 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## TÍTULO

Desarrollo de Reingeniería para Sustitución de Equipos Obsoletos en Individuales Formost  
Alpha II de Compañía de Galletas Noel S.A.S.

CARLOS MARIO LONDOÑO BERNAL

Programa Académico

INGENIERÍA. ELECTROMECAÁNICA

Director: Juan Sebastián Botero Valencia

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**  
**01/02/2018**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

El objetivo de este trabajo es el que aparece en el siguiente párrafo:

Validación del requisito indispensable para la obtención del título profesional “Ingeniero Electromecánico” del Instituto Tecnológico Metropolitano.

El desarrollo de éste proyecto se llevó a cabo mediante la metodología de la Investigación Aplicada de Reingeniería, donde el objetivo se basa en resolver problemas al proceso de empaque de la línea 1, de la fábrica de galletas Noel S.A.S., surgidos de obsoleto de la maquinaria y de la necesidad de mejorar los métodos, para alcanzar medidas de rendimiento, disponibilidad y operatividad.

### **Resultados**

Con el nuevo rediseño del sistema tecnológico, se mejoró el proceso de empaque de la línea 1, garantizando la productividad la calidad y la operatividad, reduciendo evidentemente los paros no programados, garantizando continuidad en los procesos. En el numeral RESULTADOS Y DISCUSIÓN se interpretan mejor estos efectos.

La actualización tecnológica desarrollada, además de fortalecer nuestros conocimientos, genera un alto grado de confiabilidad y productividad en la Fábrica de Galletas Noel, la automatización de los procesos trae múltiples beneficios operativos debido a la facilidad de programar los pedidos, permitiendo variar parámetros en funcionamiento y calibración del Software en los mantenimientos, como también al accionamiento de los mecanismos con sincronismo mejorando la rapidez con exactitud en los procesos de empaque.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

Este trabajo representa un objetivo más de mi vida y la inevitable consecuencia del gran apoyo que he recibido por parte de muchas personas a quienes siempre agradeceré.

A mi madre María Donelia, por darme su apoyo incondicional y sus conocimientos en todo momento.

A mi esposa Leidy por su amor, comprensión y paciencia, mediante la ejecución de este trabajo y durante el proceso de formación para obtención del título profesional.

A mi hijo José Miguel por su ternura y motivación que me inspiran a luchar cada día más.

A mis 5 hermanos por estar siempre en las situaciones buenas o malas.

A la Compañía de Galletas Noel por darnos la oportunidad, la confianza y el apoyo para el desarrollo de este proyecto.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## ACRÓNIMOS

HDMI: Interfaz Multimedia de Alta Definición

DC: Corriente Directa

AC: Corriente Alterna

LAN: Red de Área Local

kA: 1000 Amperios

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE CONTENIDO

ACRÓNIMOS .....	4
1. INTRODUCCIÓN .....	7
1.1 Marco Histórico .....	7
1.2 Marco Conceptual.....	7
1.3 Justificación .....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	9
Repotencialización de máquinas en la industria. ....	9
2.1 Maquina Formost Alpha II .....	9
Fuente: datos sacados de la placa y del manual técnico de la máquina Formost Alpha II .....	10
2.2 Sensor magnético.....	10
2.2.1 Principio de funcionamiento del sensor magnético. ....	10
2.3 Sensor capacitivo.....	11
Principio de funcionamiento. ....	11
2.4 Servomotor. ....	12
2.5 Controlador PLC.....	14
2.6 Contactores. ....	14
2.7 Relés de estado sólido.....	16
2.8 Relés de seguridad.....	17
2.8 Servo drive.....	18
2.8.1 Funcionamiento del servo drive.....	19
2.8.2 Componentes de un servo drive.....	20
2.9 Fuente de voltaje .....	20
2.10 Swiches repetidores para la comunicación de los drives .....	21
2.11 Guarda Motores.....	22
3. METODOLOGÍA .....	23
3.1. Etapas del desarrollo del proyecto: .....	24
3.1.1. Primera etapa, reconocimiento:.....	24
3.1.2. Segunda etapa, inventario:.....	24
3.1.3. Tercera etapa, ejecución: .....	25
3.1.4. Cuarta etapa, comparación: .....	25
3.1.5. Quinta etapa, validación:.....	26

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
	Análisis de la evidencia en averías y minutos:.....	35
	Análisis de la evidencia en ajustes y tiempos: .....	36
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	38
	5.1 Conclusión general .....	38
	5.2 Conclusiones específicas.....	38
	5.3 Conclusión operativa .....	38
	5.4 Recomendaciones.....	38
	REFERENCIAS .....	40
	APÉNDICE .....	42
	Apéndice A.....	42
	Apéndice B.....	42

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 1. INTRODUCCIÓN

---

### 1.1 Marco Histórico

Alvin C. Formo comenzó a construir su máquina para empujar el pan en bolsas de polietileno automáticamente, cuando la mayor parte del pan producido todavía venía en una envoltura de papel. (<http://www.formostfuji.com/about-us>)

Formo vio las crecientes posibilidades del pan en bolsas de plástico. Contra la resistencia de la industria panadera y las advertencias de que el pan en bolsas de plástico era una moda pasajera, abrió su negocio, Formost Packaging Machines Inc. en 1964, en el antiguo barrio Ballard de Seattle.

En un viaje a Japón, Formo tuvo la oportunidad de observar el rápido avance del diseño de maquinaria de empaque del líder para ese entonces, Fuji Machinery Co. Formo, supuso que Fuji estaba 20 años por delante del resto del mundo en el diseño de máquinas de empaque flexible y decidió asociarse. Así nacieron las máquinas de embalaje Fuji-Formost.

Desde 1973, la oficina principal y la planta de Formost Packaging Machines se han ubicado en una instalación de 50,000 pies cuadrados en Woodinville, Washington.

En 2008 Formost Packaging Machines se convirtió en Formost Fuji Corporation.

Formost Fuji Corporation es considerado como un líder en diseño e innovación en la industria de las máquinas de empaque en todo el mundo.

### 1.2 Marco Conceptual

Las máquinas empacadoras Formost Alpha II, se encargan de envolver productos a una alta velocidad haciendo varias funciones al mismo tiempo, dichas funciones inician desde el momento donde se agrupa el producto hasta el empaquetado del mismo, este proceso se realiza por medio de cadenas que aseguran una entrada sincronizada con la imagen de la película plástica, permitiendo que siempre salga a la misma medida, seguido del sellado longitudinal donde se requiere tener un buen control de velocidades y temperaturas para garantizar una alta calidad de sellado y evitar recorte y sobrecargas en la salida. Todo lo anterior permite brindar una alta confiabilidad en el proceso de elaboración y empaque.

### 1.3 Justificación

La baja eficiencia que se daba por las continuas salidas de unidades de producción defectuosas debido a las fallas de los sistemas que conforman la máquina empacadora (un sistema eléctrico-mecánico complementado con un sistema eléctrico-electrónico), determinan que la constitución electromecánica y de control no estaban en condiciones para obtener los resultados de crecimiento planeados por la alta dirección, por lo que se justificó

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

realizar el mejoramiento (Actualización) de los sistemas de potencia y control que incluye el proceso de empaclado.

Con el rediseño de las funciones que cumple la máquina empacadora Formost Alpha II, se buscó actualizar los sistemas obsoletos por tecnología de punta, con el fin de optimizar los procesos que ejecutan las máquinas de empaque de la línea 1 de la Compañía de Galletas Noel S.A.S., para garantizar productividad y calidad, como también, dar solución a los fallos constantes ocurridos durante la producción que traen como consecuencia retrasos en la entrega del producto, de esta manera, contribuir a la mejora continua, la competitividad y cumplimiento de los objetivos de la Compañía.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### **Repotencialización de máquinas en la industria.**

En la actualidad muchas empresas de todos los sectores industriales han optado por repotencializar sus equipos con tecnología de punta con el fin de aumentar su disponibilidad confiabilidad y productividad en sus líneas de producción, con elementos que permiten dar información precisa en el tiempo real, indicando al control de las máquinas de transmitir la información correcta a los actuadores como cilindros, servos, válvulas, motores, elementos de accionamiento, entre otros. Ya que estos son lo que proporcionan el movimiento a la máquina. Los elementos capaces de brindar esta información precisa y en tiempos adecuados son: sensores inductivos, capacitivos, servomotores, controles, acoples mecánicos, contactares, interfaz hombre máquina, relés de estado sólido, servo drive y demás elementos. A continuación, se dará a conocer la definición que el fabricante especifica para cada elemento. La información como definición y funcionamiento es importante conocer ya que sin ella es imposible conectar y hacer uso adecuados de cada componte.

### **2.1 Maquina Formost Alpha II**

Las máquinas Formost Alpha II funcionan con bobinas de película flexible en varios materiales de embalaje (polietileno, polipropileno). La máquina de envolver funciona en ciclo continuo, tomando la película de plástico de un carrete, sellando todo alrededor del producto. Este tipo de máquinas de embalaje son adecuados para todo tipo de industria, para producciones pequeñas, medianas y altas. Las especificaciones técnicas de la maquina Formost Alpha II se pueden conocer en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Especificaciones técnicas de la máquina **Formost Alpha II**

<b>Modelo</b>	<b>Formost Alpha II</b>
<b>Año</b>	<b>1993</b>
<b>Dimensiones máximas del producto</b>	Largo: 5 - 60 Cm
	Ancho: 1 - 28 Cm
	Alto: 0,1 a 12 cm
<b>Ancho del película</b>	60 Cm (Opcional 80 Cm)
<b>Velocidad de empaque</b>	190 paquetes / min.
<b>Dimensiones de la máquina</b>	Largo: 472 cm
	Ancho: 122 cm
<b>Longitud Banda</b>	250 cm
<b>Voltaje</b>	440 VAC

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Fuente: datos sacados de la placa y del manual técnico de la máquina Formost Alpha II

## 2.2 Sensor magnético.

Los sensores magnéticos (ver Figura 1.) se usan en combinación de un imán externo, de manera que cuando el imán se aproxima al sensor la salida cambia de estado, se caracterizan por su largo alcance a diferencia de los sensores típicos de proximidad, adicional a esto, la salida será por un contacto mecánico. Se identifican tres tipos más comunes: rectangular, cilíndrico, y en herradura, se pueden utilizar imanes codificados que garantizan sensado de una señal específica por seguridad. Algunas aplicaciones más comunes son en ascensores, control de acceso, y detención de nivel.

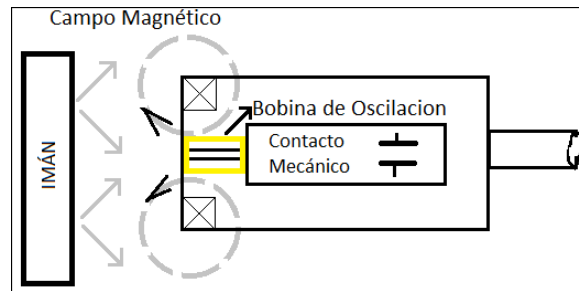


**Figura 1.** Sensor magnético (Imagen propia autoría, tomada antes del montaje del sensor, CIA Noel, Medellín 2017)

### 2.2.1 Principio de funcionamiento del sensor magnético.

Una bobina en el circuito de oscilación genera un campo magnético de alta frecuencia, Cuando un Imán se acerca al campo magnético, fluye una corriente de inducción en el objeto “Corriente de Foucault” (ver Figura 2.), Conforme el objeto se acerca al sensor, aumenta el flujo de corriente debido a la inducción electromagnética., provocando que crezca la carga en el circuito de oscilación, el sensor detecta este cambio en el estado de oscilación mediante el circuito de detección de amplitud, y emite una señal de detección por contacto, a medida que cambie la distancia del imán detectado la oscilación se atenúa o decrece y la salida retorna a su estado de reposo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Figura 2.** Acercamiento del Imán y circuito interno (Fuente: Diseño propio en Paint, basado en información del manual del equipo)

### 2.3 Sensor capacitivo.

Sensor capacitivo (ver Figura 3.). Los sensores capacitivos reaccionan sin contacto ante objetos metálicos y no metálicos que se encuentren en estado sólido líquido o polvoriento, de la mayoría de materiales como: vidrio, cerámica, plástico, madera, aceite, agua, cartón y papel entre otros. La señal de salida se activa cuando el material se aproxima o se encuentran en frente del sensor a una determinada distancia de la superficie capacitiva, la capacitancia del elemento sobrepasan capacidad del elemento transductor y se genera la señal. La distancia de activación respecto de determinado material es mayor cuanto su constante dieléctrica sea más elevada.



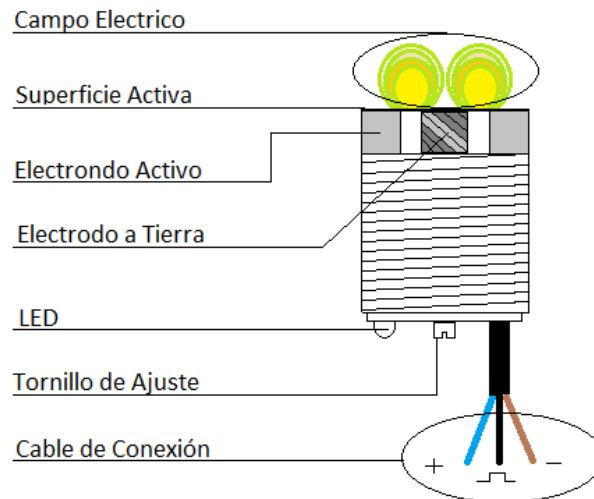
**Figura 3.** Sensor capacitivo.(Imagen tomada, del catálogo Unitronix, CIA Noel, Medellín 2017)

### Principio de funcionamiento.

El sensor está formado por un electrodo interno (oscilador) cuya capacidad y forman parte del propio sensor y su propósito determina la variación de capacitancia al tener en frente el elemento, que ha de encontrarse en el rango de detección del campo eléctrico, la capacidad en cuestión variará en función de la distancia que hay entre el sensor y el objeto, por medio

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de cables eléctricos se alimenta la energía y se conducen las señales que determinaran una actuación determinada del control y sus componentes, para evitar corrientes parásitas el cable tendrá que estar compuesto por un apantallamiento que se conectará a tierra lo más cerca de la fuente de energía.



**Figura 4.** Funcionamiento sensor capacitivo (Fuente: Diseño propio en Paint, basado en información del manual del equipo)

## 2.4 Servomotor.

Un servomotor (ver Figura 5.) es un elemento de transmisión de potencia similar a un motor de corriente continua, pero éste tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición entre cero grados a 360 grados dentro de su rango de operación (ver Figura 6.), y de mantenerse estable en dicha posición, de manera que puede ser controlado tanto en velocidad como torque y posición. Tiene la capacidad de conservar la fuerza, velocidad y bajar la inercia que caracteriza a estos dispositivos.

### ***Ventajas del funcionamiento.***

- Instalación fácil
- Suave a la torsión
- Rodamientos intercambiables
- Excelente amortiguación de vibraciones
- No requiere lubricación y poco mantenimiento
- Alta capacidad de ajuste y diferentes aplicaciones

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Figura 5.** Servomotor (Imagen propia autoría, tomada antes del montaje del Servomotor, CIA Noel, Medellín 2017)

***Funcionamiento del servomotor.***

Uno de los sistemas más empleados para el control de servos es la modulación por anchura de pulso, PWM (Pulse Width Modulation), que consiste en generar una onda cuadrada variándole el tiempo en que el pulso está al máximo, manteniendo el mismo período según sea la configuración del drive, con el objeto de modificar la posición, la fuerza y la velocidad del servo según demande el proceso.

Un micro controlador o drive se utiliza para la generación de una onda PWM (ver Figura 6.) se usa un time y un comparador para determinar interrupciones asociadas al ancho de onda, para que la generación de la señal sea automática y más efectiva. El automatismo consiste en un time con el ancho del pulso (período de la señal) y una comparación con el valor de duración del pulso a nivel alto. Cuando se produce una interrupción, una subrutina de interrupción pone la señal PWM a nivel alto y cuando se produce la activación del comparador, ésta pone la señal PWM a nivel bajo. En la actualidad, muchos micro controladores, disponen de un hardware específico para realizar diferentes tareas para las cuales fue diseñado.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Figura 6.** Ondas PWM (Fuente: Diseño propio en Paint, basado en información del manual del equipo)

### 2.5 Controlador PLC.

El PLC (Control Lógico Programable) (ver Figura 7.) es un dispositivo electrónico programable por el usuario que se utiliza en la industria para mejorar los procesos, automatizando algunas o todas las funciones que demande una máquina para resolver problemas de secuencias en la procesos, ahorra costos en mantenimiento y aumenta la confiabilidad de los equipos. Es importante conocer sus generalidades y lo que un PLC puede hacer por un proceso determinado, porque se podría estar gastando mucho dinero en mantenimiento y reparaciones, cuando estos equipos solucionan el problema.



**Figura 7.** Controlador PLC (Imagen propia autoría, tomada después del montaje de tableriar el control, CIA Noel, Medellín 2017)

### 2.6 Contactores.

Un contactor (ver Figura 8.) es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, en un circuito de potencia o en el circuito de

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

mando, en el instante que se existe la bobina del contactor ésta desplazará un núcleo móvil, hacia unos contactos fijos con suficiente fuerza para que fluya la corriente hacia un determinado circuito manteniéndose en ésta posición mientras esté energizada la bobina, cuando ésta se desenergise, regresará a su estado abierto cortando la energía del circuito de manera inmediata . Esto brinda la posibilidad de ser accionado a distancia, y ser controlado por un dispositivo automático para garantizar que el equipo funcione o se desactive en el momento preciso que se dé la orden. Tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra de accionamiento, cuando actúa dicha acción sobre la bobina.



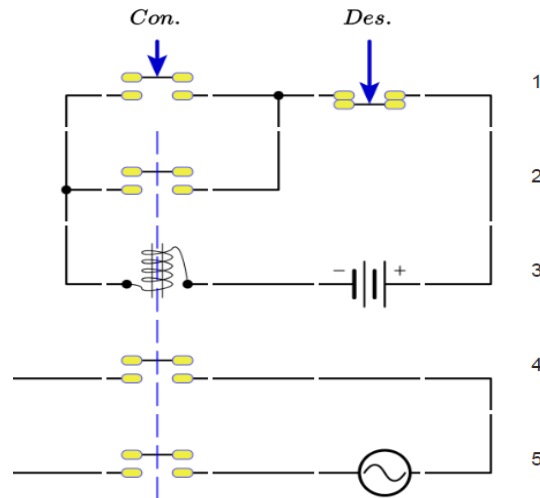
**Figura 8.** Contactor eléctrico de la máquina Formost Alpha II.

(Imagen propia autoría, tomada después del montaje de tableriar el control, CIA Noel, Medellín 2017)

#### ***Conexión del contactor.***

En la Figura 9 se muestra un ejemplo de aplicación de un contactor, en su etapa de potencia y su etapa de control. Se pueden ver dos circuitos, el de los niveles 1, 2 y 3, de maniobra, donde están los pulsadores de conexión y desconexión, la bobina del contactor, su contacto auxiliar, y la fuente de alimentación del circuito de maniobra. En los niveles 4 y 5, están los contactos de potencia que alimenta una carga sea monofásica o trifásica.

Este mismo mecanismo puede emplearse para poner en marcha un motor, energizar una resistencia, un circuito de iluminación o habilitar cualquier tipo de dispositivo eléctrico que se desea controlar de manera remota, conectándolo o desconectándolo de una fuente de alimentación exterior.



**Figura 9.** Circuito de la conexión eléctrica del contactor (Fuente: Diseño propio en Crocodile, basado en el funcionamiento básico del circuito de un contactor)

## 2.7 Relés de estado sólido.

El relé de estado sólido (ver Figura.10.) es un dispositivo de accionamiento o interrupción electrónico que conmuta el paso de la electricidad cuando una pequeña corriente es aplicada en sus terminales de control que puede ser de 4 a 20 mA o de 4 a 32 voltios DC. La salida será proporcional a la señal de excitación permitiendo un control más exacto de la cantidad de energía que se requiere en el circuito de potencia.

Funcionamiento del relé de estado sólido SSR (Solid State Relay): Un sensor responde a una entrada proporcional (señal de control), donde un complemento técnicamente llamado tiristor (interruptor electrónico de estado sólido) conmuta la energía a un circuito de carga con un diferencial en proporción a la señal de entrada. El relé de estado sólido está diseñado para conmutar corriente alterna o continua. Hace la misma función que el relé electromecánico, pero sin partes móviles.

### **Función**

Se encargan de conmutar el voltaje para las resistencias de la máquina, proporcionalmente de acuerdo a la demanda o velocidad de sellado, garantizan un rango de temperatura de las resistencias estable, en sincronismo con el programado en el control de temperatura del PLC.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Figura 10.** Relé de estado sólido del control (Imagen propia autoría, tomada después del montaje de tableriar el control, CIA Noel, Medellín 2017)

## 2.8 Relés de seguridad

Los relés de seguridad (ver Figura 11.) son dispositivos electrónicos que detectan señales distribuidas en sitios estratégicos de la máquina para garantizar la seguridad en el producto y especialmente en los operadores o personal de mantenimiento, esto asegura un paro inmediato de todos los accionamientos como: motores, servos, electroválvulas, cilindros neumáticos, entre otros, cuando es accionado un paro de emergencia tipo hongo, o cuando son removidas las guardas, y emiten una señal que puede ser transmitida al operador por medio de una indicación sonora, lumínica o inclusive un aviso en la pantalla que indica exactamente en donde se produjo la activación.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Figura 11.** Relés de seguridad (Imagen propia autoría, tomada después del montaje de tableriar el control, CIA Noel, Medellín 2017)

***Función***

Se activan cada vez que haya problemas con las guardas de seguridad de la máquina, o la activación de un pulsador tipo hongo de emergencia, en tal caso no deja activar el funcionamiento de la máquina.

**2.8 Servo drive.**

Un servo drive (ver Figura 12.) es un amplificador electrónico especial utilizado para alimentar servomotores o servomecanismos eléctricos. El servomotor recibe la señal alimentación de onda cuadrada con amplitud y proporción a la programada u ordenada por un PLC o timer, comparando continua y sincrónicamente la señal de ancho de pulso sea en nivel alto o nivel bajo de la onda y se ajusta continuamente para orientación del comportamiento esperado.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Figura 12.** Servo drive (Imagen propia autoría, tomada después del montaje de tableriar el control, CIA Noel, Medellín 2017)

### 2.8.1 Funcionamiento del servo drive.

Un servo drive se alimenta básicamente de una fuente monofásica o trifásica, este dispositivo recibe una señal de comando de un sistema de control o PLC, internamente se amplifica la señal para transmitir corriente eléctrica a un servomotor generando un movimiento proporcional a la señal de mando. Normalmente la señal de mando representa una velocidad, un torque o una posición deseada. Un sensor o Encoder conectado al servomotor reporta al servo drive el estado real del eje del motor, seguido, el servo drive compara el estado reportado por el motor controlado, esto determina la alteración de la frecuencia de tensión o el ancho de pulso para corregir cualquier desviación que demande el estado de mando o control. El servomotor gira a una velocidad y el par aproximado a la señal de velocidad y fuerza recibida, el Servo Drive tiene múltiples parámetros de configuración, entre los más básicos están:

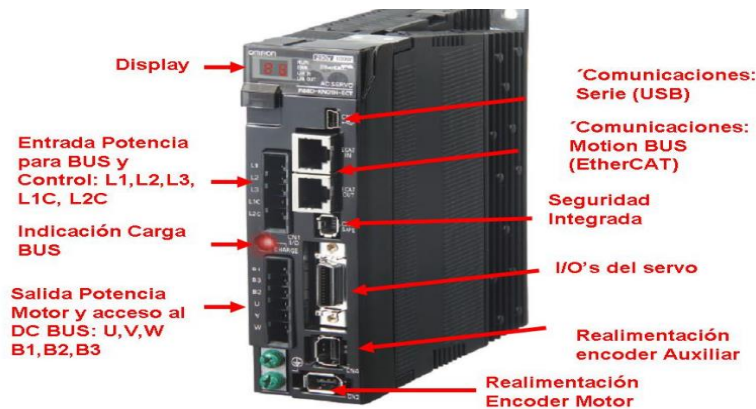
- Ganancia proporcional o rigidez.
- Ganancia derivada o amortiguación.
- Ganancia de realimentación o rendimiento deseado.
- Punto cero o de inicio de ciclo.
- Velocidad.
- Torque.
- Posiciones o grados específicos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Aunque muchos servomotores requieren una unidad específica por marca o modelo de servomotor, en la actualidad hay disponibles unidades que son compatibles con una amplia gama de servomotores.

### 2.8.2 Componentes de un servo drive.

En la Figura 13, se muestra cada parte del servo drive.



**Figura 13.** Componentes del Servo Drive (Fuente: <http://www.infoplcn.net>, elementos de un Servo Drive, 2010, Motion Control)

#### **Función**

Se encargan del accionamiento de los servomotores, sincronizando de manera exacta la velocidad, posicionamiento, torque y frenado, también emiten señales de retroalimentación al PLC para garantizar la operación de la máquina según lo demanda la orden dada por el operador en una o varias de sus funciones.

### 2.9 Fuente de voltaje

Las fuentes de voltaje (ver Figura 14.) son dispositivos electrónicos que se encargan de generar un voltaje DC de 6, 12 o 24 según sea la necesidad o voltajes de los dispositivos que alimenta, estas por lo regular se alimentan con voltajes AC de 110, 220, o 440 voltios. Por medio de transformadores, puentes de rectificado, condensadores, resistencias y micro controladores que regulan y rectifican el voltaje que será utilizado por los diferentes dispositivos que compongan una máquina o dispositivo.

Existen varias marcas y presentaciones, pero, todas cumplen con un estándar de voltajes de entrada y de salida, amperaje y potencia.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Figura 14.** Fuente de voltaje (Imagen propia autoría, tomada después del montaje de tableriar el control, CIA Noel, Medellín 2017)

### **Función**

Rectifican la energía alterna, regulan, genera la corriente necesaria para energizar los sensores, PLC, relés, generar el voltaje para los módulos de salidas y elementos periféricos que activan las entradas.

### **2.10 Swiches repetidores para la comunicación de los drives**

Los swiches repetidores (ver Figura 15.) son dispositivos electrónicos que interpretan las señales generadas por los diferentes elementos que componen un control como PLC servo drives, fuentes de voltaje, pantallas táctiles y demás dispositivos, son los encargados de la interconexión de equipos dentro de una misma red, más explícitamente son dispositivos que por medio de un cableado o señal inalámbrica constituyen redes de área local o LAN, para realizar comunicación por medio de redes Ethernet.



**Figura 15.** Swiches repetidores (Imagen propia autoría, tomada después del montaje de tableriar el control, CIA Noel, Medellín 2017)

**Función**

Se utilizan para estabilizar la comunicación entre el PLC y los drives de los servomotores.

**2.11 Guarda Motores**

Los Guardamotores (ver Figura 16.) son dispositivos termo mecánicos que se encargan de proteger motores o dispositivos eléctricos aguas abajo, por lo general se instalan antes de los Contactores y después de los Breakers, contienen también contactos de control NC o NO, para desactivar las bobinas de los Contactores, para generar señales de inicio de drivers o para emitir señales de aviso o emergencia y cuentan con tres posiciones: accionamiento, desactivación y disparado (para reponerlo después de un disparo, se lleva la multilla a desactivación y luego a accionamiento)

**Funcionamiento**

Un material característico que se deforma con presencia de la temperatura, activando mecánicamente una leva que vence un resorte con características de fuerza específicas de acuerdo al rango de corriente permisible por el dispositivo, por lo general contienen capacidad de cortocircuito y rangos de corriente en amperios así:

**Tabla 2.** Rangos de corriente y cortocircuito de Guardamotores.

Regulación Térmica en	Capacidad de Cortocircuito
-----------------------	----------------------------

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Amperios	kA
0,1 – 0,16	100
0,16 – 0,25	100
0,25 – 0,4	100
0,4 – 0,63	100
0,63 - 1	100
1 – 1,16	100
1,16 – 2,5	100
2,5 - 4	100
4 – 6,3	100
6,3 - 10	100
10 - 16	100
16 - 20	50
20 - 25	16
25 - 32	16

Fuente: Construcción propia con datos obtenidos del catálogo Schneider Electric



**Figura 16.** Guardamotores (Imagen propia autoría, tomada después del montaje de tableriar el control, CIA Noel, Medellín 2017)

**Función**

Se encargan de proteger por sobre corriente los motores y Servomotores de la máquina.

3. METODOLOGÍA

---

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El presente Proyecto de Grado se desarrolló mediante la metodología de la Investigación Aplicada de Reingeniería, donde el objetivo se basa en resolver problemas al proceso de empaque de la línea 1 de la Fábrica de Galletas Noel, surgidos de obsoleto de la maquinaria y de la necesidad de mejorar los procesos, para alcanzar medidas de rendimiento, disponibilidad y operatividad.

Acciones desarrolladas con esta metodología:

- Definición del proyecto “Costo - Beneficio”.
- Rediseño que define la “propuesta”.
- Análisis de factibilidad.
- Planificación de la solución y cronograma de actividades.
- Implementación.
- Resultados obtenidos del proceso por la actualización tecnológica.

### **3.1. Etapas del desarrollo del proyecto:**

#### **3.1.1. Primera etapa, reconocimiento:**

Identificación de variables y funcionamiento del sistema, consulta de la información técnica, los manuales, catálogos y entrevistas con expertos, operarios y líderes de producción, como también las reformas que se han hecho comparándolas con el trabajo a realizar.

Identificación funcionamiento de tarjeta electrónica y dispositivos de control y potencia (parámetros, señales y acciones).

Verificación de las conexiones eléctricas existentes.

Caracterización, validación y funcionamiento de variadores y motores a reemplazar.

Confirmación de las señales de cada accionamiento y posicionamiento de todos los elementos que componen la secuencia.

#### **3.1.2. Segunda etapa, inventario:**

Identificación de dispositivos requeridos para la optimización del proceso.

**Tabla 3.** Dispositivos requeridos en la reforma.



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

<b>ELÉCTRICO</b>	<b>ELECTRÓNICO</b>	<b>MECÁNICO</b>
Contadores	Sensores	Actuadores
Cableado	Controles de temperatura	Mandos
Motores	Protocolos de comunicación	Mecanismos
Transformadores de control y potencia resistencias	Variadores	Elementos de Transmisión
Elementos de protección	Servo Drivers	Sistemas electromecánicos
	Servomotores	
	Encoder	Poleas
	Fuente DC	Bandas
	Touch Screen	cadena
	PLC y módulos de señales	

Fuente: Autoría propia, desarrollada en base a los elementos requeridos en el proyecto

Y demás equipos accesorios y periféricos requeridos en el proyecto, que permitieron la automatización y mejoramiento de la línea de empaque, conservando su funcionamiento básico.

### **3.1.3. Tercera etapa, ejecución:**

Instalación de sistemas y demás equipos en las máquinas empacadoras para la automatización, conservando siempre su funcionamiento.

Diseños eléctricos, mecánicos y de control para montaje de elementos.

Conexión de equipos electrónicos, sistema de control y de potencia.

Programación de PLC y Servo Drivers.

Instalación y programación panel de control (HMI) y monitoreo de estados de la máquina.

Instalación, adaptación y ajuste de montaje mecánico de servomotores y motores.

Adaptación de Encoder y calibración.

Ensayos en vacío de la máquina.

Pruebas de producción.

### **3.1.4. Cuarta etapa, comparación:**

Evaluación de los resultados obtenidos, garantía de funcionamiento y estabilidad de los mecanismos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.1.5. Quinta etapa, validación:

Entregar los informes de los resultados: la documentación de los sistemas instalados y la evaluación realizada, se le entrega por medio de informe al Comité evaluador de la compañía.

**Tabla 4.** Integrantes de equipo de trabajo, colaboradores de la compañía que participaron en la realización del proyecto.

<b>NOMBRE</b>	<b>CARGO</b>	<b>FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES</b>
<b>Iván Camilo Dávila</b>	Coordinador del proyecto	Diseño del sistema de control, compra de elementos electrónicos y mecánicos, aprobación de planos de control y potencia y aprobación del programa, programación y parametrización de Servo Drivers, pantalla táctil, PLC, equipos de monitoreo y control.
<b>Javier Alcides Londoño</b>	Técnico de mantenimiento (Eléctrico)	Diseño y aprobación de planos eléctricos. Supervisión de instalación de elementos electrónicos, cableado de potencia y control, verificación de conexiones y elementos.
<b>Juan Pablo Alzate</b>	Técnico 2 (Eléctrico)	Instalación de elementos electrónicos, cableado de potencia y control, pruebas y ajustes eléctricos.
<b>Andrés Peña</b>	Técnico de mantenimiento (Mecánico)	Montaje de componentes mecánicos, Diseño y validación de planos mecánicos, modificación de estructuras mecánicas.
<b>Carlos Mario Londoño</b>	Técnico de mantenimiento (Mecánico)	Instalación de elementos electrónicos, cableado de potencia y control. Montaje de componentes mecánicos, Diseño y validación de planos mecánicos, adaptación de sistemas mecánicos.

Fuente: Autoría propia, desarrollada con datos del personal que intervino en el proyecto.

***Evidencias del antes y el después de la intervención tecnológica:***

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Antes**



Foto 1: Motor AC y encoder (Imagen propia autoría, tomada antes de la actualización, CIA Noel, Medellín 2017)

**Después**



Foto 2: Servo motor con acoplamiento directo (Imagen propia autoría, tomada después de la actualización, CIA Noel, Medellín 2017)

**Antes**

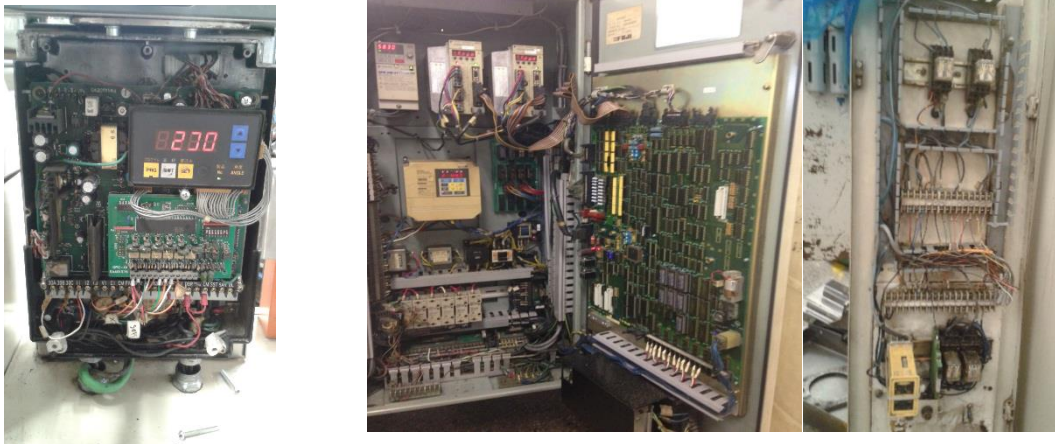


Foto 3: Relés, tarjetas electrónicas complejas, variadores AC, dispositivos de control obsoletos (Imagen propia autoría, tomada antes de la actualización, CIA Noel, Medellín 2017)

**Después**



Foto 4: Elementos de potencia y control de vanguardia, cableado nuevo peinado (Imagen propia autoría, tomada después de la actualización, CIA Noel, Medellín 2017)

**Antes**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Foto 5: Sistema de operación obsoleto (Imagen propia autoría, tomada antes de la actualización, CIA Noel, Medellín 2017)

### Después



Foto 6: Pantalla táctil habilitada para: Operación, Monitoreo, Parametrización y Recetas (Imagen propia autoría, tomada después de la actualización, CIA Noel, Medellín 2017)

### Antes

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

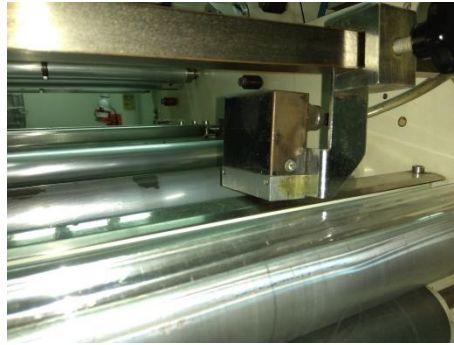


Foto 7: Sensor fotoeléctrico (Imagen propia autoría, tomada antes de la actualización, CIA Noel, Medellín 2017)

**Después**

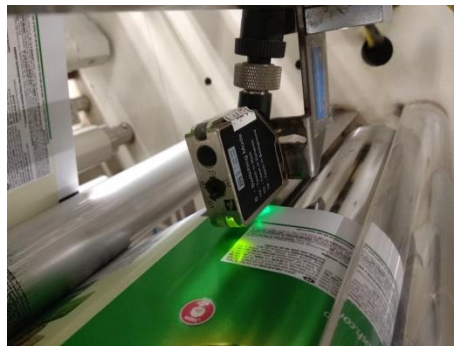


Foto 8: Sensor de marcas programable por colores según la repetición de la lámina de empaque (Imagen propia autoría, tomada después de la actualización, CIA Noel, Medellín 2017)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Entrevista con personal operativo, técnico y supervisores encargados de la máquina con su criterio sobre cosas que pueden mejorar el proceso y testimonios de lo evidenciado en la actualización tecnológica.

##### ***Testimonio líder de mantenimiento (coordinador)***

La confiabilidad de los equipos aumento en el aspecto de eliminación de paros no programados, la configuración del programa por pedidos se puede variar y ajustar, se redujo el desperdicio en el arranque en un 60%.

La facilidad de operación mejoro mucho en los tiempos de parametrización son más fáciles de calibrar y para entrenar un nuevo operario se hace mucho más rápido.

Disminución de tiempos de mantenimiento por la eliminación de elementos mecánicos, se eliminaron elementos de accionamiento como levas, poleas y mecanismos de señal y de potencia.

Ahora en el mantenimiento se tiene la posibilidad de hacer modificaciones al software, todos los parámetros de calibración y operación se pueden variar fácilmente según el pedido, lo que antes no se podía por el hermetismo del sistema electrónico que constaba de tarjetas sin posibilidades de modificar sus funciones.

##### ***Testimonios de los operarios***

Los tiempos de alistamientos se disminuyeron un 30%, la facilidad para cambiar de referencia se hace más práctica ya que con el sistema anterior referencia implicaba retomar tiempos cada que se cambiaba de receta, en el actual se puede trabajar varios tipos de galleta con una misma receta, disminuyendo tiempos de alistamientos.

La puesta de los puntos en cero al momento de calibrar las entregas de la cadena con respecto a las mordazas se realiza con mucha más facilidad, además favorece la disminución del recorte y desperdicio.

El tiempo de la limpieza de la máquina.

El tiempo de la limpieza de la máquina se redujo un 15% por la eliminación de fuentes de contaminación y otros elementos que demandaban limpieza continua

El sistema de operación es más amigable y eficiente al momento de manipular, y a la hora de entrenar a nuevo personal.

Se hace más fácil de ajustar Las velocidades del conveyor de salida, ya que antes se ajustaba de forma analógica, ahora es digital, lo que ha favorecido bastante el proceso para los empacadores de paquetes a la hora de acopiar los paquetes.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

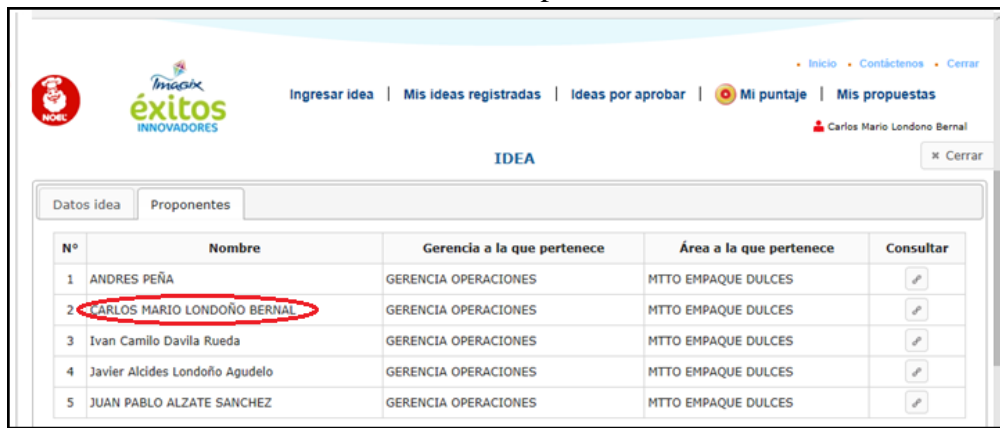
El consumo energético se disminuyó con la automatización de la turbina de vacío, la cual se detiene cuando se para la producción y se enciende automáticamente.





Se evidencia mayor continuidad en el proceso, ya que antes se empacaban por turno un promedio de 25000 paquetes y ahora se están empacando en promedio 30000 paquetes de multiempaque.

**Reconocimientos obtenidos**

El desarrollo del proyecto fue catalogado por el comité evaluador de proyectos de la Fábrica de Galletas Noel como “**Éxito Innovador De Alto Impacto**” y por ello cada integrante del equipo obtuvo un puntaje de 150 puntos, redimibles o equivalentes a \$150.000.

A continuación se validan los resultados de esta premiación:



Nº	Nombre	Gerencia a la que pertenece	Área a la que pertenece	Consultar
1	ANDRES PEÑA	GERENCIA OPERACIONES	MITO EMPAQUE DULCES	
2	<b>CARLOS MARIO LONDOÑO BERNAL</b>	GERENCIA OPERACIONES	MITO EMPAQUE DULCES	
3	Ivan Camilo Davila Rueda	GERENCIA OPERACIONES	MITO EMPAQUE DULCES	
4	Javier Alcides Londoño Agudelo	GERENCIA OPERACIONES	MITO EMPAQUE DULCES	
5	JUAN PABLO ALZATE SANCHEZ	GERENCIA OPERACIONES	MITO EMPAQUE DULCES	

**Imagen 1.** Perfil de propuestas aprobadas (Fuente: Imagen tomada de la plataforma Éxitos Innovadores, CIA Noel, Medellín 2017)

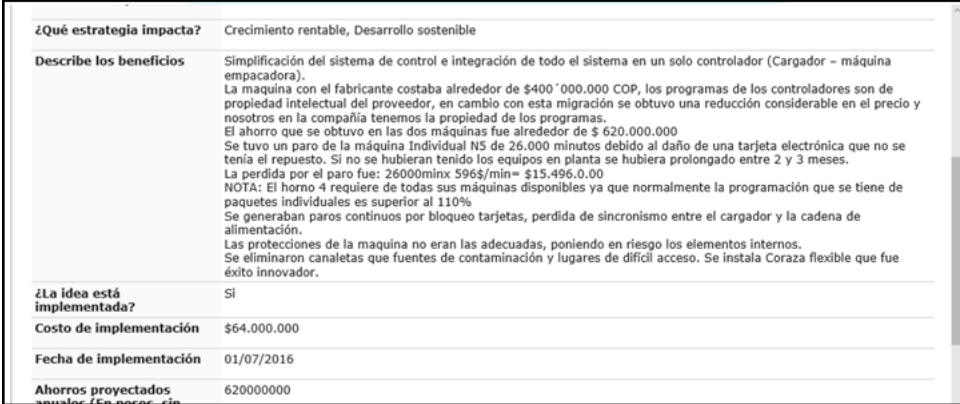


	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22




IDEA	
Consecutivo	00120160490
Estado	Éxito innovador Alto impacto
Responsable	
Persona que registró la idea	Ivan Camilo Davila Rueda/CO/Noel/Galletas/NUTRESA
Fecha de creación	20/10/2016 07:07 p.m.
Fecha de aprobación	17/11/2016 05:15 p.m.
Nombre de la idea	DESARROLLO DE INGENIERIA PARA SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS OBSOLETOS INDIVIDUALES FORMOST ALPHA II
Situación y oportunidad detectada	Las máquinas se controlaban mediante tarjetas electrónicas, las cuales se encuentran descontinuadas, obsoletos y sin stock de repuestos, poniendo en riesgo la continuidad del negocio en porciones individuales
Descripción de la idea	Migración del sistema de control, a tecnología actualizada con posibilidad de modificación del programa e integración de todo el sistema de control (cargador máquina)
¿Es un nuevo producto?	No

**Imagen 2.** Calificación obtenida por el proyecto (Fuente: Imagen tomada de la plataforma Éxitos Innovadores, CIA Noel, Medellín 2017)



¿Qué estrategia impacta?	Crecimiento rentable, Desarrollo sostenible
Describe los beneficios	<p>Simplificación del sistema de control e integración de todo el sistema en un solo controlador (Cargador - máquina empacadora).</p> <p>La maquina con el fabricante costaba alrededor de \$400'000.000 COP, los programas de los controladores son de propiedad intelectual del proveedor, en cambio con esta migración se obtuvo una reducción considerable en el precio y nosotros en la compañía tenemos la propiedad de los programas.</p> <p>El ahorro que se obtuvo en las dos máquinas fue alrededor de \$ 620.000.000</p> <p>Se tuvo un paro de la máquina Individual N5 de 26.000 minutos debido al daño de una tarjeta electrónica que no se tenía el repuesto. Si no se hubieran tenido los equipos en planta se hubiera prolongado entre 2 y 3 meses.</p> <p>La pérdida por el paro fue: 26000minx 596\$/min= \$15.496.0.00</p> <p>NOTA: El horno 4 requiere de todas sus máquinas disponibles ya que normalmente la programación que se tiene de paquetes individuales es superior al 110%</p> <p>Se generaban paros continuos por bloqueo tarjetas, pérdida de sincronismo entre el cargador y la cadena de alimentación.</p> <p>Las protecciones de la maquina no eran las adecuadas, poniendo en riesgo los elementos internos.</p> <p>Se eliminaron canaletas que fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso. Se instala Coraza flexible que fue éxito innovador.</p>
¿La idea está implementada?	Si
Costo de implementación	\$64.000.000
Fecha de implementación	01/07/2016
Ahorros proyectados	620000000

**Imagen 3.** Justificación del proyecto, validación de la ejecución e inversión requerida (Fuente: Imagen tomada de la plataforma Éxitos Innovadores, CIA Noel, Medellín 2017)

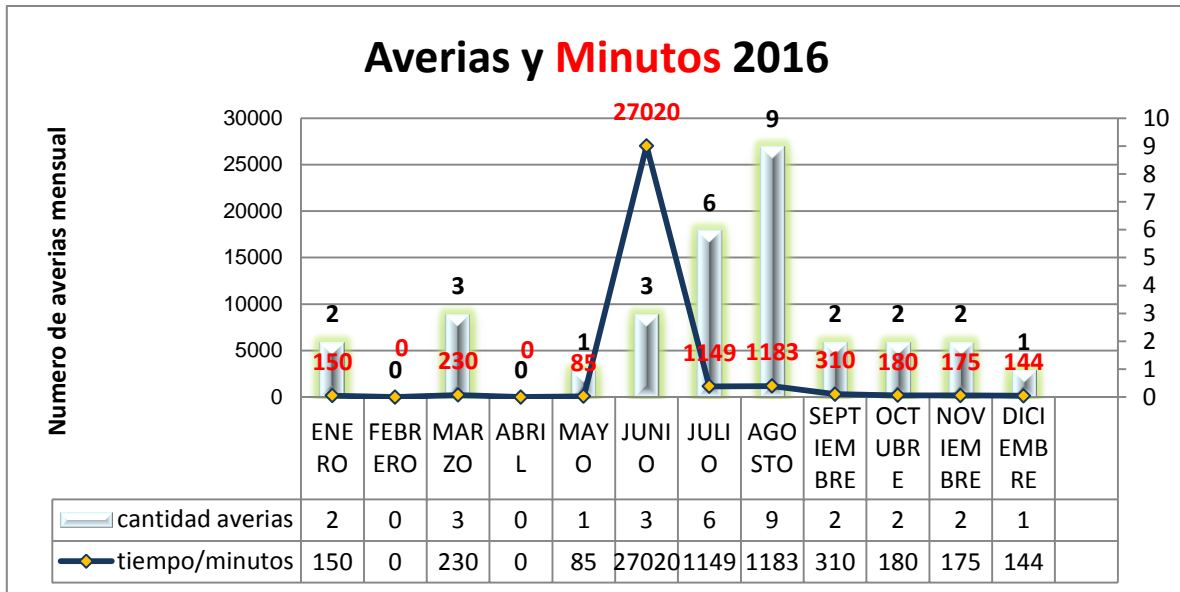


Consecutivo	Idea o Motivo de premiación	Estado	Puntos obtenidos	Puntos redimidos	Puntos disponibles	Fecha vencimiento	Puntos vencidos
00120160490	DESARROLLO DE INGENIERIA PARA SUSTITUCIÓN DE EQUIP ...	Exito innovador Alto impacto	150	120	30		0
00120150354	ELIMINACIÓN DE RIESGO Y REDUCCIÓN DE PERDIDAS POR ...	Exito innovador	100	100	0		0
00120150241	ELIMINACIÓN DE RIESGO Y REDUCCIÓN DE TIEMPOS EN CA ...	Exito innovador	100	100	0		0
			350	320	30		0

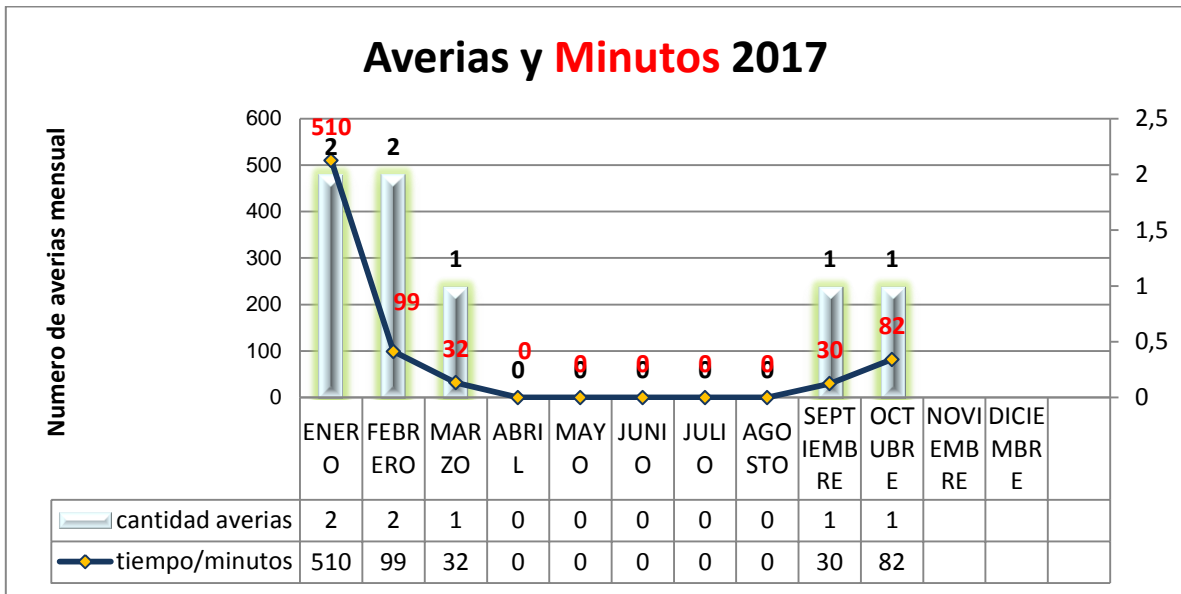
**Imagen 4.** Puntaje obtenido por el proyecto (Fuente: Imagen tomada de la plataforma Éxitos Innovadores, CIA Noel, Medellín 2017)

**Indicadores:**

Evidencias de medición de disminución de averías y ajustes.



**Cuadro 1.** Averías y minutos 2016 (Fuente: Gráfico tomado del Sistema de Información e Indicadores SIP, CIA Noel, Medellín 2017)

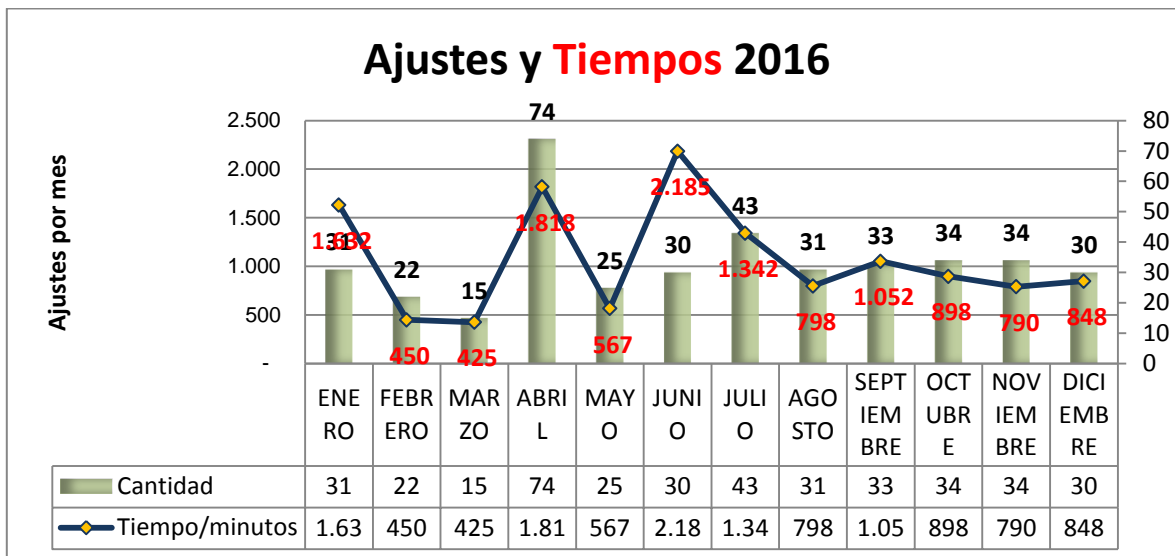


**Cuadro 2.** Averías y minutos 2017 (Fuente: Gráfico tomado del Sistema de Información e Indicadores SIP, CIA Noel, Medellín 2017)

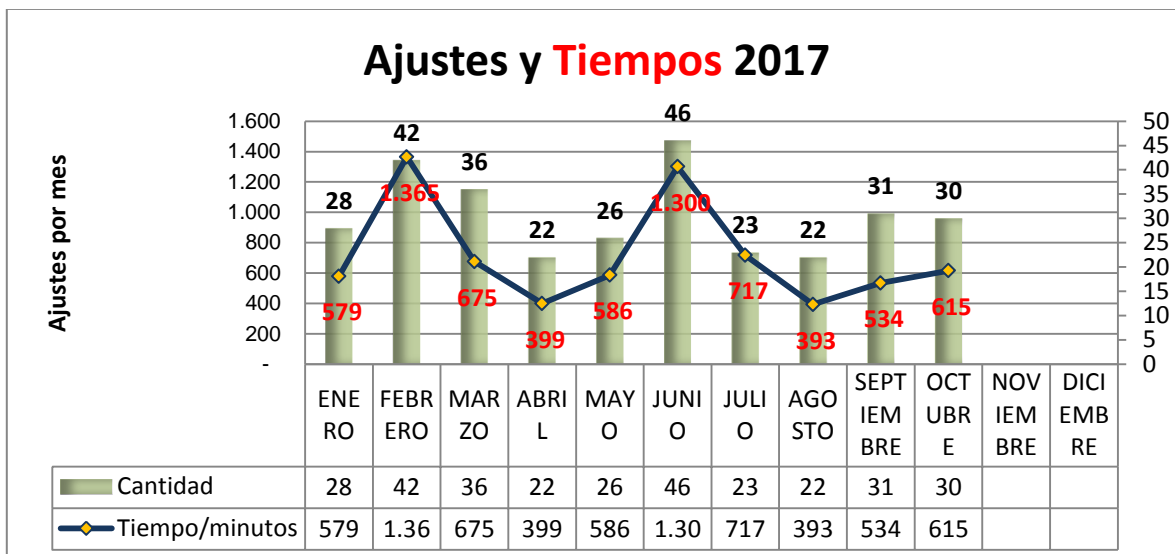
**Análisis de la evidencia en averías y minutos:**

En la comparación de averías del año 2017 con respecto al año 2016, se observa una disminución notoria, debido a que los componentes actualizados generan mayor grado de confiabilidad que los componentes que ya se tenían con un deterioro notorio.

Los tiempos de intervención de estas averías son muchos más cortos debido a que se tienen los componentes en stock de repuestos, agilizando la respuesta de mantenimiento ante las posibles fallas.



**Cuadro 3.** Ajustes y Tiempos 2016 (Fuente: Gráfico tomado del Sistema de Información e Indicadores SIP, CIA Noel, Medellín 2017)



**Cuadro 4.** Ajustes Y Tiempos 2017 (Fuente: Gráfico tomado del Sistema de Información e Indicadores SIP, CIA Noel, Medellín 2017)

#### **Análisis de la evidencia en ajustes y tiempos:**

Con respecto al comparativo entre el año 2016 y 2017 en eventos de ajuste y tiempos, se observa una leve disminución en ajustes de la máquina, pero una gran disminución en la

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

duración de estos ajustes, estas máquinas al pertenecer a un proceso que requiere continuos cambios de referencia, los ajustes se presenta un mayor medida debido a los movimientos que se deben realizar para adaptarse a la nueva referencia, pero con la implementación de la mejora los tiempos de ajuste disminuyen considerablemente con respecto a años anteriores.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

### 5.1 Conclusión general

El Rediseño del sistema de control y potencia de la maquina empacadora Formost Alpha II de la línea 1 de la Compañía de Galletas Noel S.A.S. permitió asegurar la hipótesis de mejoramiento planteada en el anteproyecto y propuesta de mejora, arrojando resultados positivos en cuanto a optimización del desempeño, la productividad y la disponibilidad del equipo intervenido, éstos resultados infirieron a que el proyecto se considera un Éxito Innovador de Alto Impacto, lo que generó la aplicación de la mejora a otras máquinas del mismo proceso en las diferentes líneas de producción. En la actualidad se han reformado las otras cinco empacadoras, teniendo en cuenta las visualizaciones de mejora expuestas por los operarios y técnicos, que se han detectado en la etapa productiva luego de la actualización de la primera máquina intervenida.

### 5.2 Conclusiones específicas

La identificación de los elementos conforman los mecanismos de la máquina, evaluando las variables que componen el funcionamiento, permiten clasificar cada uno de los elementos reemplazados para garantizar que los nuevos mantengan las condiciones ideales de trabajo.

El desarrollo del modelo de control basado en servomotores permite substituir los dispositivos obsoletos por dispositivos de vanguardia, ajustándolos a los parámetros del funcionamiento original.

La Validación de los resultados con los ajustes implementados determina un impacto positivo en el proceso, tanto así que la compañía ha decidido aplicar este nuevo sistema al resto de empacadoras de las diferentes líneas de producción.

### 5.3 Conclusión operativa

La simplificación del sistema de mando por medio de un Touch Panel, permite que sea más sencillo de operar y monitorear, mejorando la productividad, garantizando la disponibilidad y el desempeño de la máquina con equipos de última tecnología.

### 5.4 Recomendaciones

#### A) Mejoras

1. Que no se tenga que reprogramar los tiempos de la maquina después de activar de emergencia.
2. Anexar otro cargador para aprovechar al máximo la velocidad de la máquina.
3. Que no se quemen los primeros paquetes después de un paro de la máquina.

#### B) Otras oportunidades para el futuro desde mantenimiento.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. Se puede anular el encoder y montar un servomotor para que actúe como maestro en vez del encoder y así evitar puntos de fallas adicionales.
2. En el sistema del cargador se puede cambiar el servomotor con caja reductora por un servomotor con un cilindro lineal y así eliminar el sistema mecánico de levas y la caja reductora.
3. Cambiar el sistema de apertura de los rodillos perilladores que actualmente acciona un sistema de levas por un cilindro neumático.
4. Cambiar el sistema de electroimán del empalmador de película o papel por un sistema neumático.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## REFERENCIAS

ICONTEC, NTC 1486 (2002). INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Quinta actualización. P 34. Santa fe de Bogotá DC. Colombia.

RETIE, reglamento técnico de instalaciones eléctricas (2008). Quinta actualización. 25-42. Santa fe de Bogotá DC. Colombia.

Kuo, Benjamín C. (1996) Sistemas De Control Automático Séptima edición. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. ISBN: 0133047598

Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XV (número 1), enero-marzo 2014: 41-50 ISSN 1405-7743 FI-UNAM.

Serrano-Gómez Lupita,\* y Ortiz-Pimiento Néstor Raúl, (2012). Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño, estudios gerenciales, Universidad ICESI. Publicado por Elsevier Doyma España.

Quezada-Quezada José Carlos, Flores-García Ernesto, Bautista-López Jorge, Quezada-Aguilar Víctor, (2014). Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable, Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XV (número 1), ISSN 1405-7743 FI-UNAM.

Pizarro-Valdez, F. J. (2011). Automatización de máquinas empaquetadoras mediante utilización de controladores lógicos programables., Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) Km 30.5 vía Perimetral, PO 09-01-5863. Guayaquil Ecuador.

Maquinas Eléctricas, (2009), Villalobos O. Miguel, Ingeniería en Automatización Industrial.

Teoría y Tecnología Fundamentales Flower Leiva, Luis, (2016), Capítulo 1 al 5.

### Sitios de Internet visitados:

[1] Diccionario de la lengua española Word Reference.com [Fecha de consulta Octubre 25 de 2017 10:25]. Disponible en <http://www.wordreference.com/definicion/>

Dibujo técnico. [Fecha de consulta Octubre 15 de 2016 10:25]. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Dibujo\\_t%C3%A9cnico](http://es.wikipedia.org/wiki/Dibujo_t%C3%A9cnico)

Automación Siemens AG 1996-2012[Fecha de consulta Octubre 16 de 2016]. Disponible en <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Buses de campo. [Fecha de consulta Octubre 15 de 2016] Disponible en  
<http://materias.fi.uba.ar/7566/Automatizacion.pdf>

[http://www.academia.edu/30842042/MAQUINAS\\_ELECTRICAS\\_Control\\_de\\_Motores\\_Electricos](http://www.academia.edu/30842042/MAQUINAS_ELECTRICAS_Control_de_Motores_Electricos) [Fecha de consulta febrero 25 de 2017]

<http://www.formostfuji.com/about-us/> [Fecha de consulta Noviembre 25 de 2017]

## APÉNDICE

### Apéndice A

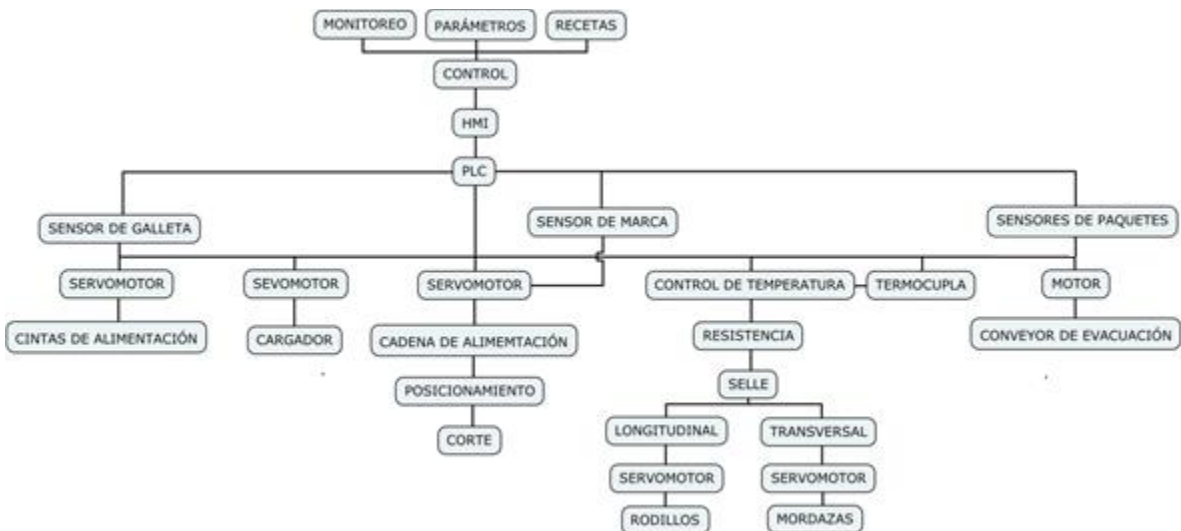
Máquina Formost Alpha II.



Fuente: imagen tomada de la pantalla táctil, editada con los elementos que componen la máquina

### Apéndice B

Diagrama de bloque proceso empaque Formost Alpha II.



Fuente: desarrollo propio, con base al diagrama de flujo del proceso de empaque

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES Carbs Mario L.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FIRMA ASESOR JUAN SC 01/02/2018 INFORME FINAL 1

FECHA ENTREGA: 01/02/2018

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_\_\_ ACEPTADO \_\_\_\_\_ ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_