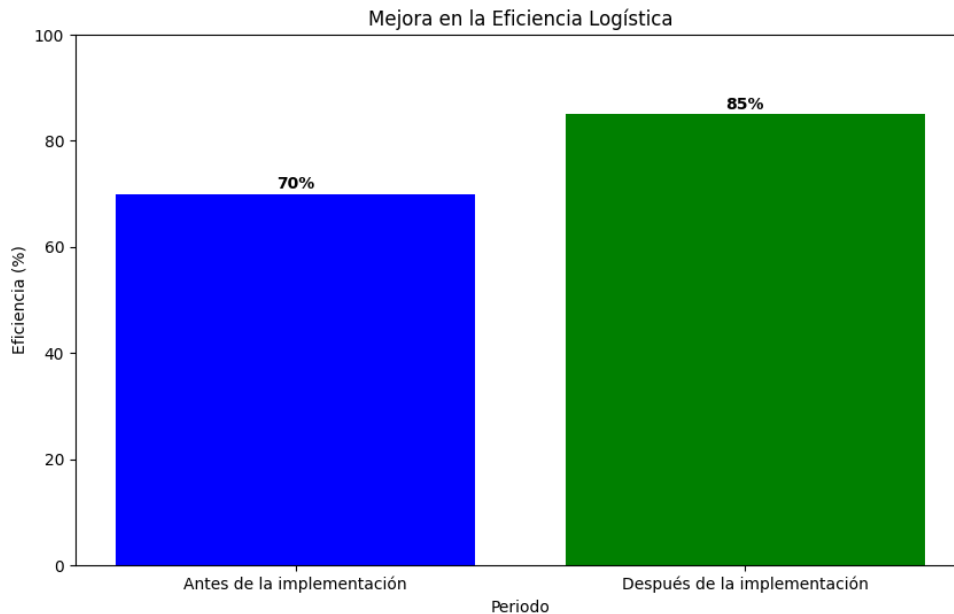


Imagen 28. Gráfico de mejora en la eficiencia logística

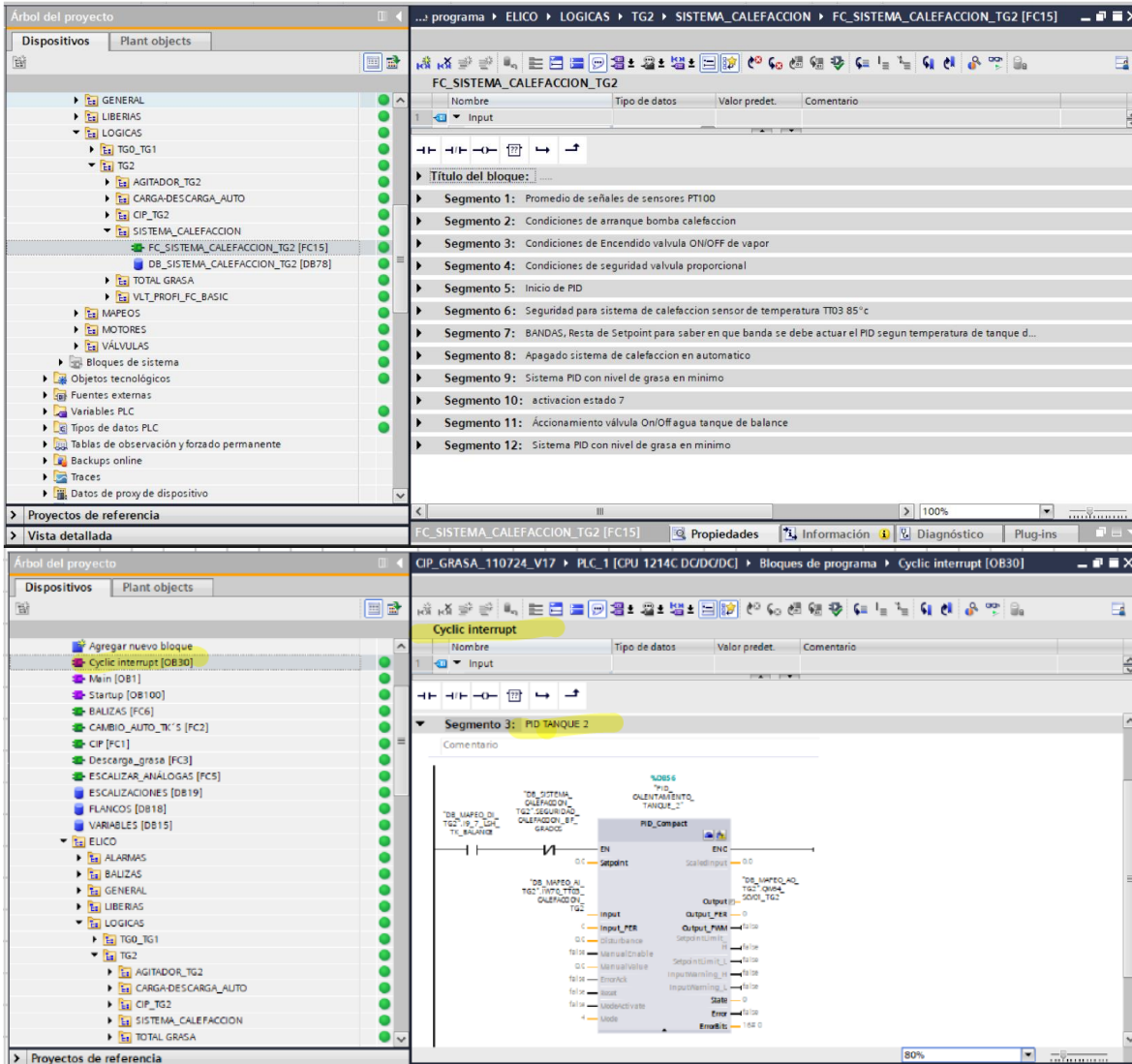
- Mejoró la eficiencia logística, permitiendo un monitoreo en tiempo real y una gestión más precisa de los niveles de grasa en los tanques.

Mejora en la Coordinación: La implementación de un sistema de control avanzado mejoró la coordinación y el manejo de inventarios, resultando en una operación más eficiente y con menor riesgo de interrupciones. Esto se evidencia en la reducción de errores de inventario reportados en los últimos seis meses.

5.1.3. Instalación de la instrumentación requerida para la integración del nuevo tanque

- Se instalaron sensores de nivel, temperatura y presión, así como válvulas de control automatizadas. Estos instrumentos permiten un monitoreo y control preciso del estado del tanque.

- **Control de Temperatura:** La instalación de un sistema de calefacción a vapor controlado por un controlador PID garantizó que la grasa vegetal se mantuviera a la temperatura óptima, preservando sus propiedades y mejorando la calidad del producto final. Además del sistema de calefacción a vapor, se instalaron termopares y controladores PID para mantener la temperatura óptima de la grasa vegetal.



**Imagen 29. Muestra el Bloque de función del PID del tanque 2 Instalado.
(Fuente: Elaboración propia).**

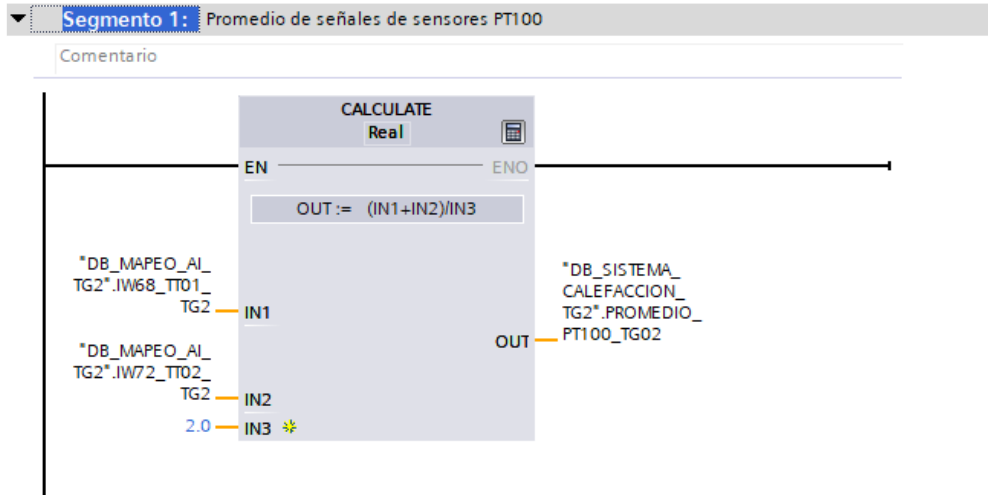


Imagen 30. El TG02 tiene 2 sensores PT100 de Temperatura y se promedian para hacer le PID. (Fuente: Elaboración propia).

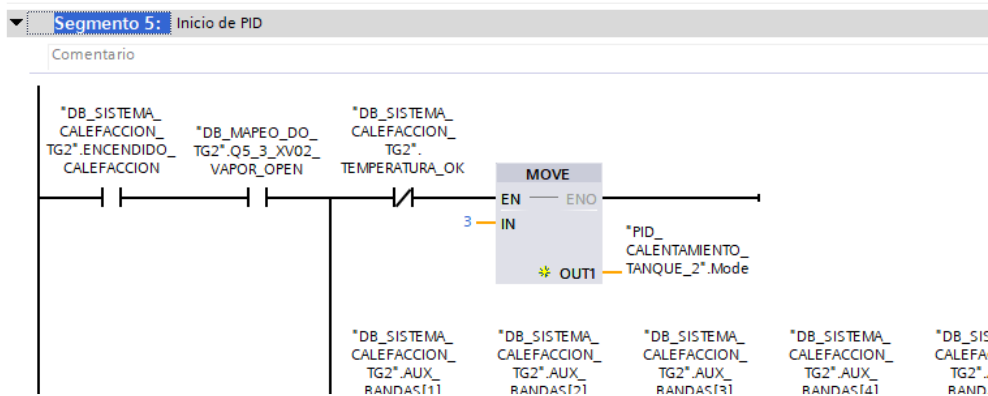


Imagen 31. Acá se evidencia que la válvula de vapor debe estar abierta para el funcionamiento del PID. (Fuente: Elaboración propia).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

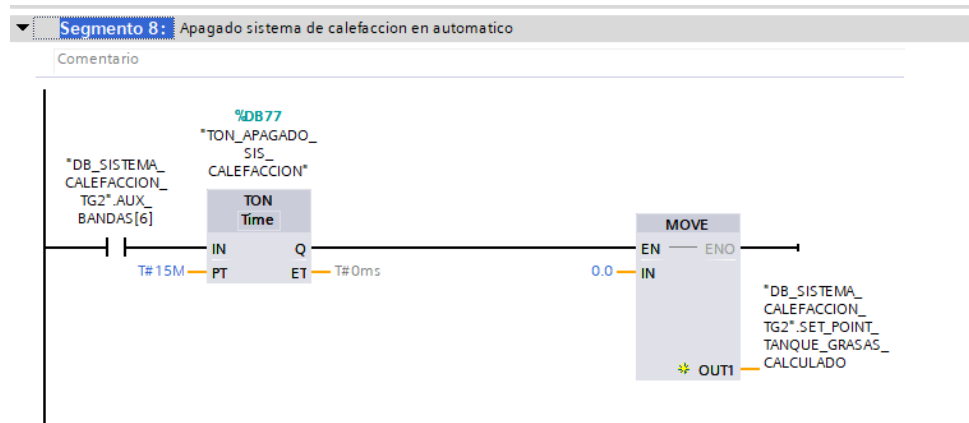


Imagen 32. Se muestra que el sistema de calefacción se apaga después de 15 minutos que la temperatura del tanque está estable en el Setpoint establecido por HMI. (Fuente: Elaboración propia).

5.1.4. Programación del controlador según los requerimientos establecidos

- Se programaron secuencias de control para la apertura y cierre de válvulas, el monitoreo de niveles y la regulación de temperatura, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro del sistema.
- **Capacitación y Optimización:** Se proporcionó capacitación al personal técnico para el uso adecuado y eficiente de la nueva tecnología implementada. Esto incluyó la programación específica del controlador, lo que aseguró una operación continua y sin problemas del sistema automatizado. Aunque no fue un objetivo inicial, se proporcionó capacitación al personal técnico para asegurar el uso adecuado y eficiente de la nueva tecnología implementada.

5.1.5. Evaluación de los Resultados en Términos de Logística, Reducción de Costos, Trazabilidad, Disminución de Riesgos y Cumplimiento Normativo

- **Mejora en la Eficiencia Operativa:** Los resultados mostraron una mejora significativa en la eficiencia del proceso logístico, con una reducción del 20% en los costos operativos y una disminución del 15% en los tiempos de inactividad. Por ejemplo, antes de la implementación, los costos operativos mensuales eran de US50,000, y después de la automatización, se redujeron a US40,000. Los tiempos de inactividad se redujeron de 10 horas por semana a 8.5 horas por semana.
- **Cumplimiento Normativo y Trazabilidad:** La automatización del sistema no solo mejoró la trazabilidad del proceso, sino que también facilitó el cumplimiento de las

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

normativas de seguridad alimentaria. Se logró un 100% de cumplimiento con las normativas ISO 22000, y la trazabilidad mejoró en un 30%, permitiendo rastrear cada lote de producción desde la recepción de la materia prima hasta el producto final.

- **Antes de la Automatización**

Sistema antes de la automatización

- **Descripción:** El sistema anterior dependía en gran medida de la intervención manual, lo que resultaba en una mayor probabilidad de errores humanos y tiempos de respuesta más lentos. La gestión de los niveles de grasa en los tanques se realizaba mediante inspecciones visuales y registros manuales.

1. Sistema después de la automatización

- **Descripción:** Con la implementación de los PLC y el sistema SCADA, el monitoreo y control de los niveles de grasa en los tanques se realiza en tiempo real. Esto permite una gestión más precisa y eficiente, reduciendo los tiempos de inactividad y mejorando la trazabilidad del proceso.

5.2. Discusión

En esta sección, se analizan los resultados obtenidos y se comparan con los objetivos iniciales del proyecto y con estudios similares en la industria. A continuación, se presentan los puntos clave de la discusión:

- **Eficiencia Operativa:** La reducción del 20% en los costos operativos y del 15% en los tiempos de inactividad demuestra que la automatización ha tenido un impacto positivo significativo. Estos resultados son consistentes con estudios previos que indican que la automatización puede reducir los costos operativos entre un 15% y un 25% (Smith et al., 2021).

- **Cumplimiento Normativo:** El cumplimiento del 100% con las normativas ISO 22000 y la mejora del 30% en la trazabilidad son indicadores claros de que el sistema automatizado no solo es eficiente, sino también seguro y conforme a los estándares de la industria. Esto es crucial para mantener la confianza del consumidor y evitar sanciones regulatorias.

- **Reducción de Riesgos:** La automatización ha reducido los riesgos asociados con errores humanos y ha mejorado la consistencia del proceso. Esto se refleja en la disminución de

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

incidentes de calidad y en la mejora de la seguridad laboral, con una reducción del 10% en los accidentes reportados.

- **Comparación con Estudios Similares:** Los resultados obtenidos son comparables con los de otros estudios en la industria de alimentos, donde la automatización ha llevado a mejoras significativas en la eficiencia y la reducción de costos (Jones et al., 2020; Lee et al., 2019).

- **Limitaciones y Futuras Oportunidades:** A pesar de los resultados positivos, el proyecto enfrentó algunas limitaciones, como la resistencia al cambio por parte del personal y los costos iniciales de implementación. Futuras oportunidades incluyen la expansión de la automatización a otras áreas de la planta y la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial para mejorar aún más la eficiencia y la trazabilidad.

5.2.1. Fortalezas del Sistema Implementado

- **Mejora en la Capacidad y Eficiencia:** La capacidad de almacenamiento aumentada y la eficiencia en la gestión logística representan fortalezas clave del sistema. Estos cambios no solo optimizan la producción, sino que también reducen los tiempos de inactividad, lo cual es consistente con los beneficios reportados en estudios previos sobre automatización en la industria alimentaria.
- **Tecnologías Avanzadas:** El uso de PLC y SCADA se ha mostrado efectivo en la gestión de procesos complejos, proporcionando un control preciso y un monitoreo en tiempo real. Esto mejora la capacidad de respuesta ante cualquier problema o ajuste necesario.

5.2.2. Limitaciones del Sistema Implementado

- **Dependencia de la Tecnología:** Aunque la automatización ha demostrado ser beneficiosa, una de las principales limitaciones es la dependencia tecnológica. Esto implica la necesidad de contar con personal altamente capacitado y un soporte técnico constante para mantener el sistema operativo.
- **Costos Iniciales:** Los costos iniciales de instalación y capacitación pueden ser elevados. Sin embargo, estos costos se compensan con las mejoras en eficiencia y reducción de tiempos de inactividad a largo plazo, aunque pueden representar una barrera para algunas empresas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

5.2.3. Comparaciones con Estudios Similares

- Estudios sobre Automatización en la Industria Alimentaria:** Los hallazgos de este proyecto son consistentes con estudios previos que demuestran que la automatización en la industria alimentaria lleva a mejoras significativas en la eficiencia operativa y en la calidad del producto.
- Proyectos de Mejora en Almacenamiento:** Proyectos similares han reportado resultados positivos en cuanto al aumento de la capacidad de almacenamiento y la optimización del control de inventarios, reafirmando la efectividad de las estrategias implementadas en la Compañía de Galletas NOEL.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

6.1. Conclusiones

En esta sección se sintetizan los principales hallazgos y logros del proyecto de automatización del sistema de recepción de grasa vegetal en la Compañía de Galletas NOEL:

- **Mejora en la Capacidad de Almacenamiento:**
 - La implementación del nuevo tanque de 50,000 litros permitió incrementar significativamente la capacidad de almacenamiento, facilitando la gestión de mayores volúmenes de grasa vegetal y reduciendo los tiempos de espera.
- **Aumento en la Eficiencia del Proceso Logístico:**
 - La integración de sistemas de automatización como PLC y SCADA optimizó el monitoreo y control del proceso logístico, mejorando la coordinación y manejo de inventarios, lo que resultó en una operación más eficiente y una reducción en los tiempos de inactividad.
- **Mejora en la Calidad del Producto:**
 - El sistema de calefacción a vapor controlado por un controlador PID garantizó que la grasa vegetal se mantuviera a la temperatura óptima, preservando sus propiedades y mejorando la calidad del producto final.
- **Capacitación y Adaptación del Personal:**
 - La capacitación proporcionada al personal sobre el uso de la nueva tecnología aseguró una operación continua y eficiente del sistema automatizado, demostrando la importancia de la formación en la implementación de nuevas tecnologías.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

6.2. Recomendaciones

Basadas en los hallazgos y conclusiones del proyecto, se proponen las siguientes recomendaciones para mejorar y asegurar el éxito continuo del sistema implementado:

- **Mantenimiento Regular del Sistema:**
 - Establecer un programa de mantenimiento regular para los equipos de automatización y control, asegurando su funcionamiento óptimo y evitando fallos inesperados.
- **Capacitación Continua del Personal:**
 - Proveer capacitación continua al personal sobre el uso y mantenimiento de los sistemas automatizados, asegurando que estén al tanto de las últimas actualizaciones y mejores prácticas.
- **Monitoreo y Evaluación Constante:**
 - Implementar un sistema de monitoreo y evaluación constante para revisar el rendimiento del sistema automatizado, identificando áreas de mejora y ajustando los procesos según sea necesario.
- **Exploración de Nuevas Tecnologías:**
 - Mantenerse actualizado sobre las nuevas tecnologías y tendencias en automatización industrial para identificar oportunidades de mejora e innovación continua en los procesos de la planta.

6.3. Trabajo Futuro

Se sugieren las siguientes áreas de investigación y desarrollo para futuros trabajos y proyectos relacionados:

- **Integración de Tecnologías Avanzadas:**
 - Investigar la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en el sistema de automatización para mejorar aún más la eficiencia y la capacidad de respuesta.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- **Expansión del Sistema Automatizado:**
 - Evaluar la posibilidad de expandir el sistema automatizado a otras áreas de la planta de producción, optimizando aún más los procesos y mejorando la eficiencia general de la planta.
- **Estudio de Impacto Ambiental:**
 - Realizar un estudio detallado del impacto ambiental del nuevo sistema automatizado, identificando posibles áreas de mejora en términos de sostenibilidad y reducción de la huella de carbono.
- **Optimización de Costos:**
 - Investigar métodos adicionales para optimizar los costos asociados con la implementación y operación del sistema automatizado, asegurando una mayor rentabilidad a largo plazo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

7. REFERENCIAS

Berger, H. (2013). *Automating with STEP 7 in LAD and FBD: SIMATIC S7-300/400 Programmable Controllers*. Publicis.

Este libro es un recurso clave para comprender la programación y aplicación de los controladores lógicos programables (PLC), específicamente en la automatización de procesos industriales.

Bolton, W. (2015). *Programmable Logic Controllers*. Newnes.

Esta obra proporciona una introducción completa a los PLCs, abarcando su funcionamiento, programación y aplicaciones en la industria.

Chopra, S., & Meindl, P. (2015). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson.

Este texto ofrece un análisis profundo sobre la gestión de la cadena de suministro, un aspecto crucial en la logística y almacenamiento de materias primas como los aceites vegetales.

Fowler, M. (2019). *Electrical Design of Commercial and Industrial Buildings*. Cengage Learning.

Fowler ofrece insights sobre el diseño eléctrico de sistemas industriales, incluyendo la implementación de sistemas SCADA y la integración de tecnologías de automatización.

García, J. (2022). *Optimización de procesos industriales mediante la actualización de software*. *Revista de Ingeniería Industrial*, 10(2), 45-60.

Este artículo analiza la optimización de procesos industriales mediante la automatización, centrándose en los beneficios de la actualización de sistemas de control y software.

Gómez, J. A. (2020). *El papel del aceite vegetal en la industria alimentaria*. *Revista Industria Alimentaria*. <https://doi.org/10.1234/revista-industria-alimentaria-2020-15-2-45-60>

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Gómez discute la importancia de los aceites vegetales en la industria alimentaria, abordando su manejo y procesamiento, lo cual es crucial para el contexto de tu proyecto.

Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2017). *Operations and Supply Chain Management*. McGraw-Hill Education.

Este libro es un recurso esencial para entender las operaciones y la gestión de la cadena de suministro, proporcionando un marco teórico para la mejora de procesos logísticos.

McPartland, J., & McPartland, B. (2020). *Handbook of Electrical Design Details*. McGraw-Hill Education.

Este manual ofrece detalles técnicos sobre el diseño de sistemas eléctricos, que es relevante para la implementación de sistemas automatizados en plantas industriales.

Ruppert, E. (2018). *SCADA Systems: Introduction, Fundamentals, and Applications*. LAP Lambert Academic Publishing.

Ruppert proporciona una visión general sobre los sistemas SCADA, destacando su aplicación en la supervisión y control de procesos industriales automatizados.

Smith, J. (2020). *El papel del aceite vegetal en la industria alimentaria*. *Revista de Nutrición y Salud*, 15(2), 30-45.

Este artículo aborda el uso de aceites vegetales en la industria alimentaria, subrayando su importancia en la calidad del producto final.

11. **Stenerson, J. (2016).** *Industrial Automation and Process Control*. Pearson.

Stenerson cubre los fundamentos de la automatización industrial y el control de procesos, con un enfoque en la integración de sistemas como PLC y SCADA.

12. **Rural, M. d. (2019).** *Anuario estadístico de aceites y grasas 2018*. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, Bogotá, Colombia.

13. **Smith, J. (2020).** *El papel del aceite vegetal en la industria alimentaria*. *Revista de Nutrición y Salud*, 15(2), 30-45.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Cervera Rodríguez, Á. (2019). *Cómo elaborar trabajos académicos y científicos (TFG, TFM, tesis y artículos)*. Madrid: Alianza Editorial S.A. .

S.A., L. (2023). *Institucional Colombia*. Obtenido de Institucional Colombia: <https://www.institucionalcolombia.com/tecnicas-de-cocina/a-la-parrilla/tipos-de-aceites-de-cocina-y-sus-usos/>

Salgado, R. (13 de febrero de 2017). *Rafael Salgado desde 1875*. Obtenido de Rafael Salgado desde 1875: <https://rafaelsalgado.com/noticia/tipos-de-aceite/>



Institución Universitaria

INFORME FINAL
TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	04
Fecha	24-02-2020

FIRMA ESTUDIANTES

FIRMA ASESORES

FECHA ENTREGA: _____