

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

# **AUTOMATIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE MÁQUINA ENVASADORA DE AREQUIPE *BRASHOLANDA* PARA LA COOPERATIVA COLANTA**

Daniel Felipe Osorio Gutiérrez

Ingeniería Mecatrónica

Asesor Wimar Moreno

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

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

**Octubre 26 de 2017**

## RESUMEN

---

En este informe final de trabajo de grado se expondrán algunas de las actividades realizadas dentro de la Cooperativa Colanta durante el año de prácticas, el cual hace parte de los requisitos que el estudiante debe cumplir para optar al título de Ingeniero Mecatrónico. Las labores desempeñadas dentro de la empresa antes mencionada giraron en torno al proceso de automatización y mejora de una máquina envasadora rotativa ubicada en la planta de lácteos San Pedro de los Milagros Antioquia. A continuación, se relatará de forma breve algunas de las problemáticas que motivaron el proceso y algunas de las soluciones por las cuales se optó.

La necesidad de llevar a cabo el proceso antes mencionado surge del hecho de que el control actual de la máquina tiene un diseño integral, es decir, todos los componentes se encuentran centralizados en un mismo bloque de control, de manera que si el bloque de control de la máquina presenta algún tipo de fallo interno sería necesario reemplazarla en su totalidad puesto que sus componentes son de montaje superficial; lo anterior complejiza la reparación de alguno o el total de sus componentes.

Como solución a la problemática antes planteada se opta por un proceso de automatización y mejoramiento por medio de un sistema controlado por un autómata programable (PLC), por su diseño modular se facilita el proceso de mantenimiento además de que el fallo y reemplazo de algún componente dañado no comprometería a todo el sistema.

Adicionalmente se observa la necesidad de mejorar la relación operario máquina. Actualmente esta relación se centraliza en un pequeño tablero de control donde se visualizan de forma análoga diferentes magnitudes utilizadas en el proceso y de forma manual se controla la máquina, lo anterior no posibilita una visión temprana de fallas a futuro que pueda presentar la máquina.

Como mejora de lo antes descrito se opta por la implementación de una interfaz humano-máquina (HMI), con la cual el operario tendrá una visión general del estado de la máquina

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

y posterior control, además de brindar alertas tempranas y opciones de mantenimiento que ayudaran al electromecánico encargado del mantenimiento de la maquina a dar un mejor diagnóstico del equipo por medio de la verificación de los componentes de forma controlada y manual.

Palabras clave: envasadora rotativa, PLC, HMI, Arequipe, mejora, automatización.

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

## RECONOCIMIENTOS

---

A la cooperativa Colanta por brindarme la confianza necesaria poniendo a mi disposición la maquina a intervenir, los elementos requeridos para la mejora, el personal calificado y el apoyo financiero.

Al electromecánico Fredy Rodríguez, quien fue el pilar técnico del proyecto proporcionando su experiencia en automatización y mecánica, su tiempo y apoyo logístico a lo largo de todo el proceso.

Al ingeniero Camilo Suaza, quien me proporciono pautas a lo largo del proyecto, dando sus opiniones a partir de su amplia experiencia en desarrollo de proyectos.

A los compañeros Uriel Londoño y Santiago Galeano, quienes se apropiaron de la parte mecánica asegurando un óptimo funcionamiento de los diferentes mecanismos que hacen parte de la máquina.

A mi familia por brindarme el apoyo emocional que requerí a lo largo del proyecto.

A mi novia María Isabel por el ánimo, estabilidad emocional y ayuda brindada durante la redacción y corrección de este informe.

Al asesor Wimar Moreno, quien por medio de sus sugerencias posibilito la elaboración de este informe.

Para finalizar quiero agradecer al Instituto Tecnológico Metropolitano por acogerme durante todos estos años como estudiante de pregrado, nada de esto habría sido posible sin mi paso por las aulas de tan preciada Institución.

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

## ACRÓNIMOS

---

*HMI* Human machine interface

*PLC* Programador lógico programable

*CC* Centro de costos

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

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	7
1.1	Objetivo general .....	9
1.2	Objetivos Específicos .....	9
2.	MARCO TEÓRICO .....	11
2.1	Cooperativa Colanta .....	11
2.2	Que es el arequipe o dulce de leche.....	11
2.3	Maquinas envasadoras rotativas.....	12
3.	METODOLOGÍA.....	14
3.1	Fase 1 - Evaluación y generación del concepto. ....	14
3.2	Fase 2 - Lista de dispositivos para la implementación.....	16
3.3	Fase 3 - Simulación del sistema en bancos de pruebas. ....	19
3.4	Fase 4 - Desarrollo del algoritmo de control e interfaz usuario- máquina. ....	20
3.5	Fase 5 - Realización del tablero de potencia-control de pantalla HMI.....	22
3.8	Fase 8 – Instalación del tablero de control y nuevas conexiones.....	26
3.9	Fase 9 – Ajustes, pruebas del sistema y puesta en marcha.....	27
3.10	Fase 10 – Capacitación de operarios y electromecánicos para el correcto uso de la máquina. ....	27
3.11	Fase 11 – Entrega final del equipo funcionado correctamente.....	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	32
	REFERENCIAS .....	34
	TABLA DE IMÁGENES.....	35

# 1. INTRODUCCIÓN

La Cooperativa Colanta actualmente se posiciona como una de las empresas líderes en el sector lechero en todo el territorio nacional. La Cooperativa Colanta produce una amplia gama de productos que tienen como materia prima los millones de litros de leche que recibe diariamente en sus plantas de procesamiento. El arequipe o dulce de leche es uno de los principales productos que la Cooperativa fabrica, este producto tiene un mercado local e internacional (exportaciones hacia Venezuela, Estados Unidos, Guatemala, Curacao y Saint Martín) muy sólido (Imagen 1).



Imagen 1. Rutas de exportación de la cooperativa Colanta (<http://www.colanta.com.co/institucional/exportaciones/>)

Actualmente el activo encargado de envasar el arequipe (en presentación vaso de 50, 250 y 500 gr) es una maquina envasadora rotativa de marca *Brasholanda* (Imagen 2). Este activo cuenta con un aproximado de 23 años de uso y un promedio de 60 horas semanales de funcionamiento, lo cual le convierte en un activo fundamental de la Cooperativa,

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

produciendo aproximadamente en épocas de alta demanda más de cien mil unidades semanales en sus diferentes presentaciones.

Al tratarse de un Activo antiguo, su sistema de funcionamiento es un poco obsoleto y ofrece un grado de confiabilidad bajo. Actualmente el activo no dispone de un controlador programable de proceso; la maquina se interviene por medio de una tarjeta electrónica de control y lógica de contactores, los cuales, a pesar de funcionar de manera adecuada, son sistemas difíciles de calibrar, optimizar y actualizar. Las condiciones de cableado de control y potencia no son las óptimas ya que los componentes que la integran están corroídos, viejos y próximos a la obsolescencia. Se evidencian varios elementos de visualización antiguos y en mal estado (Imagen 3).



*Imagen 2. Envasadora rotativa Brasholanda (Planta Lacteos San Pedro, Cooperativa Colanta, 2018)*

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



*Imagen 3. Tablero de control de la envasadora Brasholanda  
(Planta Lacteos San Pedro, Cooperativa Colanta, 2018 )*

## **1.1 Objetivo general**

Realizar la automatización y mejora de componentes electromecánicos de la máquina envasadora rotativa *Brasholanda* por medio de la implementación de un controlador lógico programable (PLC) y del cambio oportuno de los elementos que componen el sistema de la máquina que puedan estar en mal estado u obsoletos.

## **1.2 Objetivos Específicos**

- Implementar un controlador lógico programable (PLC) que posibilite el control de la máquina de manera funcional, confiable y duradera.
- Implementar un sistema HMI (Human-Machine Interface) que represente de forma rápida la realidad de los procesos, permitiendo a los operadores desarrollar una relación entre los equipos virtuales de visualización y equipos físicos de la planta.

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

- Desarrollar un algoritmo de control en lenguaje Ladder (LD), con el cual se asegure la confiabilidad del proceso mediante acciones que permitan incluir todas las posibilidades de riesgo, tanto para las personas como para la planta misma.
- Implementar un nuevo tablero de control donde esté concatenado el control y la potencia, ubicando todos los dispositivos electromecánicos necesarios para que el sistema se ponga en marcha. Además de contener la pantalla HMI y los controles de temperatura.
- Cambiar el sistema neumático implementando un bloque de válvulas nuevo, renovando así las electroválvulas, bobinas de control y suministrando nuevas mangueras de aire.

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

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 Cooperativa Colanta

Colanta (Cooperativa de Lácteos de Antioquia) es una cooperativa colombiana de productos alimenticios de distinta índole (lácteos, cárnicos, embutidos, vinos, cereales y refrescos). La Cooperativa es líder en el sector agroindustrial, con proyección internacional y altos estándares de calidad, que posibilitan el progreso y bienestar de sus asociados y consumidores; con sus valores y principios promueve el desarrollo sostenible para la construcción de un mejor país (Misión Cooperativa Colanta).

### 2.2 Qué es el arequipe o dulce de leche

El dulce de leche o arequipe es un manjar muy conocido en Suramérica hecho a base de leche y azúcar. Los ingredientes antes descritos son llevados a altas temperaturas con el fin de conferir a la mezcla una consistencia suave y dulce. El proceso es sencillo e inicialmente se llevaba a cabo de manera artesanal; hoy en día el proceso de fabricación del arequipe se encuentra estandarizado dentro de cada empresa. El contar con una fórmula de preparación propia le confiere al producto diversas propiedades físicas y químicas, asegurando buen sabor, buena consistencia y seguridad al consumidor.

#### 2.2.1 Propiedades químicas

El componente químico principal del arequipe es el bicarbonato de sodio, el cual es el encargado de darle el color caramelo característico del dulce de leche logrando masificar la reacción Maillard, la cual es una reacción donde se combina y polimeriza la caseína y la lactoalbúmina con azúcares reductores; adicionalmente el bicarbonato de sodio ayuda a neutralizar el ácido láctico de la leche para que esta no se corte al concentrarse.

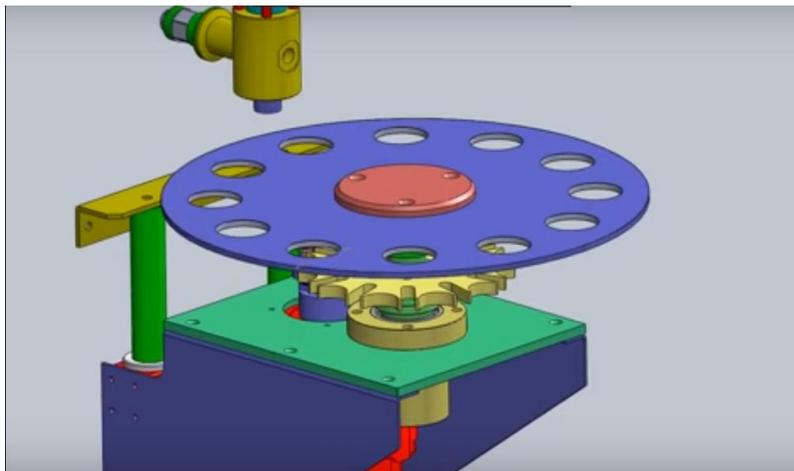
#### 2.2.2 Propiedades físicas

Las propiedades físicas del arequipe comprenden aspectos como su aroma lácteo (el cual es muy característico del producto), su sabor dulce, su color principalmente caramelo y su consistencia blanda y homogénea.

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

## 2.3 Máquinas envasadoras rotativas

El proceso de empaque de productos catalogados como untables y cremosos se hace en recipientes plásticos, cuya forma asemeja a la de un vaso, de diferentes tamaños. Actualmente en la realización de este proceso se emplean máquinas envasadoras rotativas (Imagen 4), las cuales de forma autónoma ofrecen el servicio de llenado y sellado de varios vasos al mismo tiempo. Para lo anterior la envasadora se vale de un tambor circular rotatorio con espacios circulares del tamaño diametral de los vasos y de varias estaciones de proceso en las cuales cada vaso pasa uno a uno con el fin de obtener un empaquetado exitoso. La configuración básica consta de un tambor simple con un solo vaso y tres estaciones (llenado, sellado y expulsión); actualmente en el mercado pueden encontrarse máquinas más complejas con un tambor principal de tres hileras de vasos y hasta 6 estaciones de proceso.



*Imagen 4. Máquina envasadora rotativa (Carlos Alberto García, Youtube.com)*

### 2.3.1 Cruz de Malta

Mecanismo de una rueda de estrella con forma de cruz y con leva de disco. El motor está acoplado de forma que haga girar un pasador y este a su vez haga que la cruz se desplace cuando el pasador pase por las aperturas verticales. Con este mecanismo se transforma el movimiento continuo del motor en un movimiento intermitente (Imagen 5).

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

El mecanismo antes descrito se emplea en sistemas de envasadoras rotativas dado que, al posibilitar la sincronía de las partes mecánicas con las estaciones adaptadas, procura el correcto funcionamiento de la máquina.



*Imagen 5. Cruz De Malta Casera (Álvaro Pérez-David Haya, Unican.es)*

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

### 3. METODOLOGÍA

---

El proyecto se desarrolló de acuerdo con las siguientes fases:

#### 3.1 Fase 1 - Evaluación y generación del concepto.

En esta etapa se estudió la máquina al detalle por medio de un seguimiento conversacional (mediante el dialogo con los operarios (Imagen 6), escuchando sus experiencias con el manejo de las máquinas y recomendaciones) y seguimiento observacional de la máquina para determinar fallas que no hayan sido identificadas anteriormente por parte del personal que normalmente labora en torno a la máquina. El seguimiento antes descrito tuvo una duración de 1 semana.



*Imagen 6. Charla con operario de maquina envasadora( Planta Lacteos San Pedro, Cooperativa Colanta, 2018 )*

Después se recolecto información usando como referente el estado del arte y los proyectos de mejora hechos anteriormente dentro de la empresa, analizando su pertinencia y logística empleada para que el proyecto fuese exitoso.

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

Durante el desarrollo de esta etapa se conoció al compañero electromecánico Fredy Alonso Rodríguez, el cual había desarrollado un proyecto similar de mejora de la maquina envasadora rotativa del cereal de Petito “Pancolini” (Imagen 7), implementando un autómeta programable con una interfaz de usuario máquina y demás sistemas de automatización para tener un completo control de la máquina.

Adicionalmente se estudian las herramientas de software disponibles de *rockwell automation* para elegir el que más se adapte a las necesidades del proyecto, finalmente se opta por el software RSLOGIX 500 y RSLINKS; por medio del estudio y realización de pruebas con simulaciones disponibles de los softwares antes descritos se obtiene una mayor claridad sobre la implementación de las diferentes tecnologías de comunicación y control y una mayor comprensión para dar un correcto comienzo a la hora de implementar el software en el proyecto.



*Imagen 7. Envasadora rotativa Pancolini (Planta Lacteos San Pedro, Cooperativa Colanta, 2018 )*



*Imagen 8. Foto pared de pruebas (Planta Lacteos San Pedro, Cooperativa Colanta, 2018 )*

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

### 3.2 Fase 2 - Lista de dispositivos para la implementación.

Teniendo clara la idea fundamental del proyecto se realiza una lista de los componentes a necesitar durante el proceso, con su respectiva referencia y código asignado por bodega (Tabla 1, 2, 3, 4, 5). Dicha lista seguidamente se presentó ante el Coordinador de Mantenimiento para su evaluación y aprobación, para posteriormente mandarla a bodega y pedir los implementos. Todos los componentes tardaron en ser entregados un aproximado de 2 meses, ya que algunos implementos como los gabinetes se mandaron a hacer a medida (Tabla 4, 5) y otros productos debieron ser importados.

CANTIDAD	DISPOSITIVO	CODIGO
3	Rele de estado sólido omron 5-24vdc	668830
1	Switch conmutador 2 pos.fij.iz	044203
1	Disyuntor allen bradley 16A	019333
2	Caja plástica 10x10x5	011749
3	Racor pasamuro festo. Ref 193950	037392
5	Racor rapido festo. Ref 153273	001803
10	Racor festo qssf-1/4-6-b. ref 153164	039146
12	Racor pasamuro festo. Ref 193951	037393
2	Racor pasamuro festo. Ref 130642	037394
12	Racor rápido festo. Ref 153047	617530
4	Racor en t festo. Ref 153118	616698
4	Racor unión rápido festo. Ref 153037	007134
4	Racor codo festo. Ref 153061	042349
2	Racor codo instantáneo festo. Ref 153046	614008
5	Reducción tuerca ainox Ref t-304	650978
2	Silenciador festo. 3/8"	017437
6	Plug tapón legris	045418
15	FUSIBLES VIDRIO 2A	419754
1	PLC Allen Bradley Micrologix 1400	025884
1	PANTALLA MAXTECH MT080 - 8'	017695
1	FUENTE Siemens DC24V-10A	020275
1	BLOQUE CONEXIÓN 1/4	031596
40	junta activa	048585
9	VALVULA MFH 5/2 1/4	302372
9	BOBINA FESTO	021197

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

1	PULSADOR EMERGENCIA	005539
9	JUNTA LUMINOSA MFLD 24VDC	456236
40	BORNERA DOBLE ALLEN BRADLEY	027679
1	CABLOFIL 4CM	028292
2	RIEL OMEGA	704270
1	PRESOSTATO DIGITAL FESTO	026393

Tabla 1. Listado de dispositivos requeridos para la mejora con código (Daniel Felipe Osorio Gutiérrez, 2018)

CANTIDAD	DISPOSITIVO	CODIGO
3	Rele de estado sólido omron 5-24vdc	668830
1	Switch conmutador 2 pos.fij.iz	044203
1	Disyuntor allen bradley 16A	019333
2	Caja plastica 10x10x5	011749
3	Racor pasamuro festo. Ref 193950	037392
5	Racor rapido festo. Ref 153273	001803
10	Racor festo qssf-1/4-6-b. ref 153164	039146
12	Racor pasamuro festo. Ref 193951	037393
2	Racor pasamuro festo. Ref 130642	037394
12	Racor rapido festo. Ref 153047	617530
4	Racor en t festo. Ref 153118	616698
4	Racor union rapido festo. Ref 153037	007134
4	Racor codo festo. Ref 153061	042349
2	Racor codo festo. Ref 153046	614008
5	Reduccion tuerca ainox Ref t-304	650978
2	Silenciador festo 3/8"	017437
6	Plug tapon legris	045418
15	FUSIBLES VIDRIO 2A	419754
1	PLC Allen Bradley Micrologix 1400	025884
1	PATALLA MAXTECH MT080 - 8'	017695
1	FUENTE Siemens DC24V-10A	020275
1	BLOQUE CONEXIÓN 1/4	031596
40	junta activa	048585
9	VALVULA MFH 5/2 1/4	302372
9	BOBINA FESTO	021197
1	PULSADOR EMERGENCIA	005539
9	JUNTA LUMINOSA MFLD 24VDC	456236

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

40	BORNERA DOBLE ALLEN BRADLEY	027679
1	CABLOFIL 4CM	028292
2	RIEL OMEGA	704270
1	PRESOSTATO DIGITAL FESTO	026393

Tabla 2. Listado de dispositivos requeridos para la mejora con código (Daniel Felipe Osorio Gutiérrez, 2018)

CANTIDAD	DISPOSITIVO	CODIGO
300	TERMINAL PUNTA AGUJA	796664
1	BRAKER TRIPOLAR 16A	122168
2	BREAKER UNIPOLAR 6A	432245
2	GUARDAMOTIOR 6-10A	432245
1	CONTACTOR 220VAC	237115
1	CONTROL DE NIVEL JLC1 220VAC	241331
3	VACUOSTATO DIGITAL SMC	029693
2	CONECTOR PEPPER	004592
1	ENCODER INCREMENTAL 360 PULSOS AB	369116
1	SENSOR INDUCTIVO	012867
1	CABLE SENSOR INDUCTIVO	047781
2	CANALETA 40X60	022614
2	CONTROL DE TEMPERATURA MAXTERMO	242537
10	TERMINALES RJ-45	032582
1	VARIADOR POWERFLEX 525 5HP	041551
1	VARIADOR POWERFLEX 525 2HP	025959

Tabla 3. Listado de dispositivos requeridos para la mejora con código (Daniel Felipe Osorio Gutiérrez, 2018)

<b>GABINETE PRINCIPAL</b>	
LARGO	60cm
ANCHO	30cm
PROFUNDO	27cm

Tabla 4. Especificaciones de gabinete principal (Daniel Felipe Osorio Gutiérrez, 2018)

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

GABINETE SECUNDARIO	
LARGO	40 cm
ANCHO	40cm
PROFUNDO	23cm

*Tabla 5. Especificaciones de gabinete secundario (Daniel Felipe Osorio Gutiérrez, 2018)*

### 3.3 Fase 3 - Simulación del sistema en bancos de pruebas.

En esta fase del proyecto los dispositivos son sometidos a diferentes pruebas de funcionamiento y lógica del sistema (Imagen 9, 10, 11), utilizando bancos de pruebas, los cuales permiten la implementación de los diferentes dispositivos simulando entornos reales de trabajos y ajustando de forma controlada parámetros de configuración para su correcto futuro funcionamiento.



*Imagen 9, 10, 11. Simulación y prueba de los dispositivos (Planta Lacteos San Pedro, Cooperativa Colanta, 2018)*



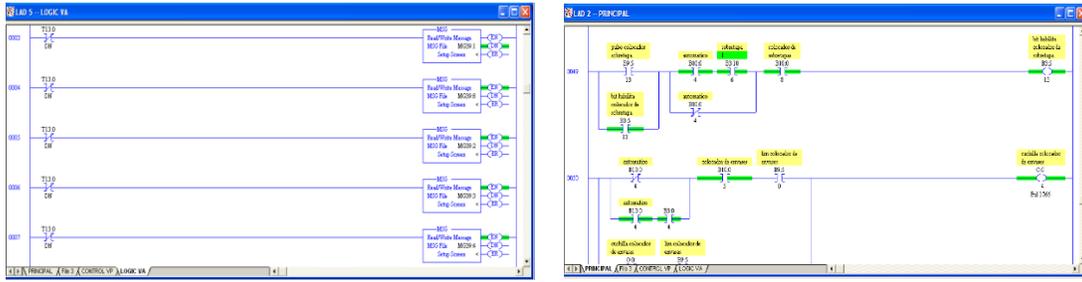


Imagen 13, 14, 15, 16. Programación Lader Brasholanda (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)

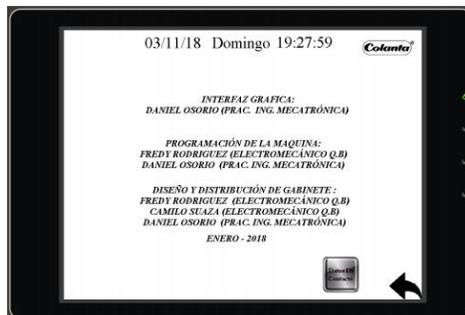
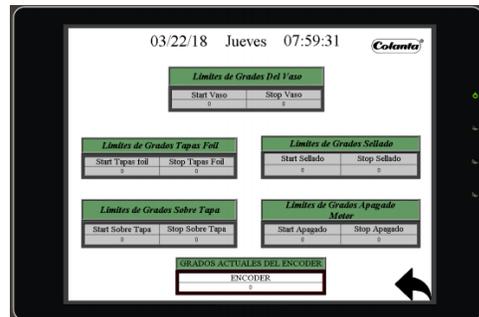


Imagen 17, 18, 19, 20, 21. Interfaz HMI Brasholanda (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)

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

### 3.5 Fase 5 - Realización del tablero de potencia-control de pantalla HMI.

Esta fase comienza al tener todos los componentes físicos, se procede a hacer el montaje de estos en un tablero de control-potencia, separándolos y ubicándolos de la forma más óptima para que tengan un correcto funcionamiento. Inicialmente se prueban varios tipos de posicionamientos en el tablero, hasta encontrar el más óptimo, se tiene en cuenta la facilidad de cableado y disposición de cada dispositivo con respecto a los demás (Imagen 22, 23, 24).



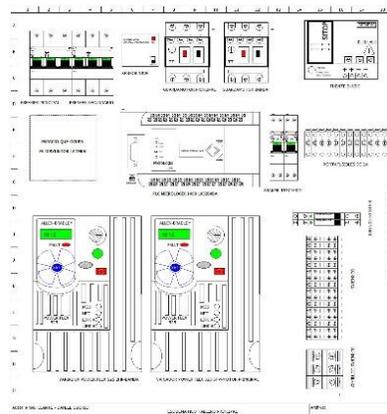
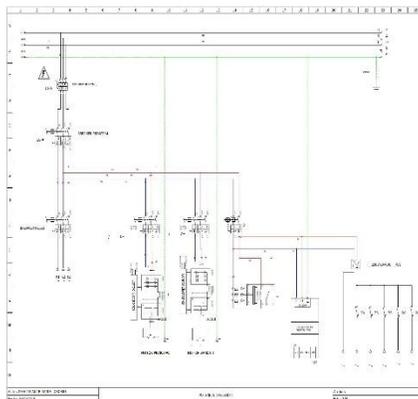
*Imagen 22, 23, 24. Acomodación de dispositivos en el tablero de control (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*

Una vez se han posicionado los componentes, se procede con la realización de los planos eléctricos y de la disposición de los componentes para tener una guía precisa de la ubicación de los componentes. Se continúa con la elaboración de tablero de control, se realizan perforaciones para enclavar el cable-fil (el cual servirá como puente de los diferentes cables de potencia y control) y el riel omega donde estarán los componentes. Seguidamente se disponen los dispositivos en el riel omega y se cablean siguiendo los planos eléctricos y la disposición de los componentes (Imagen 25, 26, 27).

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



*Imagen 25, 26, 27. Enclavamiento y cableado de los dispositivos en el tablero de control (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*



*Imagen 28, 29. Planos eléctricos y disposición final del tablero de control (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*

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

### 3.6 Fase 6 – Desarme de la máquina y traslado al taller de mantenimiento.

Se da inicio al desarme de la máquina, retirando todas las conexiones existentes y desmontando toda la parte mecánica. La parte mecánica es efectuada por el mecánico de mantenimiento Uriel, el cual tiene una larga trayectoria (casi 20 años) de trabajo con la máquina y sabe todo acerca del correcto funcionamiento de esta. Tras el desarme de la máquina, esta es trasladada al taller de mantenimiento, lo anterior con el propósito de trabajar de una forma más cómoda, propiciando un buen ambiente de trabajo para todas las adecuaciones que se realizarán (Imagen 30, 31, 32, 33, 34).



*Imagen 30, 31, 32, 33, 34. Desarme total de la máquina y envío al taller de mantenimiento  
(Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*

### 3.7 Fase 7 - Adecuación de la máquina y del entorno de trabajo.

Se adecuan el área de trabajo y la máquina, con la finalidad de ubicar los nuevos dispositivos; en el caso específico del encoder (dispositivo encargado del control de la dosificación del sistema) se requiere que este sea acoplado al eje de rotación de la máquina, por lo cual el eje de rotación fue sometido a algunas modificaciones para que se acoplase de manera adecuada al encoder. Seguidamente se procede a retirar los dispositivos viejos y sistemas antiguos, con el fin de reemplazarlos por los nuevos y así

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

adecuar la máquina, para que cuando el tablero de control esté listo para conectar se haga más fácil dicha tarea. Adicionalmente se adaptan varias perforaciones en el tablero secundario de control para disponer los racores pasamuros, que permitirán el paso de las mangueras neumáticas, lo anterior posibilita la conexión de las electroválvulas de control a los diferentes pistones de acción. En el sistema de sellado se incorporan unas borneras, para facilitar la remoción de las resistencias de sellado. Se emplea también un sensor en el eje principal, el cual mandara un pulso por vuelta de la máquina.



*Imagen 35, 36. Adecuación de sistema de sellado y perforación en el tablero (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*



*Imagen 37, 38. Adecuación al eje principal de la máquina del encoder (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*

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



*Imagen 39, 40. Adecuación de la base del tablero y sensor de fin de vuelta (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*

### **3.8 Fase 8 – Instalación del tablero de control y nuevas conexiones**

Una vez la máquina ha sido adecuada, se procede con la instalación de todos los dispositivos en la máquina, se hacen las debidas conexiones entre sensores y actuadores, posibilitando la comunicación entre ellos y mediante el PLC. Posteriormente se hace la conexión de la pantalla HMI al switch de ethernet para asociarla al PLC. Al final de la tarea se comprueban las conexiones con el plano eléctrico del sistema, verificando su correcta conexión y evitando posibles fallos.



*Imagen 41, 42, 43. Instalación de los tableros nuevos con sus respectivas conexiones (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*



*Imagen 44, 45. Cableado de los dispositivos de control (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*

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

### 3.9 Fase 9 – Ajustes, pruebas del sistema y puesta en marcha.

Tras tener todos los dispositivos bien conectados y acondicionados, se procede a hacer pruebas de calidad de la máquina, calibrando los diferentes dispositivos se comprueba su correcto funcionamiento. Teniendo todos los dispositivos funcionando correctamente y calibrados, se procede a poner en marcha la maquina con una vigilancia de rendimiento, verificando siempre su correcto funcionamiento.



*Imagen 46, 47, 48, 49. Ajustes y pruebas del sistema (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*

### 3.10 Fase 10 – Capacitación de operarios y electromecánicos para el correcto uso de la máquina.

Durante esta fase se lleva a cabo una capacitación sobre “el correcto uso de la máquina”, para que los operarios se familiaricen con el nuevo sistema y para que de ahí en adelante procuren operar la maquina correctamente, para que los electromecánicos a cargo del mantenimiento de la maquina sepan cómo funciona y posteriormente sepan como intervenirla (Imagen 50, 51). Este proceso formativo va acompañado de un manual de usuario, en el cual se describe a cabalidad y de forma clara la correcta operación de la máquina. Lo anterior con el fin de evitar que a futuro la maquina presente fallas a raíz de malos manejos por parte del personal a cargo.



Imagen 50, 51. Capacitación de Operarios y Electromecánicos (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)

**GUIA DE OPERACIÓN DE LA INTERFAZ GRAFICA DE LA MAQUINA ENVASADORA ROTATIVA BRASHOLANDA**



EL ABORAZADO POR: DANIEL FELIPE OSORIO GUTÉRREZ, PRACTICANTE DEL MECATRÓNICA.  
11 DE MARZO DE 2018

**3. PANTALLA CONTROL DE PROCESO**, en la cual se controla la envasadora en esta pantalla se hace el control de poner en marcha la envasadora y general, se tiene un control de las diferentes estaciones del proceso pudiendo habilitarlas de forma independiente. Hay 4 botones de reset los cuales son primordiales para un correcto funcionamiento del sistema, así como imágenes de visualización del funcionamiento del presostato y vacuestato del sistema y botones de traslado de pantalla.



**Paso a Paso para el arranque de la envasadora:**

- Habilitar todas las estaciones de proceso asegurando que en todas las imágenes diga "ON" y que estén interconectadas.
- Darle los diferentes Resets que aparecen en la pantalla, el Reset general y Reset Personalizado con las imágenes de los sensores de la máquina con sus Resets...

Imagen 52, 53. Guía de Operación del HMI de la maquina envasadora (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)

### 3.11 Fase 11 – Entrega final del equipo funcionado correctamente.

Luego de culminar la fase 10, la maquina esta lista para empezar a operar continuamente, sacando el producto de forma constante. Formalmente se hace la presentación de la máquina, se dan a conocer las mejoras por medio de una demostración de su correcto funcionamiento. Finalmente se comienza con la puesta en funcionamiento de la máquina y durante los primeros lotes de arequipe empacados se realiza un proceso de acompañamiento.



Imagen 54. Entrega final de la maquina envasadora rotativa (Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)

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



*Imagen 55, 56. Primeros Lotes de arequipe empacados con la maquina mejorada  
(Daniel Osorio Gutiérrez, 2018)*

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

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Con la realización de este proceso se dio inicio a un estudio de la máquina, analizando su funcionamiento, modo de operación, fallas frecuentes y estado de los componentes. El haber participado en las pruebas permitió ver las falencias del sistema y los puntos críticos a mejorar. Finalmente se llevo a cabo la mejora de la máquina envasadora Brasholanda para el empacado de arequipe en vaso, en presentaciones de 50, 250 y 500 gr.

Durante el proceso antes descrito se identificaron algunas restricciones, debilidades y fortalezas:

**Restricciones:** Terminar el proyecto antes de una fecha preestablecida, la tardanza en la entrega de los nuevos componentes por parte de los proveedores de la empresa, el seguimiento de estándares, la disponibilidad de herramientas, entre otros.

- **Tiempo:** Al proyecto para su realización se le asigno un tiempo de planeación de 1 mes y un tiempo de ejecución de 7 días, tiempos tras los cuales la maquina debía estar disponible.
- **Herramientas:** Durante el proceso no se conto con herramientas de uso personal y para acceder a ellas, estas debían ser solicitadas a terceros (electromecánicos).
- **Entrega de componentes por parte de los proveedores:** Algunos componentes procedían del exterior del país. En algunos casos los procesos de importación y entrega de componentes tardaron más del tiempo previsto, por lo cual debieron modificarse las fechas de entrega de la máquina.

**Debilidades:** Inexperiencia, falta de conocimientos. En el caso de esta última, sucede que el proyecto abarca muchos temas y la mayoría de ellos no son vistos en su totalidad durante el proceso formativo al interior de las aulas y laboratorios de la institución de educación superior. Para subsanar lo anterior, cada tema fue estudiado de manera independiente a profundidad y haciendo constantes pruebas de campo con el acompañamiento de compañeros expertos en dichas temáticas.

**Oportunidades:** Durante el proceso se posibilita la adquisición de nuevos conocimientos que complementan el proceso formativo y permitirán la comprensión del funcionamiento de nuevas máquinas.

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

**Fortalezas:** La colaboración de los diferentes compañeros de trabajo, los cuales poseen amplios conocimientos en todos los diversos temas e interés por explicar y asesorar de manera cordial.

**Amenazas:** la presión generada por parte de los supervisores de producción para terminar el proyecto y empezar a sacar lotes anteriormente programados. Lo anterior genero frustración y un promedio de 14 horas diarias de trabajo en los 7 días de ejecución del proyecto para terminarlo a tiempo; se pasó por momentos de fatiga física y mental, finalmente estas fueron superadas y el proyecto terminado.

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

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

### Conclusiones

Se realizó la automatización y mejora de componentes electromecánicos de la máquina envasadora rotativa *Brasholanda* por medio de la implementación de un controlador lógico programable (PLC) para el control de la máquina. Dada la alta complejidad del sistema se deben tener bases muy firmes en diversos temas como neumática, programación y conocimientos de PLC, comunicación industrial, control, electricidad y mecánica. Es importante que durante procesos similares se mantengan canales de comunicación abiertos con el área de producción, ya que ellos operan bajo órdenes de pedidos y lotes que deben ser completados y de ellos depende programar la disponibilidad de la máquina. Con una buena logística, optimización del tiempo y metodología de trabajo es posible cumplir con las diferentes fases planteadas para la realización del proyecto.

### Conclusiones complementarias

- La implementación de un controlador lógico programable (PLC) posibilita un funcionamiento óptimo de la máquina que permite un control total de su funcionamiento, haciéndola confiable y duradera.
- La implementación de un sistema HMI (Human-Machine Interface) posibilita crear un canal efectivo de comunicación entre los operadores y la máquina. Con lo anterior se logra una transmisión rápida y eficaz, por medio de un equipo de visualización y control, de la operación de empacado del producto.
- El empleo de un buen algoritmo de control asegura que la máquina funcione de forma autónoma y confiable. Con lo antes mencionado se asegura que el producto terminado quede bien empacado y listo para el consumo.

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

- La implementación de un nuevo tablero de control donde esté concatenado el control y la potencia posibilita generar confiabilidad a la maquina ya que todos los componentes están ubicados en un mismo sitio fresco libre de humedad y demás factores externos que pongan en riesgo el estado de los dispositivos.
- La renovación del sistema neumático implementando de forma correcta un nuevo bloque de válvulas y demás componentes, asegura un funcionamiento adecuado, sin perdidas de presión y una confiabilidad alta.

## **Recomendaciones**

- El correcto dimensionamiento de las implicaciones del proyecto se debe tener en cuenta antes de empezar a desarrollar la metodología, ya que un mal dimensionamiento hace que el proyecto se retrase y se generen modificaciones perjudiciales para el mismo.
- Es importante fortalecer los conocimientos previos que se deben tener para la realización del proyecto. Sin conocimientos previos además de generar retrasos técnicos, pueden estropearse componentes de gran valor económico y funcional.
- Es importante tener presente que todo proyecto está sujeto a sufrir retrasos, ya sea por factores externos o internos. Ante lo anterior se recomienda trabajar con un margen de tiempo extra al calculado inicialmente, para que dichos retrasos no comprometan la realización del proyecto y la productividad de la maquina al interior de la empresa o cooperativa.
- La correcta ejecución de cualquier proyecto requiere de habilidades personales como lo son: el no perder la calma, el ser pacientes, perseverantes, el trabajar bien bajo presión y el entablar buenas relaciones con los demás.

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

## REFERENCIAS

---

Misión-vision Cooperativa Colanta (s.f.). Obtenido de  
<http://www.colanta.com.co/institucional/mision-vision/>

Exportaciones Cooperativa Colanta (s.f) Obtenido de  
<http://www.colanta.com.co/institucional/exportaciones/>

imagen 4 (sf) Obtenida de <https://youtu.be/x000SihZEsg>

Imagen 5 (sf) Obtenida de  
<https://grupos.unican.es/ingmec/fotos/cinematica/imagenes/PICT0025.JPG>

Rockwell Automation (sf) obtenida de  
<https://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/rslogix500.page#latest-releases>

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

## TABLA DE IMÁGENES

---

Imagen 1. Rutas de exportación de la cooperativa Colanta _____	7
Imagen 2. Envasadora rotativa Brasholanda _____	8
Imagen 3. Tablero de control de la envasadora Brasholanda _____	9
Imagen 4. Maquina envasadora rotativa _____	12
Imagen 5. Cruz De Malta Casera _____	13
Imagen 6. Charla con operario de maquina envasadora _____	14
Imagen 7. Envasadora rotativa Pancolini _____	15
Imagen 8. Foto pared de pruebas _____	15
Imagen 9, 10, 11. Simulación y prueba de los dispositivos _____	19
Imagen 12. Software de programa de PLC Rslogix500 _____	20
Imagen 13, 14, 15, 16. Programación Lader Brasholanda _____	21
Imagen 17, 18, 19, 20, 21. Interfaz HMI Brasholanda _____	21
Imagen 22, 23, 24. Acomodación de dispositivos en el tablero de control _____	22
Imagen 25, 26, 27. Enclavamiento y cableado de los dispositivos en el tablero de control _____	23
Imagen 28, 29. Planos eléctricos y disposición final del tablero de control _____	23
Imagen 30, 31, 32, 33, 34. Desarme total de la máquina y envío al taller de mantenimiento _____	24
Imagen 35, 36. Adecuación de sistema de sellado y perforación en el tablero _____	25
Imagen 37, 38. Adecuación al eje principal de la máquina del encoder _____	25
Imagen 39, 40. Adecuación de la base del tablero y sensor de fin de vuelta _____	26
Imagen 41, 42, 43. Instalación de los tableros nuevos con sus respectivas conexiones _____	26
Imagen 44, 45. Cableado de los dispositivos de control _____	26
Imagen 46, 47, 48, 49. Ajustes y pruebas del sistema _____	27
Imagen 50, 51. Capacitación de Operarios y Electromecánicos _____	28
Imagen 52, 53. Guía de Operación del HMI de la maquina envasadora _____	28
Imagen 54. Entrega final de la maquina envasadora rotativa _____	28
Imagen 55, 56. Primeros Lotes de arequipe empacados con la maquina mejorada _____	29

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

FIRMA ESTUDIANTES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



FIRMA ASESOR

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

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

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

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

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

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

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

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

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