

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

*Trabajo de titulación previo  
a la obtención de título de  
Ingeniero Electrónico*

**PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE SOCIAL:**

**“DISEÑO Y MONTAJE DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESPLUME DE  
POLLOS DE LA EMPRESA “LOS CIRUELOS” DEL CANTÓN  
PIÑAS”**

**AUTORES:**

GABRIEL JESÚS DURÁN ZAMBRANO  
NIXON ALFREDO GALLARDO GALLARDO

**TUTOR:**

ING. GIOVANNI SAGBAY SACAQUIRÍN, MSc.

CUENCA - ECUADOR

2021

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Gabriel Jesús Durán Zambrano con documento de identificación N° 0704874114 y Nixon Alfredo Gallardo Gallardo con documento de identificación N° 0705040939, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y MONTAJE DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESPLUME DE POLLOS DE LA EMPRESA “LOS CIRUELOS” DEL CANTÓN PIÑAS”**, mismo que ha sido desarrollado para obtener el título de: *Ingeniero Electrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2021

Gabriel Jesús Durán Zambrano  
C.I. 0704874114

Nixon Alfredo Gallardo Gallardo  
C.I. 0705040939

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO Y MONTAJE DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESPLUME DE POLLOS DE LA EMPRESA “LOS CIRUELOS” DEL CANTÓN PIÑAS”**, realizado por Gabriel Jesús Durán y Nixon Alfredo Gallardo Gallardo, obteniendo el *Proyecto Técnico con Enfoque Social*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'G. Durán', written over a horizontal line.

Ing. Giovanni Sagbay Sacaquirín, MSc.

C.I. 0702639063

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Gabriel Jesús Durán Zambrano con documento de identificación N° 0704874114 y Nixon Alfredo Gallardo Gallardo con documento de identificación N° 0705040939, autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO Y MONTAJE DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESPLUME DE POLLOS DE LA EMPRESA “LOS CIRUELOS” DEL CANTÓN PIÑAS”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico Enfoque Social*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, febrero del 2021



Gabriel Jesús Durán Zambrano

C.I. 0704874114



Nixon Alfredo Gallardo Gallardo

C.I. 0705040939

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradezco a mi familia por ayudarme culminar mi estudio y llegar ser profesional, la Universidad Politécnica Salesiana por dejar ser parte de ella permitiéndome estudiar en una hermosa carrera y también a los diferentes docentes que brindaron su conocimiento. También agradezco al asesor de la tesis el Ing. Giovanni Sagbay por habernos brindado de recurrir su capacidades y conocimiento científico.

***Gabriel Jesús Durán Zambrano***

Primeramente agradezco a mi familia por apóyame en este proyecto educativo, también a los profesores de la Universidad Politécnica Salesiana que impartieron los conocimientos en mi y que son parte de este logro, finalmente pero no menos importante al asesor de la tesis el Ing. Giovanni Sagbay que con sus importantes aportes se logro concluir el proyecto de manera satisfactoria.

***Nixon Alfredo Gallardo Gallardo***

## **DEDICATORIAS**

Dedico esta tesis a mi Padre y a mi Madre, siempre me apoyaron en las situaciones buenas y malas para poder llegar a ser un profesional. También gracias por ayudarme a cumplir una de mis metas de ser un Ingeniero Electrónico en la mención en Sistema Industrial.

***Gabriel Jesús Durán Zambrano***

Dedico este logro a mis padres y mis abuelos y demás personas que siempre me apoyan para lograr mis objetivos en la vida y en este caso llegar a ser Ingeniero Electrónico en la mención en Sistema Industrial.

**Nixon Alfredo Gallardo Gallardo**

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	IX
ANTECEDENTES.....	X
JUSTIFICACIÓN.....	XI
OBJETIVOS.....	XII
OBJETIVO GENERAL.....	XII
OBJETIVOS ESPECÍFICO.....	XII
CAPÍTULO 1: ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DESPLUME DE POLLO.....	1
1.1 Desplumado.....	1
1.2 Tipos de desplume.....	1
1.1.2 Desplumado manual.....	1
1.2.2 Desplumado mecánico o automatizado.....	1
1.2.3 Comparación de ventajas y desventajas del desplumado.....	3
1.2.4 Comparación de ventajas y desventajas de las desplumadoras.....	3
1.3 Problemas del desplumado de pollo.....	4
CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN.....	5
2.1 Introducción.....	5
2.2 Análisis de infraestructura del sistema propuesto.....	5
2.2.1 Etapas del proceso de la planta.....	6
2.2.2 Proceso de la planta.....	7
2.2.3 Necesidad y variables a controlar.....	9
2.3 Elección de sensores y actuadores.....	9
2.4 Definición de entradas y salidas del sistema.....	11
2.4.1 Estructura del subsistema de instrumentación.....	13
2.5 Controlador.....	15
2.5.1 PLC logo V8 230RCE.....	15

2.5.2 Unidad de ampliación Logo V8 .....	15
2.6 Diseño de las máquinas autómatas del sistema.....	15
2.6.1 Diseño de la escaldadora.....	15
2.6.2 Diseño de la desplumadora .....	17
2.6.3 Diseño del sistema para la banda transportadora aérea.....	18
2.7 Diseño del software y panel de control .....	23
 CAPÍTULO 3: PRUEBAS Y CORRECCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO .....	 27
3.1 Introducción .....	27
3.2 Calibración de los parámetros de los procesos .....	27
3.3 Pruebas de consumó del sistema en vacío y en carga .....	29
3.4 Seguridad del sistema de desplume.....	30
3.5 Optimización de producción .....	31
3.6 Recuperación de inversión .....	31
 CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	 34
4.1 Introducción .....	34
4.2 Recomendaciones.....	35
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	 36
 ANEXOS .....	 38
ANEXO 1: IMAGEN ESTADÍSTICO DEL CONSUMO DE POLLO .....	38
ANEXO 2: PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA EN AUTÓMATA PROGRAMABLE SIEMENS LOGO V8.....	39
ANEXO 3: FIGURAS DE LA PLANTA.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Diagrama de bloques del proceso de la planta</i> .....	6
Figura 2. <i>Flujograma de la planta</i> .....	8
Figura 3. <i>Dispositivo de instrumentación de entradas y salidas del sistema</i> .....	13
Figura 4. <i>Dispositivo de instrumentación de entradas analógicas y salidas digitales de la planta</i> .....	14
Figura 5. <i>Dispositivo de instrumentación de salidas analógicas y salidas digitales de la planta</i> .....	14
Figura 6. <i>Diseño de la escaldadora</i> .....	16
Figura 7. <i>Máquina escaldadora</i> .....	16
Figura 8. <i>Diseño de la desplumadora</i> .....	17
Figura 9. <i>Máquina desplumadora con tambores horizontales</i> .....	18
Figura 10. <i>Diseño del monorriel</i> .....	19
Figura 11. <i>Construcción del monorriel</i> .....	19
Figura 12. <i>Diseño del sistema transporte para el desplazamiento de pollo</i> .....	20
Figura 13. <i>Diseño de la garrucha</i> .....	21
Figura 14. <i>Diseño de la polea de transmisión</i> .....	21
Figura 15. <i>Bosquejo del diseño del sistema de arrastre</i> .....	22
Figura 16. <i>Simulación de la parte electrónica del sistema</i> .....	23
Figura 17. <i>Diseño de Panel de control</i> .....	24
Figura 18: <i>Sistema de seguridad para el paro de emergencia</i> .....	31
Figura 19. <i>Datos del Conave de consumo de Pollo</i> .....	38
Figura 20: <i>Codigó de la página 1 en lenguaje ladder en Siemens Logo V8</i> .....	39
Figura 21: <i>Codigó de la página 2 en lenguaje ladder en Siemens Logo V8</i> .....	40
Figura 22. <i>Codigó de la página 3 en lenguaje ladder en Siemens Logo V8</i> .....	41
Figura 23. <i>Rotulación de variables del código</i> .....	42
Figura 24: <i>Panel de control sección frontal</i> .....	43
Figura 25. <i>Panel de control sección interior frontal</i> .....	44
Figura 26. <i>Panel de control sección interior</i> .....	45
Figura 27. <i>Vista Panorámica de la planta</i> .....	46
Figura 28. <i>Motor de banda transportadora aérea</i> .....	47
Figura 29. <i>Vista superior de la escaldadora</i> .....	48
Figura 30. <i>Vista superior de la banda transportadora aérea</i> .....	49

Figura 31. <i>Vista superior del sistema de arrastre y sistema de reducción</i> .....	50
Figura 32 <i>Volante de arrastre</i> .....	51
Figura 33 <i>Pala para la sujeción del pollo</i> .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del desplume.....	3
Tabla 2. Características de las desplumadora existente en el mercado.....	4
Tabla 3. Visualización de características y precios de los sensores y actuadores .....	9 y 10
Tabla 4. Variables de Control del Sistema; Entradas Digitales .....	12
Tabla 5 Variables de Control del Sistema; Salidas Analógicas.....	12
Tabla 6. Variables de Control del Sistema; Entradas Analógicas.....	13
Tabla 7. Precio del controlador y módulo de ampliación .....	15
Tabla 8. Día 1 de ajuste de parámetros .....	28
Tabla 9. Día 2 de ajuste de parámetros. ....	28
Tabla 10. Día 3 de ajuste de parámetros. ....	28
Tabla 11. Día 4 de ajuste de parámetros .....	29
Tabla 12. Día 5 de ajuste de parámetros. ....	29
Tabla 13. Consumo de Energía eléctrica en la planta desplumadora.....	30
Tabla 14 Valores calibrados de variable del sistema .....	30
Tabla 15. Inversión total de la automatización .....	32
Tabla 16 Recuperación de Inversión (PRI).....	33
Tabla 17 Valores logísticos.....	33

## RESUMEN

En el presente trabajo se da conocer la automatización de la planta para el desplume de pollo. Para esto, fue necesario revisar los métodos tradicionales y actuales del desplume de pollo a nivel local e internacional, como también las máquinas que están involucrada en el proceso. Después de analizar las comparaciones de las diferentes máquinas autómatas en las dos etapas a automatizar en el proceso de desplume de pollo, se procedió efectuar los diseños en el software Autocad: la desplumadora y la escaldadora se tuvo en cuenta el ambiente de trabajo que estarán expuesta y su funcionalidad en el sistema, en cambio el diseño del monorriel nos fue otorgado por la empresa “Los Ciruelos” donde se le realizaron algunos retoques con el objetivo de acoplarse a la planta y en el proceso.

Al realizar la automatización de la planta se siguieron las fases a considerar para automatizar un proceso: conocer la infraestructura del sistema de la planta, las necesidades, las variables a controlar, la elección de sensores y actuadores, el número de entradas y salidas del sistema, selección del controlador, finalmente el diseño del software, todos estos pasos esta explicado detalladamente en el documento.

La implementación de la planta de desplume se lo realizo de la siguiente manera: la instalación de los sistemas mecánicos, montaje de los sistemas electrónicos y finalmente la calibración de estos dos sistemas. El control del proceso de la planta es a través de un mini PLC Siemens logo V8, la programación de dicho dispositivo fue elaborada en software logo soft comfort v8.2 se encuentra en el anexo, la instalación electrónica del gabinete y la simulación del sistema se indica en el capítulo 2.4.

Se indica los parámetros elegidos en cada uno de las etapas del proceso, donde se consideró que los siguientes parámetros son lo más importante para un buen desplumado: la temperatura y el tiempo de sumersión de la escaldadora, la velocidad de la desplumadora y la velocidad de la banda transportadora aérea.

## **INTRODUCCIÓN**

La finalidad de automatizar la empresa es mejorar la calidad del producto, disminuir el tiempo del desplume y aumentar la producción del pollo, como también la salubridad e higiene, con el objetivo de competir en el mercado del pollo desplumado.

En este documento presentara los diseños para el proceso de la planta, la funcionalidad de las maquinarias y los parámetros adecuados para un óptimo desplume. El proceso de la planta estará constituido por tres maquinarias: la banda Transportadora aérea, la escaldadora y la desplumadora. Para tener un alto porcentaje y un excelente desplume, hay que ajustar y definir los parámetros adecuados de las maquinas automátatas.

Para ejecutar la automatización en la empresa "Los Ciruelos", fue necesario realizar un estudio de las máquinas automátatas que pertenece en cada una de las dos etapas del proceso a automatizar y luego hacer comparaciones entre ellas con el objetivo de realizar los diseños y construcción de las máquinas automátatas. También indica los elementos y dispositivos utilizados en cada etapa del proceso de la planta.

## ANTECEDENTES

La carne de pollo es un alimento de gran aporte nutricional y mayor contenido proteínico que la carne de ovino o bovino, permite que la avicultura en América del sur sea una de las actividades relevantes en el contexto alimentario [1]. En la revista “Maíz y soya” asimismo la revista “aVineWS” de América latina estima una estadística de consumo por persona entre 30 y 32 kilogramos en la actualidad en el Ecuador, esto se debe a que el costo es más accesible en comparación con otros tipos de carne convirtiéndolo en una buena opción para los consumidores ecuatorianos [2].

Con el progreso tecnológico la industria ecuatoriana está obligada a desarrollar productos que se adapten a las necesidades de los consumidores actuales, que buscan en sus platillos diarios calidad y rapidez de preparación. Hay una remarcada preferencia de familias ecuatorianas por el pollo comercializado en carnicerías o ferias libres debido su precio [3], el cual en algunos casos no cumplen con el estándar de calidad e higiene, dado que el costo de este es mucho menor del que se expende en los supermercados.

El desplume de un solo pollo tarda alrededor de 10 minutos, esta información fue proveída por el dueño de la empresa “Los Ciruelos” dedicada a la avicultura ubicado en el cantón Piñas [4], normalmente despluma 100 pollos al día, para esto se necesita alrededor de 4 personas para el trabajo aproximadamente tardan 4 horas. Esto conlleva que los trabajadores deban comenzar a trabajar en el desplume a las 3 de la mañana, para que el producto pueda ser entregado a las 7:00 de mañana, debido que la mayoría de las carnicerías que provee comienza a vender y los asaderos comienza aliñar el pollo.

La empresa “Los Ciruelos” diariamente despluma 100 pollos de manera artesanal donde tarda un tiempo considerable para su comercialización, para esto es necesario la implementación de un sistema automatizado en la planta para mejorar el proceso de la empresa, calidad del producto y maximizar el ingreso económico al vender pollo desplumado, cumpliendo las normas salubridad.

## **JUSTIFICACIÓN**

Las empresas que quieren seguir compitiendo en la actualidad necesitan optimizar y automatizar los procesos de producción de la planta, con la finalidad de aumentar la producción, eficiencia al ejecutar procesos repetitivos e higiene. Se trata de solucionar un problema mediante diseños y construcción de máquinas autómatas para implementarlas en el proceso de la planta, todo esto a un precio accesible para la empresa “Los Ciruelos”. El proyecto tendrá un impacto importante para la empresa, porque permitirá aumentar la producción, disminuir el tiempo de trabajo y mejorar la calidad del producto.

La razón porque se realiza el proyecto es debido que se utilizara conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera aplicándolo en el campo laboral como titulación, permitiendo entrar en un ambiente laboral antes de graduarnos. Otro punto importante en el país la automatización no está en el máximo auge, permitiendo crear fuentes de ingreso de trabajo para todos los involucrados y al mismo tiempo mejorar el desarrollo del País.

# **OBJETIVOS**

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un sistema automatizado basado en el uso de autómatas programables para la optimización del proceso de desplume de pollo de la empresa “Los Ciruelos”.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICO**

1. Estudiar y analizar los métodos tradicionales y actuales del desplume de pollo a nivel local, así como también sistemas o equipos existente en el medio local o internacional implementados en este proceso.
2. Diseñar, construir e implementar un sistema automatizado para el proceso del desplume de pollo.
3. Realizar pruebas y correcciones del sistema automatizado del proceso de desplume de pollo.

# **CAPÍTULO 1: ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MÉTODOS DE DESPLUME DE POLLO**

## **1.1 DESPLUMADO**

El desplumado es un proceso que consiste en extraer o quitar las plumas del ave, se puede realizar mediante una acción manual es decir con las manos o a través de dedos de hule de una máquina desplumadora.

## **1.2 TIPOS DE DESPLUME**

En esta literatura se describe dos tipos de desplume, las misma que se indica a continuación.

### **1.1.2 DESPLUMADO MANUAL**

El desplumado manual es un proceso artesanal que consiste arrancar las plumas de los folículos del pollo utilizando las manos, este proceso lo realizan inmediatamente después de sumergir el pollo en el escaldado debido a la facilidad de desplumar al pollo [5], [6], [7].

### **1.2.2 DESPLUMADO MECÁNICO O AUTOMATIZADO**

Este método consiste en máquinas autómatas que poseen diferentes funcionamientos para el desplume el pollo como: discos, tambores u otros dispositivos provistos de dedos de hule [7], a continuación, se analizan algunos tipos de máquinas autómatas de desplume de pollo, indicando el funcionamiento de cada una y una tabla de comparaciones de ventaja y desventaja de la misma.

#### **a . DESPLUMADORA CIRCULAR**

Esta maquinaria de desplume es las más utilizada por los productores de carne de pollo, ya que puede albergar entre 2 a 5 pollos dependiendo del radio del tambor o de la potencia del motor [6]. El tambor consta de un motor acoplado a un sistema de poleas que permite la transmisión de potencia hacia la plataforma giratoria, la cual se encarga de remover las plumas con los dedos de hule ubicado en los extremos del tanque.

Tiene una eficiencia promedio de 2 minutos para desplumar un pollo, la estructura tiene un acabado de acero inoxidable ya que este evita el traspaso de agentes contaminantes o bacterias que se acumulan en la superficie de materiales féreos sin protección a la corrosión [7].

#### **b . DESPLUMADORA DE RODILLO HORIZONTAL**

Está compuesta por un rodillo horizontal el cual descansa sobre un par de rodamientos a los extremos de la estructura, el rodillo está conformado por un eje principal, un cilindro y un par de tapas a los extremos del cilindro permitiendo la unión entre el eje y este. El cilindro posee además un conjunto de perforaciones que habilitan el montaje de los dedos de hule. Uno de los extremos del eje principal, posee una polea que sirve de elemento de transmisión entre el cilindro con los de dedos de hule y el motor [6], [7]. La estructura puede elaborarse en acero galvanizado o acero inoxidable.

#### **c . DESPLUMADORA CIRCULAR-TAMBOR DE PVC**

Similar al modelo de tambor se caracteriza por ser una versión más económica y artesanal de una máquina circular para desplumar el pollo [6]. El tambor de la desplumadora está creado por un tanque de PVC usado para recolectar agua y su tapa es utilizada como plataforma giratoria. El grosor de tanque permite que los dedos de hule penetren en el tambor y no se salgan, este modelo requiere de una plataforma más estable ya que material tiende a deformarse.

#### **d . DESPLUMADORA DE POLLOS CON MOTOR CENTRADO EN EL TAMBOR**

Este tipo de desplumadora tiene el motor ubicado en la zona central del tambor de acero inoxidable, tiene un diseño de forma de U. Es tipo de desplumadora es práctica de su manejo, pero al mismo tiempo tiene un espacio de desplume muy limitado y problema en la disipación de plumas [6].

### **e . ACCESORIO PARA TALADRO PARA DESPLUMAR POLLOS**

Este modelo no se consideraría una maquina debido que no posee una estructura fija para su operación. Sin embargo, es adaptable a cualquier tipo de taladro con mandril ajustable. Este elemento está conformado por un eje roscado en uno de sus

extremos, un tambor de plástico, un kit de sujeción (tuercas y arandelas) y los dedos de hule. Para estabilizar los componentes de las vibraciones que genera el uso del taladro y poder trabajar a manos libres; este se puede inmovilizar sobre una superficie rígida [6].

### **1.2.3 COMPARACIÓN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL DESPLUMADO**

La Tabla 1, ilustra las comparaciones de ventajas y desventajas de los dos tipos de desplume.

Tabla 1: Características del desplume

Tipos	Ventajas	Desventajas
Manual	Desplumado totalmente Baja inversión	Grado alto de contaminación Producción baja escala Bastante mano de obra Alto tiempo en el desplume
Mecánico o Automatizado	Producción gran escala Reducción de mano de obra Competir con el mercado Grado bajo de contaminación	Inversión alta Mantenimiento en las maquinarias

### **1.2.4 COMPARACIÓN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS DESPLUMADORAS**

En la Tabla 2, muestra la comparación de ventajas y desventajas de los tipos de desplumadora existente en el mercado local e internacional.

Tabla 2: Características de las desplumadora existente en el mercado

Tipo	Ventajas	Desventajas
Desplumadora circular	Costo moderado de adquisición Nivel alto de desplume Producción moderada Durabilidad alta	Maltrató medio del pollo Bastante personal Mantenimiento casi costoso
Desplumadora de rodillo horizontal	Nivel alto de desplume Producción alta Maltrato bajo del pollo Durabilidad alta	Costo elevado de adquisición Consumo de agua Mantenimiento caro
Desplumadora circular -tambor de PVC	Costo moderado de adquisición Mantenimiento barato Fácil de limpiar	Maltrató medio del pollo Durabilidad baja Estructura no muy resistente
Desplumadora de pollos con motor centrado en el tambor	Costo moderado de adquisición Mantenimiento barato Durabilidad media	Maltrató medio del pollo Incomodidad al usuario Bajo nivel de desplume Grado medio de contaminación Estructura no muy resistente
Accesorio para taladro para desplumar pollos	Costo muy accesible Nivel bajo de desplume Ahorro de consumo eléctrico Mantenimiento muy barato	Grado alto de contaminación Maltrató medio del pollo Mala estructura de soporte Durabilidad muy baja Bajo nivel de desplume

### 1.3 PROBLEMAS DEL DESPLUMADO DE POLLO

Los problemas principales del desplumado pueden ser causado por la velocidad del motor de la desplumadora, ya que sin un variador de frecuencia esta máquina automática tiene una alta fuerza trabajo mecánico haciéndolo agresivo en el desplume [8], otro inconveniente puede ser causado por temperaturas altas de la escaldadora. Los principales problemas asociados al desplumado son, principalmente:

1. Roturas de ala
2. Roturas de las patas
3. Roturas de piel
4. Desplazamiento de muslos
5. Perdidas de cabezas y puntas de alas rotas [8]

# **CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN**

## **2.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo detalla las fases necesarias a considerar para automatizar el proceso de desplume en la planta "Los Ciruelos" que consta de la especificación y el diseño. También incluye el diseño del flujograma del proceso de la planta con la finalidad de entender el comportamiento del sistema que realiza la planta.

La especificación analiza la infraestructura del sistema de la planta, las variables a controlar en la planta.

En el diseño consta de la elección de sensores y actuadores, el número de entrada y salida del proceso, selección del controlador y por último el diseño de las máquinas autómatas y el diseño del software.

## **2.2 ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA PROPUESTO**

El proceso de desplume en la planta lo realizan en 5 etapas, como se puede ver en el diagrama de bloques de la figura 1, las secciones que se automatizarán serán el escaldado y el desplume.



Figura 1: Diagrama de bloques del proceso de la planta.  
Fuente: (Autores)

### 2.2.1 ETAPAS DEL PROCESO DE LA PLANTA

Se dará una explicación de cada uno de los procesos de la planta.

1. Sacrificio
2. Escaldado
3. Desplume
4. Evisceración
5. Apilamiento

#### a . SACRIFICIO

En este proceso los trabajadores le pasan el cuchillo de forma manual en la vena yugular del pollo para que desangre, para luego llevarlo al recipiente [6], [7].

#### b . ESCALDADO

De forma manual los trabajadores sumergen el pollo en un recipiente con agua muy caliente, con la finalidad de dilatar los folículos de la piel y permitiéndoles la

extracción de las plumas, la temperatura del recipiente es entre 75 a 80° y lo sumergen por 20 segundos [6], [7].

### **c . DESPLUME**

Los trabajadores después de retirar el pollo sumergido del recipiente proceden de forma manual realizar la extracción de las plumas del pollo [6], [7].

### **d . EVISCERACIÓN**

En este proceso los trabajadores extraen de forma manual las vísceras y menudencias del pollo, Con la finalidad de mejorar la conservación del pollo y vender las menudencias [6], [9]. Consta de tres pasos al para realizar esta etapa:

1. Abrir la cavidad intestinal a partir del rajado en la cloaca.
2. Extraer las vísceras de la cavidad gastrointestinal.
3. Lavar la cavidad vacía, las vísceras (intestinos, corazón, molleja, entre otras y demás menudencias (cabeza, pescuezo y patas), debido que la evisceración es necesaria desde el punto de vista higiénico, de esta manera se evita la migración de microorganismos a partir del intestino, también la aparición de olores y colores anormales del pollo [6], [9].

### **e . APILAMIENTO**

Es la última etapa del proceso de pollo donde los trabajadores colocan el pollo en gavetas para proceder su comercialización.

## **2.2.2 PROCESO DE LA PLANTA**

En la figura 2, muestra el paso de acciones del sistema de la planta de desplume, como todo sistema el inicio da comienzo al proceso de la planta, la siguiente función es el seteo de temperatura de la escaldadora, luego el controlador de temperatura revisa si el nivel de temperatura llego al nivel asignado para activar la alimentación dando el inicio al proceso de la planta, si no se llega tener la temperatura adecuada hay una retroalimentación que nos permite preguntar hasta llegar la temperatura indicada, luego se activa la banda transportadora moviéndose por toda la secciones de la planta, la primera sección del trayecto es la escaldadora donde se sumerge el pollo, después de un tiempo llega a la sección del desplume donde incluye un roció de agua para tener

un mejor desplume, al final llega al punto de control donde descuelgan y revisan los pollos para sí apilamiento.

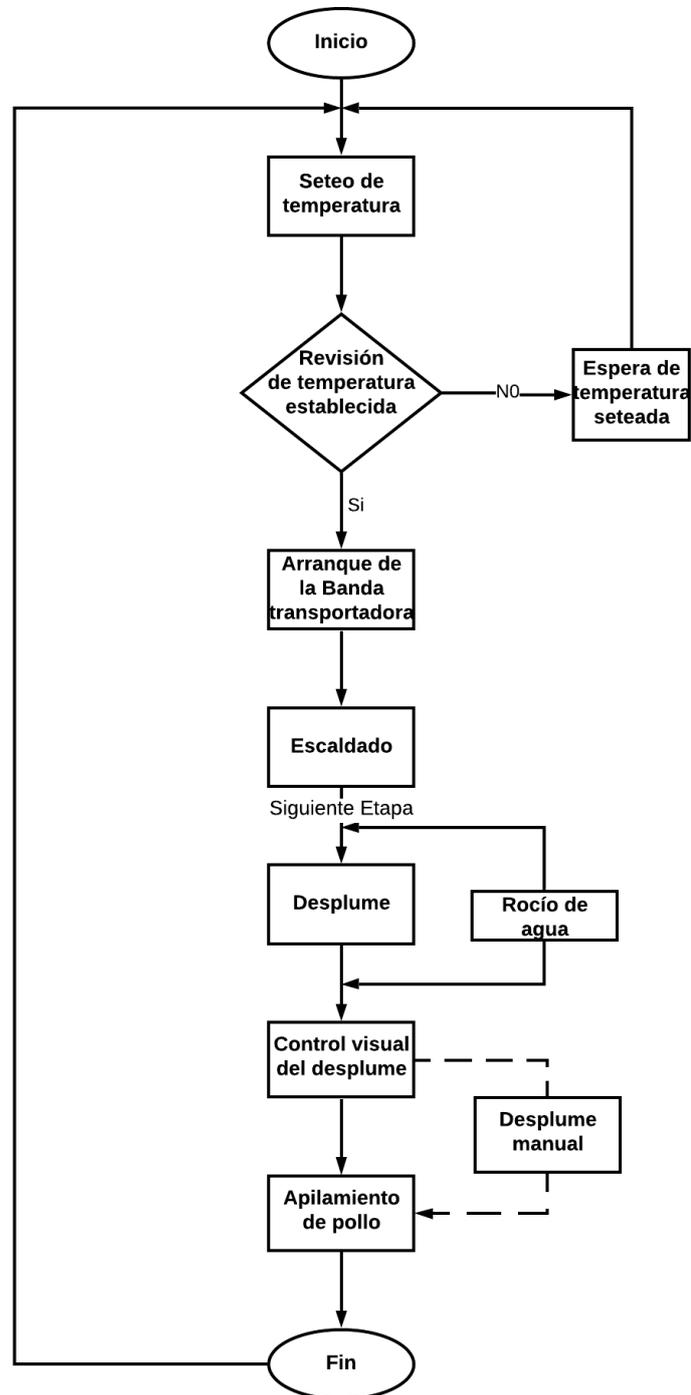


Figura 2: Flujograma de la planta.

Fuente: (Autores)

### 2.2.3 NECESIDAD Y VARIABLES A CONTROLAR

La necesidad del sistema es reducir el tiempo desplume, aumentar la producción, mejorar calidad e higiene del pollo, para proceso del sistema las variables controlar son: Posición de la banda, control de temperatura, velocidad de la desplumadora.

### 2.3 ELECCIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES

Para la selección de estos elementos se tomó en cuenta la disponibilidad del mercado como factor primordial porque el tiempo de mantenimiento de cualquier elemento debe ser el mínimo según las especificaciones de la empresa, porque el paro de producción prolongado puede generar el incumplimiento de la entrega del producto y por ende la pérdida de los clientes. El costo beneficio fue otro factor tomado en cuenta ya que el interés del proyecto es el diseño e implementación de la planta de acuerdo al presupuesto que dispuso la empresa.

Tabla 3: Visualización de características y precios de los sensores y actuadores

Material	Datos técnicos	Cantidad	Precio C/U	Precio Final
Motor Trifásico	Asíncrono 2HP 1775 Rpm 220 VCA	2	220	440
Variador de Frecuencia	Machtric 2HP Alimentación Monofásico	2	285	570
Electroválvula para gas propano	NC 1/2 Pulgada 10 bar	1	66	66
MT-512e - Full gauge controls	-50 a 105°C 115/230 VCA	1	80	80
Sensor temperatura tipo K	-50 a 250°C 7 a 50uV	1	20	20
Reductor ortogonal FCN75	250-300 kg 50:1	1	280	280
Interruptor termomagnético	Valores 16 A Tipo C Bipolares	4	15	60

Contactor trifásico	CHint 15 A Bobina 220 VCA 1 auxiliar NO	4	28	112
Chispero eléctrico	Bobina 220 VCA	1	20	20
Precio Total: 1639 Dólares Americanos				

#### **a . MOTOR TRIFÁSICO**

Son dos motores que están implementados en dos de los procesos del sistema, el primero en el giro de los tambores de la desplumadora y el segundo para el movimiento de la banda transportadora aérea. Son motores asíncronos de marca siemens, la alimentación de los motores es de 220 VCA, tienen una potencia de 2HP y una revolución de 1175 rpm [10].

#### **b . VARIADOR DE FRECUENCIA**

Estos dos elementos se utilizan para controlar la velocidad de los motores del proceso, un variador para la desplumadora y otro para la banda transportadora aérea, son de marca Machtric con una potencia de 2HP y una alimentación de 220 VCA [11].

#### **c . ELECTROVÁLVULA PARA GAS PROPANO**

La funcionalidad de la electroválvula en el sistema es controlar el paso de fluido de gas por la tubería de la escaldadora, este elemento es NC, tiene un consumo de corriente máxima de 0,3A y una alimentación de 110 VCA [12].

#### **d . MT-512E FULL GAUGE CONTROLS**

Dispositivo robusto que se implementó para controlar la temperatura de la escaldadora, el rango de funcionamiento es de -50 a 105°, soporta una potencia máxima carga de 2HP, trabaja a un voltaje de 115/230 VCA (50/60 Hz) [13]. [6].

#### **e . SENSOR TEMPERATURA TIPO K**

Este sensor mide la temperatura de la escaldadora, la temperatura de trabajo del sensor es de -50 a 250°, tiene un consumo de corriente máxima de 0,1A [13].

#### **f . REDUCTOR ORTOGONAL FCN75**

Este mecanismo de reducción se lo implemento para reducir los rpm del sistema, este modelo es de fijación patas fijas y de eje hueco, también es una caja de fundición gris altamente resistente a grandes esfuerzos y vibraciones [14]. Tiene una capacidad de soporte de carga de 250 hasta 300 kg y una reducción de 50:1.

#### **g . INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO**

Se agregaron 4 interruptores termomagnético en el gabinete para protección del sistema por su funcionalidad de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando esta detecta valores mayores de la carga permitida en el circuito, así a la vez protege los elementos conectados en el gabinete para el control de la planta [15]. 3 de los interruptores soportan una carga de 16 A y uno 10 A.

#### **h . CONTACTOR TRIFÁSICO**

Se agregaron 4 contactores en el gabinete con la funcionalidad de recibir una señal de activación del PLC para cumplir su función en los procesos de la planta, los elementos que está conectado a cada uno de los contactores son: la electroválvula, el chispero y los dos motores de la planta [15].

#### **i . CHISPERO ELÉCTRICO**

Dispositivo que proporciona la chispa para encender la llama de la escaldadora, su consumo de corriente es de 0,2A y su alimentación de la bobina es de 220 VCA [16].

### **2.4 DEFENICIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA**

Es un proceso de la automatización en el cual determina y dimensiona las variables a controlar en el sistema. Para el diseño de este se dividió las variables según sean entradas digitales, salidas digitales y entradas analógica como se muestra a continuación.

1. Variables de control del sistema; entradas digitales
2. Variables de control del sistema; salidas digitales
3. Variables de control del sistema; entradas analógicas

Las entradas digitales son las encargadas de monitorear el sistema mediante las señales que llegan a estas de los selectores del panel y de controlador de temperatura, dichas entradas solo tienen dos estados que son 0 o 1, dependiendo del PLC estas señales pueden ser AC o DC y pueden ser activadas por flancos o tensión constante según el requerimiento, el tipo de lectura por flancos o tensión constante de señal se determina en la programación del PLC.

Tabla 4: Variables de Control del Sistema; Entradas Digitales.

VARIABLES A CONTROLAR	NÚMERO DE ENTRADAS
Accionamiento Escaldadora	Entrada Digital 1 (I1)
Accionamiento de desplumadora	Entrada Digital 2 (I2)
Accionamiento de Banda	Entrada Digital 3 (I3)
Paro General	Entrada Digital 4 (I5)
Reset	Entrada Digital 5 (I6)
Control de Temperatura	Entrada Digital 6 (I7)
Posición de la Banda	Entrada Digital 7 (I8)

Las salidas digitales de un PLC tienen dos estados abierto o cerrado, estas se encargan de encender o apagar los actuadores del sistema. Por ejemplo, en el accionamiento de la electroválvula que se alimenta por un contactor y que este a su vez es controlado por la salida del PLC conectada a la bobina de este contactor (A1).

Tabla 5: Variables de Control del Sistema; Salidas Digitales

VARIABLES A CONTROLAR	NÚMERO DE SALIDAS
Alimentación Controlador de Temperatura	Salida Digital 1 (Q1)
Accionamiento Electroválvula	Salida Digital 2 (Q2)
Accionamiento Chispero k	Salida Digital 3 (Q3)
Accionamiento Variador de Frecuencia No 1	Salida Digital 4 (Q4)
Accionamiento Variador de Frecuencia No 2	Salida Digital 5 (Q5)
Luz Piloto de Banda	Salida Digital 6 (Q6)
Luz Piloto de desplume	Salida Digital 7 (Q7)

Las variables analógicas muestran niveles de estado representado en un valor de voltaje 0 a 10 voltios, en este caso se representa la temperatura de la escaldadora en grados centígrados. Otras señales que se tienen son las de control de velocidad de los variadores de frecuencia dadas por un potenciómetro. Finalmente se muestra la denominación asignada a cada una de las variables a controlar.

Tabla 6: Variables de Control del Sistema; Entradas Analógicas

VARIABLES A CONTROLAR	NÚMERO DE ENTRADAS
Sensor de Temperatura	Entrada Analógica 1 (A1)
Potenciómetro No1	Entrada Analógica 2 (FIV, V1)
Potenciómetro No2	Entrada Analógica 3 (FIV, V2)

### 2.4.1 ESTRUCTURA DEL SUBSISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN

Se realiza la estructura del subsistema de instrumentación con el objetivo de ilustrar la relación entrada/salida tanto digital como analógico que pertenece al proceso de la planta para la adquisición de información, como se puede ver en la figura 3 muestra una serie de elementos que caracterizan el subsistema de instrumentación como: actuadores, sensores, elementos de control y acondicionamiento de señales.

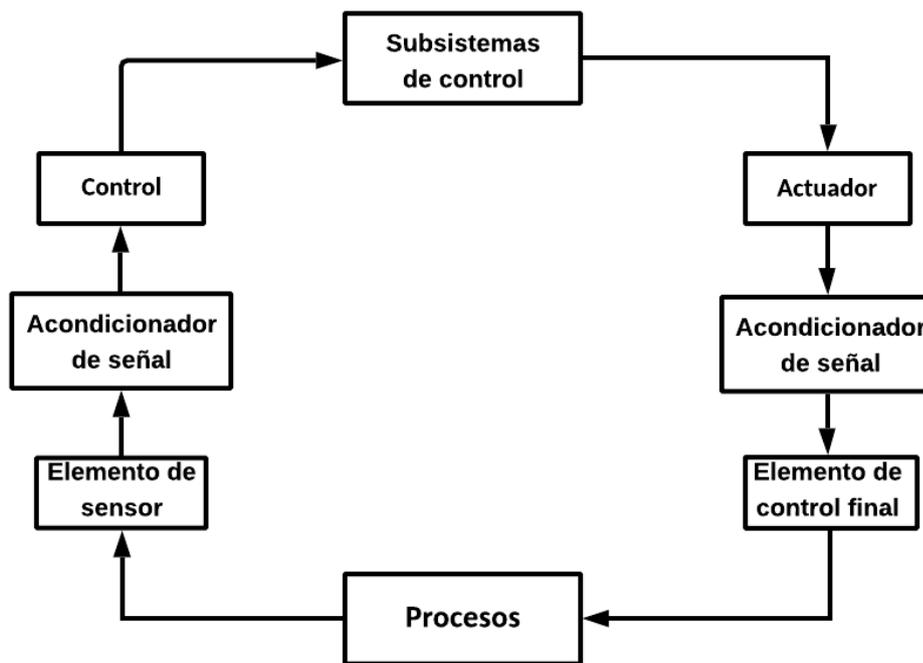


Figura 3: Dispositivo de instrumentación de entradas y salidas del sistema..

Fuente: (Autores)

En la figura 4, ilustra los siguientes elementos: un potenciómetro para variar la velocidad de la banda transportadora y el segundo la velocidad de la desplumadora, el sensor temperatura tipo "k" tiene la función de tomar datos de temperatura de la escaldadora para después visualizar el valor en el controlador y abrir el relé de control cuando llegue al parámetro establecido o cerrar el relé cuando el valor es menor al establecido.

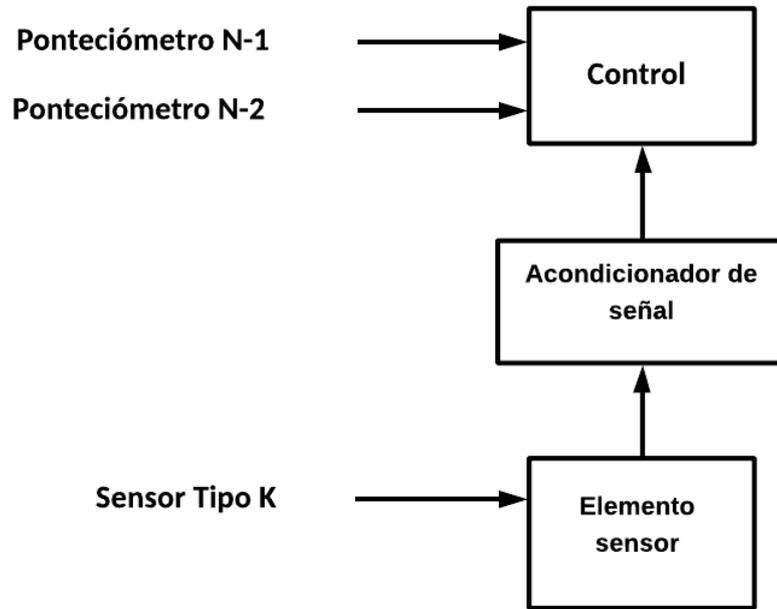


Figura 4: Dispositivo de instrumentación de entradas analógicas y digitales de la planta.  
Fuente: (Autores)

En la figura 5, ilustra la instrumentación de salida del sistema: los variadores, la electroválvula de gas propano y el chispero eléctrico. En acondicionamiento de señales para la salida está el controlador de temperatura y en elementos de control final del sistema está la velocidad de la banda transportadora, control de gas y la velocidad de la desplumadora.

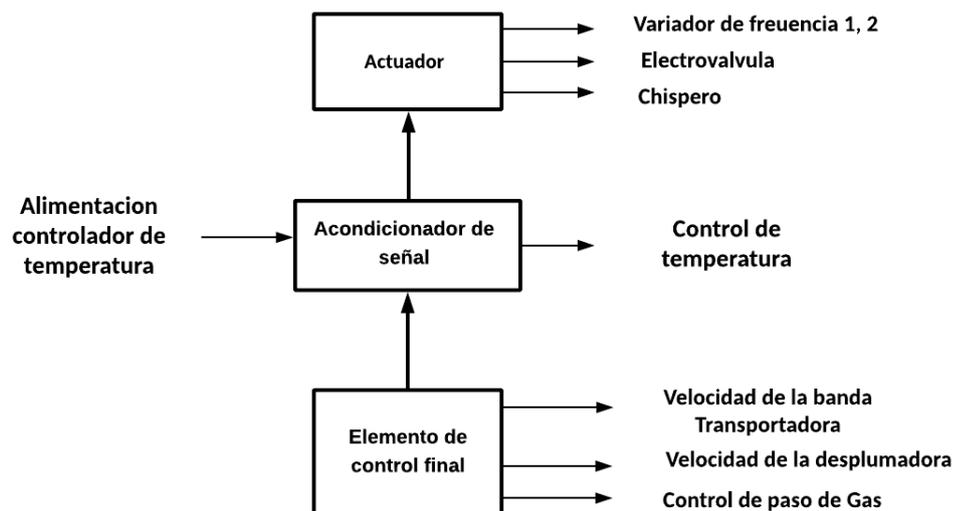


Figura 5: Dispositivo de instrumentación de salidas analógicas y digitales de la planta.  
Fuente: (Autores)

## 2.5 CONTROLADOR

Tabla 7: Precio del controlador y módulo de ampliación.

Material	Datos técnicos	Cantidad	Precio C/U	Precio Final
PLC logo V8 230RCE	8E/4S 85 a 265 VCA Salidas max. 10 A	1	210	210
Unidad de ampliación Logo V8	modelo 110-220 RC 4E/4S Salidas max. 10 A	1	185	185
Precio Total: 395 Dólares Americanos				

### 2.5.1 PLC LOGO V8 230RCE

Se realiza Este módulo lógico inteligente programable se lo eligió por sus características, confiabilidad y sus compatibilidades con diferentes módulos de ampliación según la necesidad, se desarrolló la programación en el software logo soft confort v8.2. Característica del mini PLC es un modelo logo V8 de marca siemens de 8E/4S, Compatible para agregar módulos de ampliación, alimentación 110/220 VCA, con un soporte de consumo en las salidas hasta máximo 10A [17].

### 2.5.2 UNIDAD DE AMPLIACIÓN LOGO V8

Se agregó un módulo de ampliación por la falta de salidas digitales, este módulo es un modelo 110-220 RC que consta de 4E/4S digitales, con una alimentación 110/220 VCA [17].

## 2.6 DISEÑO DE LAS MÁQUINAS AUTÓMATAS DEL SISTEMA

### 2.6.1 DISEÑO DE LA ESCALDADORA

En la figura 6, muestra el diseño de la escaldadora con sus respectivas medidas internas y externas, el largo de la maquinaria depende de dos motivos: el primer motivo es la cantidad de producción de pollo desplumado, segundo motivo es el tiempo que va ser sumergido el pollo para un buen desplume.

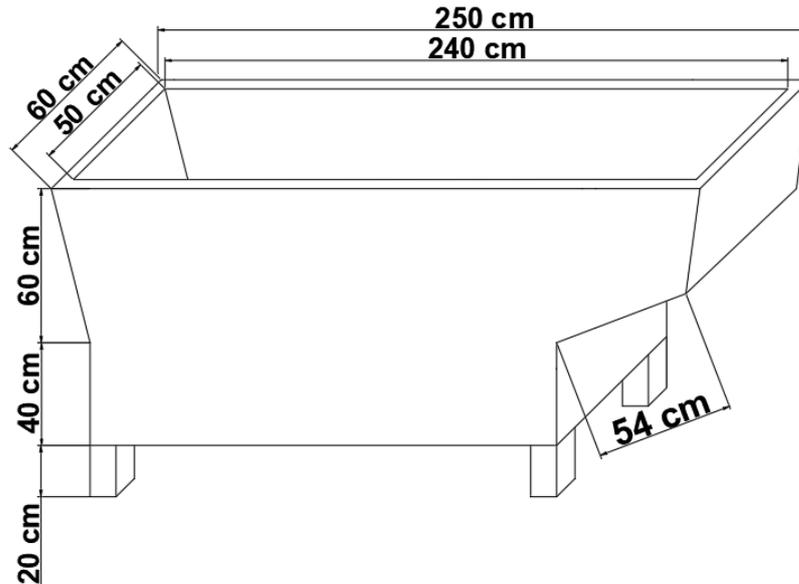


Figura 6 : Diseño de la escaldadora.  
**Fuente:** (Autores)

En la figura 7, visualiza la escaldadora construida en acero inoxidable, incluye un sistema de aislamiento de temperatura para seguridad si alguien llega tener contacto con la estructura, dos flautas para la conducción del gas, una electroválvula de gas propano que permite el control del paso del gas, un chispero eléctrico que recibe señal del PLC para encender las llamas y por ultimo un sensor de temperatura tipo k que mandas señal de valores de temperatura al controlador.



Figura 7: Máquina escaldadora.  
**Fuente:** (Autores)

## 2.6.2 DISEÑO DE LA DESPLUMADORA

Se seleccionó un sistema basado en tambores por la facilidad del diseño, colocación de los dedos hules y por el rendimiento al desplumar. El sistema mecánico y electrónico de la maquinaria es simple y estable, lo que permite realizar un mantenimiento fácilmente después de un prolongado tiempo. En la figura 8, muestra el diseño de la máquina desplumadora indicado las medidas, esta máquina cumple con las protecciones y seguridad para evitar accidentes con los trabajadores.

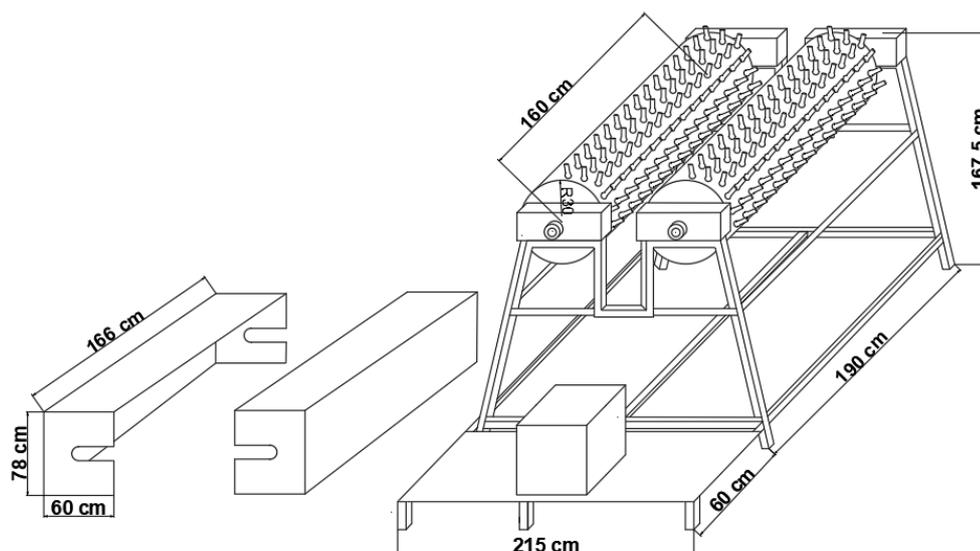


Figura 8: Diseño de la desplumadora.

**Fuente:** (Autores)

En la figura 9, se puede visualizar la construcción de la máquina desplumadora, donde tiene dos tambores en acero inoxidable, una estructura de tubo cuadrado galvanizado de una pulgada como soporte con el objetivo de resistir el movimiento de giro de los tambores.



Figura 9: Máquina desplumadora con tambores horizontales.  
Fuente: (Autores)

### **2.6.3 DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA BANDA TRANSPORTADORA AÉREA**

El sistema estará compuesto por un monorriel, una cadena que cubra todo el perímetro del monorriel, un reductor para llegar a una revolución muy baja, poleas de transmisión, volante de arrastre, garruchas con su respectiva paleta para transportar el pollo

#### **a . DISEÑO DEL MONORRIEL**

El diseño del monorriel de la banda transportadora fue otorgado por la empresa, se le realizó modificaciones debido que el diseño solo está el proceso de la escaldadora, en el proyecto se debe tomar en consideración el espacio del proceso de la desplumadora. Como se puede ver en la figura 10, para los cambios se tomaron en consideración: la cantidad de pollos al desplumar, la distancia entre procesos, el sistema de arrastre para el movimiento. La altura del monorriel es de 1.9 metros.

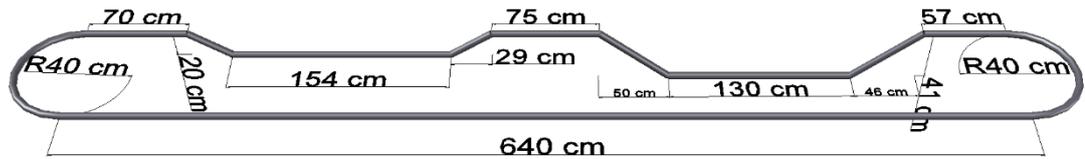


Figura 10: Diseño del monorriel.

Fuente: (Autores)

En la figura 11, muestra la construcción del monorriel de la banda transportadora, el acabado es de acero galvanizado, se toma en consideración la distancia entre garruchas para colocar las 62 garrucha a lo largo del monorriel.



Figura 11: Construcción del monorriel.

Fuente: (Autores)

## b . DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

El sistema de transporte se encargará de llevar los pollos por las diferentes etapas para su desplume. El sistema consiste de los siguientes elementos: garruchas, cadena de arrastre, paleta para sujeción del pollo, dos poleas de transmisión y volante de arrastre, este último es que se encarga de generar el desplazamiento de las garruchas a través del monorriel como se puede ver en la figura 12.

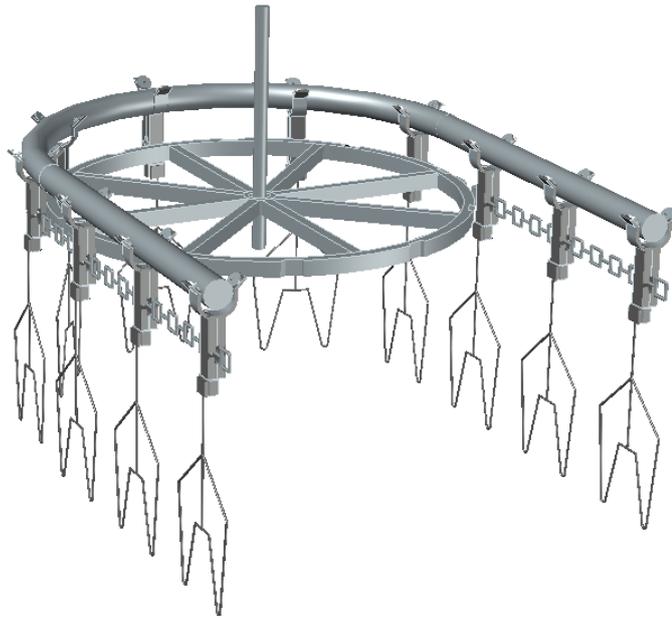


Figura 12: Diseño del sistema transporte para el desplazamiento de pollos.  
**Fuente:** (Autores)

### c . DISEÑO DE LAS GARRUCHAS

Se fabricó y diseño en base al ancho del monorriel y el tamaño deseado. Como se puede ver en la figura 13, el diseño de la garrucha es para un tubo de 2 pulgadas, tiene un acabado en platina galvanizada aparte una pasada de pintura anticorrosiva.

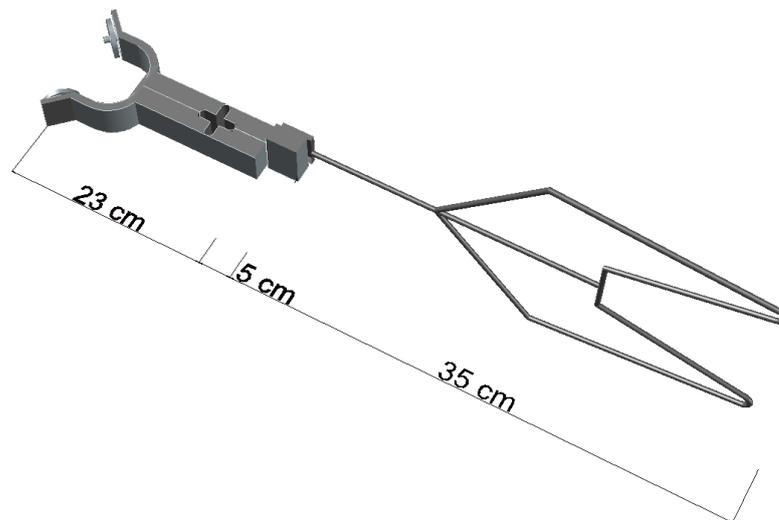


Figura 13: Diseño de la garrucha.  
**Fuente:** (Autores)

#### **d . DISEÑO DE POLEA DE TRANSMISIÓN**

Este elemento se lo fabrico mediante el radio del monorraiel de la curva, el radio de la polea de transmisión tiene que ser exacto porque el movimiento de arrastre es a través al contacto de la polea con las garruchas al quedar enganchado en los orificios, como se puede ver en la figura 14.

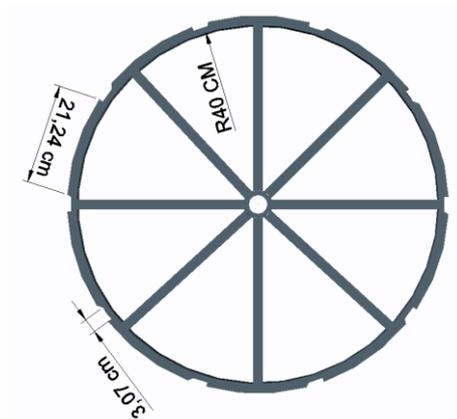


Figura 14: Diseño de la polea de transmisión.  
**Fuente:** (Autores)

#### **e . DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE ARRASTRE**

En la construcción y diseño del sistema de arrastre se tomó en consideración lo siguiente: la reducción del sistema, la revolución mínima que puede llegar el motor con el variador de frecuencia, el uso de un arreglo de poleas para reducir la velocidad en la entrada del reductor o el uso de dos reductores, el inconveniente del segundo es que el costo es muy elevado, pero permite mayor maniobra del sistema, por limitaciones del presupuesto se implementó el primer sistema. En la figura 15, muestra los elementos mecánicos para el funcionamiento del sistema de arrastre con arreglo de poleas.

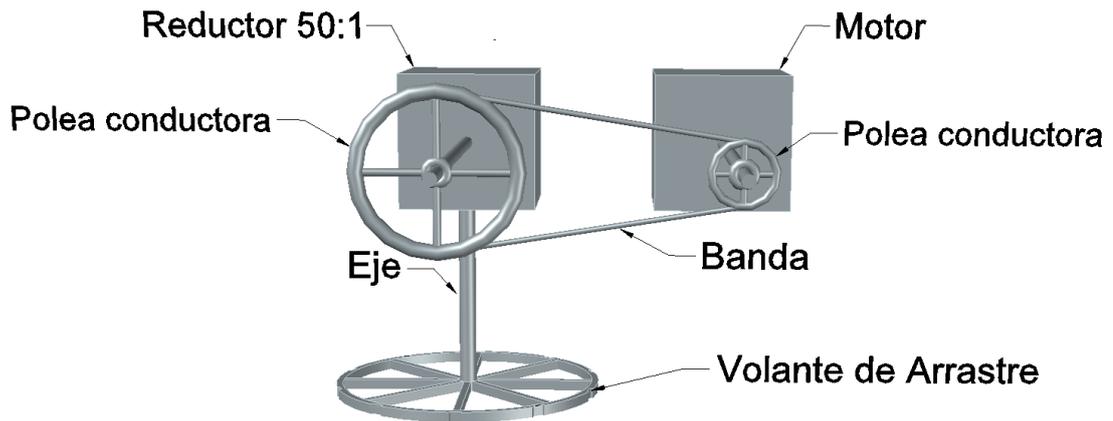


Figura 15: Bosquejo del diseño del sistema de arrastre.  
**Fuente:** (Autores)

Este cálculo determina que revolución debe tener la banda transportadora y la distancia que demora cada revolución.

$$S = r * \theta$$

$$= 0,018 \text{ m} * 2\pi$$

$$= 1,1309 \text{ [m]}$$

[18].

$$\eta = \frac{dp}{s}$$

$$= \frac{1,4}{1,1309}$$

$$= 1,24 \text{ [rpm]}$$

[18].

Masa estimada total cuando la planta esté trabajando 100% funcional.

El pollo promedio para desplume comercial es de 5.5lb.

La banda transportadora tiene 62 garruchas, el peso de la garrucha con su acople es de 1lb.

$$Mt = 62 \text{ lb} + 314 \text{ lb}$$

$$= 403 \text{ lb}$$

$$= 192,798 \text{ [kg]}$$

Cálculo del peso de cada elemento.

$$Pe = \frac{Mt * g}{ne}$$

$$= 28,92 \text{ [N]}$$

[18].

## 2.7 DISEÑO DEL SOFTWARE Y PANEL DE CONTROL

Primero se realizó la simulación de la Planta de desplume con sus elementos en el software Cade-Simu, para comprobar la funcionalidad del sistema, a continuación, en la figura 1, muestra una imagen de la simulación.

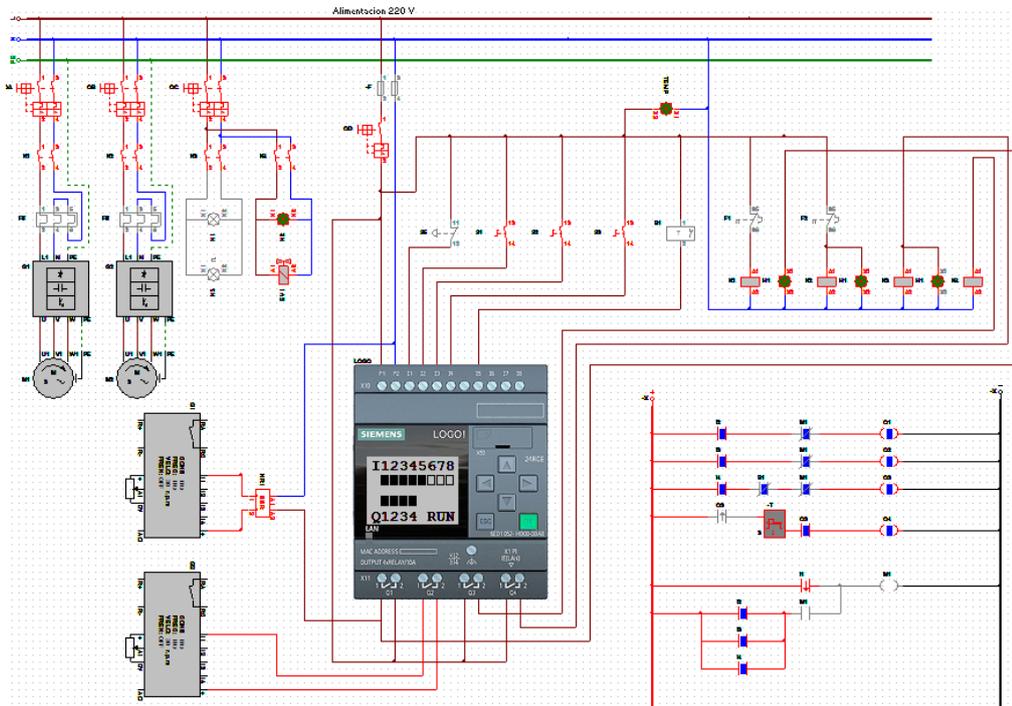


Figura 16: Simulación de la parte electrónica del sistema.

Fuente: (Autores)

Cuando se comprobó la funcionalidad en la simulación se procedió al diseño del panel de control en el software AutoCAD, en el montaje se utilizó un gabinete

industrial con las siguientes medidas 60 cm de largo, 40cm de ancho y 20cm de fondo, con los siguientes elementos.

1. Gabinete industrial
2. PLC logo V8 230RCE
3. Unidad de ampliación logo v8 230RCE
4. 2 Variador de frecuencia de 2hp
5. MT-512e- full gauge control
6. 4 Interruptor termomagnético
7. 4 Contactor trifásicos
8. 2 Relés Térmicos
9. Bornera para riel din

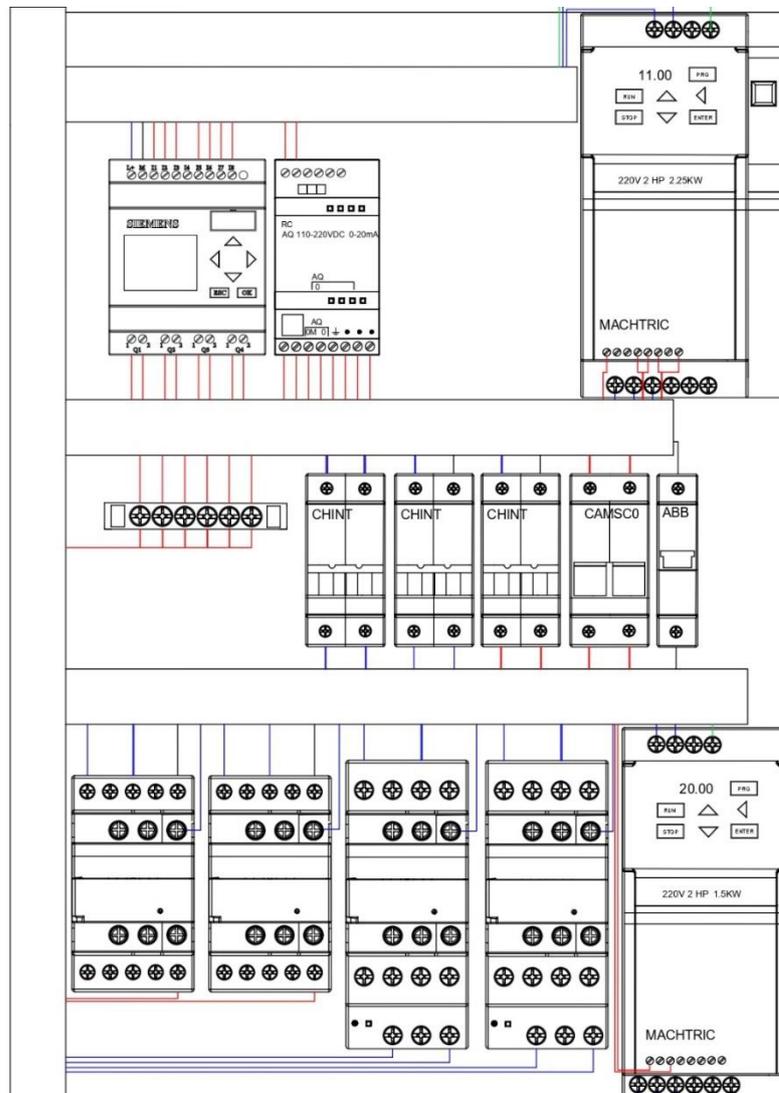


Figura 17: Diseño de Panel de Control.

Fuente: (Autores)

Después se realizó el cálculo de la sección de conductores para cada uno de los motores. En la alimentación del panel se utilizó cable 10 AWG, para las diferentes derivaciones y alimentación de dispositivos cable 12AWG, finalmente para las señales cable 18 AWG.

$$I_t(A) = \frac{\text{Potencia (W)}}{\sqrt{3} * V * \cos \phi}$$

$$= \frac{2373}{\sqrt{3} * 220 * \cos 0,81}$$

$$= 9,03 [A]$$

[19].

$$\text{Longitud de motor1} = L = 7.5 [m]$$

$$\text{Longitud de motor2} = L = 7 [m]$$

$$\text{Resistividad del cobre} = \rho = 0.018$$

Cálculo de calibre de cable para el motor de la desplumadora.

$$S_1(mm^2) = \frac{\sqrt{3} * I_t * \rho * L}{\Delta E}$$

$$= \frac{\sqrt{3} * 9.03 * 0,018 * 7.5}{6.6}$$

$$= 0,31 [mm^2] \approx 3,3 [mm^2] \approx 12AWG$$

[19].

Cálculo de calibre de cable para el motor de la banda transportadora aérea.

$$S_1(mm^2) = \frac{\sqrt{3} * I_t * \rho * L}{\Delta E}$$

$$= \frac{\sqrt{3} * 9.03 * 0,018 * 7}{6.6}$$

$$= 0,297 [mm^2] \approx 3,3 [mm^2] \approx 12AWG$$

Para la alimentación de los motores se utilizó cable número 12 AWG, según el cálculo de la sección de conductores se obtuvo un valor de 3.3 milímetros cuadrados aproximadamente para ambos y la corriente total de 9.3 [A], ya que ambos motores son siemens 2 [HP] y 1775 [rpm]. Para la protección de los conductores se agregó sus respectivas protecciones en cada elemento del sistema como los interruptores termomagnéticos bifásicos de 16 [A] para cada motor, uno de 16 [A] bifásicos para la electroválvula, otro de 16 [A] para el chispero, un relé térmico monofásico para las señales del sistema de 16 [A], una fusilera con fusibles de 2A para protección del autómatas programable Siemens Logo V8.

# **CAPÍTULO 3: PRUEBAS Y CORRECCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO**

## **3.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo especifica los ajustes que se realizaron en el sistema de la planta desplumadora para obtener un mejor desplume de pollo, para esto se modificaron los parámetros: la temperatura de la escaldadora, la velocidad de la banda transportadora, la velocidad de giro de la desplumadora. A continuación, se muestra los resultados obtenidos en 5 días de trabajo con sus respectivos valores de calibración.

## **3.2 CALIBRACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LOS PROCESOS**

El tiempo que tarda un pollo en dar una vuelta completa es considerado un ciclo, este tiempo depende de la velocidad del volante de arrastre y la distancia del monorriel, que en este caso es de 15.7 metros. Para definir el tiempo que dura un ciclo, se ajusta la velocidad del variador de frecuencia conectado al sistema de reducción de cual depende la velocidad final del volante de arrastre.

Para determinar el porcentaje de desplume se divide en 3 secciones el pollo: primera sección la pechuga, segunda sección la rabadilla y piernas, la última sección espalda y alas. Mediante una inspección visual se determina el porcentaje del desplume [20].

Para determinar el porcentaje de lesión en la piel se evaluaron los siguientes parámetros [20], [21], el valor de lesión se lo determino de manera visual:

1. Contusiones y moretones en la piel
2. Pigmentación en la Epidermis y rotura de piel
3. Patas rotas
4. Alas rotas

Como pueden ver en las tablas a continuación, se realizaron varias pruebas con diferentes temperaturas y velocidades del sistema de arrastre para lograr determinar

los parámetros adecuados para el desplume, cabe destacar que todas las pruebas se realizaron con pollos de un peso de entre 4 y 6 libras.

Tabla 8: Día 1 de ajuste de parámetros

Velocidad del sistema de arrastre (rpm)	Peso promedio del pollo	Temperatura (°C)	Velocidad de la desplumadora (rpm; Hz)	Porcentaje (%) de desplume
3.5	4.5	58	525;35	65
3.5	5.5	58	450;30	60
3.5	5.2	58	375;25	55
3.5	4.9	58	300;20	50

Al terminar las pruebas del primer día se puede observar en la Tabla 8, que los valores de desplume son muy bajos con un promedio de 57.5% y que el mejor resultado se obtuvo con la velocidad de la desplumadora de 525 rpm.

Tabla 9: Día 2 de ajuste de parámetros

Velocidad del sistema de arrastre(rpm)	Peso promedio del pollo	Temperatura (°C)	Velocidad de la desplumadora (rpm; Hz)	Porcentaje (%) de desplume
3.5	4.6	62	525;35	75
3.5	5.5	62	450;30	65
3.5	4.8	62	375;25	60
3.5	5.3	62	300;20	55

En el segundo día de trabajo se decidió aumentar el valor de la temperatura de la escaldadora para intentar mejorar el porcentaje del desplume, al finalizar las pruebas se observa una mejora en el desplume como se muestra en la Tabla 9, obteniendo un promedio de 63.75%.

Tabla 10: Día 3 de ajuste de parámetros

Velocidad del sistema de arrastre(rpm)	Peso promedio del pollo	Temperatura (°C)	Velocidad de la desplumadora (rpm; Hz)	Porcentaje (%) de desplume
3.5	4.7	66	525;35	85
3.5	4.9	66	450;30	80
3.5	5.1	66	375;25	75
3.5	4.6	66	300;20	70

Al ver la mejora de desplume del segundo día se decidió seguir aumentando la temperatura de la escaldadora, como se esperaba el porcentaje de desplume aumento como se puede ver en la Tabla 10, obteniendo un promedio 77.5%.

Tabla 11: Día 4 de ajuste de parámetros

Velocidad del sistema de arrastre (rpm)	Peso promedio del pollo	Temperatura (°C)	Velocidad de la desplumadora (rpm; Hz)	Porcentaje (%) de desplume
3.5	4.8	70	525;35	90
3.5	5.3	70	450;30	85
3.5	5.1	70	375;25	85
3.5	4.9	70	300;20	80

El cuarto día se decidió aumentar más la temperatura con lo que se observó una mejora considerable en el porcentaje de desplume de pollo como se puede ver en la Tabla 11, obteniendo un promedio 85%

Tabla 12: Día 5 de ajuste de parámetros

Velocidad del sistema de arrastre (rpm)	Peso promedio del pollo	Temperatura (°C)	Velocidad de la desplumadora (rpm; Hz)	Porcentaje (%) de desplume
3.5	4.6	78	525;35	95
3.5	5.1	78	450;30	90
3.5	5.3	78	375;25	85
3.5	4.8	78	300;20	85

Finalmente se puede observar en la Tabla 12, un desplume casi total con un promedio de desplume de 87.5% el más alto de los 5 días, pero al observar los pollos se aprecia roturas y despigmentación en la piel para las 4 pruebas de velocidad del sistema, en las 2 velocidades altas el caso es más evidente y en las 2 velocidad bajas fue en algunos pollos.

### 3.3 PRUEBAS DE CONSUMO DEL SISTEMA EN VACÍO Y EN CARGA

La toma de datos de consumo eléctrico se realizó mediante el uso de una pinza amperimétrica, para esto se colocó dicho instrumentó en la línea de alimentación de los dispositivos en vacío y con carga, a continuación, se muestra dichas mediciones y el consumo aproximado de potencia eléctrica. Con esto se puede obtener un valor aproximado del consumo mensual de la planta. A continuación, en la Tabla 13,

especifica el consumo de cada elemento del sistema de desplumado, con la finalidad de ver el consumo mensual de la empresa “Los Ciruelos”.

Tabla 13: Consumo de Energía eléctrica en la planta desplumadora

Elemento	Vacío (A)	Carga (A)	P. Vacío (w)	P. Carga (w)
Motor Desplumadora	4.5/210	5.4/210	945	1134
Motor Banda	4.8/210	5.5/210	1008	1155
Chispero	0.03/210	0.1/210	6.3	21
Electroválvula	0.09/210	0.3/210	18.9	65
TOTAL	9.42/210	11.3/210	1978.2	2373

$$\begin{aligned}
 \text{ConsumoMensual} &= \text{Potencia (W)} * \text{Horas diarias} * \text{Dias de uso} \\
 &= 2373W * 2h * 30d [A] \\
 &= 213,570 [KWh/mes]
 \end{aligned}$$

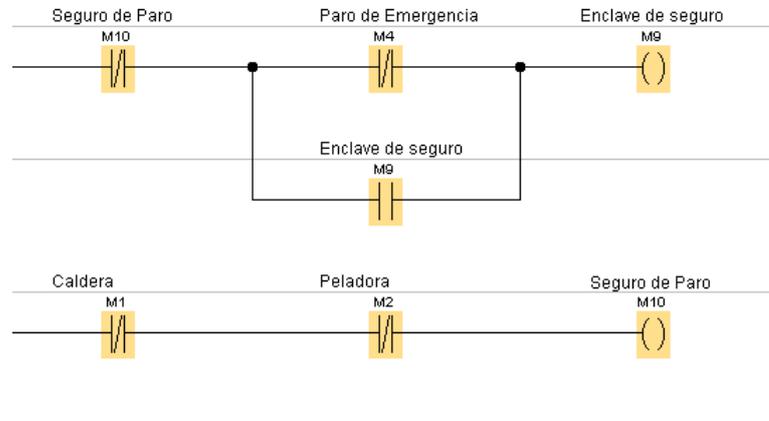
Los valores con carga fueron medidos con los valores finales de calibración del sistema, que son los que se muestran a continuación en la Tabla 14.

Tabla 14: Valores calibrados de variables del sistema

Temperatura del escaldado	70 (°C)
Velocidad de la desplumadora	375 (rpm)
Velocidad de la banda	3.5 (rpm)

### 3.4 SEGURIDAD DEL SISTEMA DE DESPLUME

La seguridad en el proceso es primordial para los componentes del sistema y la manipulación de la persona, los más importante en una planta es el botón de paro general porque si ocurre un accidente en la planta este elemento para toda el sistema, pero en caso de que este se active y alguien lo desactive andes de solucionar el suceso en la planta el sistema no funcionara, debido a la condición que se generó en el software en caso que el sistema se pulsa paro no se podrá iniciar el proceso hasta que no se apague todo los selectores del panel y solo así se podrá iniciar el proceso.



Despues de presionar el Paro general de emergencia es necesario que todo se apague para poder encender de nuevo.

Figura 18: Sistema de seguridad para el paro de emergencia.  
Fuente: (Autores)

### 3.5 OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN

La producción manual de la planta utiliza 8 trabajadores para el desplume teniendo una producción de 110 de pollos desplumados diariamente en un tiempo de dos horas, con la implementación de la automatización en la planta se utiliza la mitad del personal, es decir 4 personas para el desplume de 110 en un tiempo de una hora aproximadamente, con lo que se optimizo el uso del personal y el tiempo de producción se redujo a la mitad.

### 3.6 RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN

Para el análisis de la actividad de la inversión se aplicará el método de recuperación de inversión (PRI), el valor actual neto (VAN) y la tasa de retorno (TIR), como se muestra a continuación en las siguientes tablas.

En la Tabla 15, muestra la inversión total para automatizar la empresa “Los Círuelos”, se detalla el valor de la inversión en cada uno de los procesos de la planta.

Tabla 15: Inversión total de la automatización

Sistemas	Elemento	Precios
Sistema de la escaldadora	Escaldadora	1500 \$
	Instalación	210\$
	Electroválvula para gas propano	66\$
	Chispero eléctrico K	20\$
	Sensor Temperatura tipo k	20\$
Sistema de la desplumadora	Desplumadora	1400\$
	Instalación	200\$
	Motor trifásico	220\$
Sistema de transportadora	Banda trasportadora	2500 \$
	Instalación	1300 \$
	Motor trifásico	220\$
	Reductor ortogonal FCN75	280\$
Panel de control	Gabinete industrial	65 \$
	PLC logo V8 230RCE	210 \$
	Unidad de ampliación logo v8	185 \$
	2 Variador de frecuencia	570\$
	MT-512e- full gauge controls	80\$
	4 Interruptor termomagnético	60\$
Conductores eléctricos	4 Contactor trifásico	112\$
	Cables AWG 10	120 \$
	Cables AWG 12	75\$
Instalación eléctrica	Cables AWG 18	45\$
	Mano de obra	400 \$
	Materiales	240 \$
Precio Total: 10100 Dólares Americanos		

Para la realización del PRI, se tomó las siguientes consideraciones, el precio de venta del pollo en pie por los proveedores está en 0,55\$ centavos la libra dado que tiene convenio con un proveedor de pollo a un mismo precio por varios años, el dueño de la empresa vende el pollo desplumado en 0.73\$ centavos la libra y el desmenuzado en 0.60\$ centavos por libra. El peso promedio del pollo en pie que adquiere la empresa es un promedio de 5.5 libras por eso se tomó de referencia dicho valor para hacer los cálculos como ilustra la Tabla 16.

Tabla 16: Recuperación de Inversión (PRI)

Mes No	Venta del pollo	Compra del pollo	Sueldo del personal	Gasto transporte	Gasto de luz y agua	Flujo Neto caja	Salida final
0	0	0	0	0	0	0	-10100
1	18150	13411	9982	180	60	1189	-8911
2	18150	13411	9982	180	59	1190	-7721
3	18150	13411	9982	180	62	1187	-6534
4	18150	13411	9982	180	60	1189	-5345
5	18150	13411	9982	180	58	1191	-4154
6	18150	13411	9982	180	61	1188	-2966
7	18150	13411	9982	180	63	1186	-1780
8	21450	15856	11797	180	62	1817	37
9	21450	15856	11797	180	65	1814	1851
10	21450	15856	11797	180	68	1811	3662
11	21450	15856	11797	180	69	1810	5472
12	21450	15856	11797	180	76	1803	7275
13	24750	18319	13612	180	79	2448	9723
14	24750	18319	13612	180	80	2447	12170
15	24750	18319	13612	180	81	2446	14616
16	24750	18319	13612	180	82	2445	17061

En la Tabla 17, Estos valores calculados indican lo viable y rentable del proyecto, ya se trata de recuperar el dinero de la inversión en el menor tiempo posible.

Tabla 17: Valores logísticos

PIR	7 Meses y 29 días
VAN	3.526,85\$
TIR	12 %

# **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **4.1 INTRODUCCIÓN**

Con la automatización de la planta se aprecia un incremento en la producción, mejor calidad en el producto, disminución del tiempo en el proceso de desplumado del pollo, mayor cumplimiento en la higiene y salubridad. Ya que el desplume se realiza con un proceso automatizado así disminuyendo el contacto del trabajador con el pollo. También el trabajador tendrá un mejor ambiente laboral al no estar en contacto en ciertos procesos debido que al tiempo le puede causar daño como: el agua caliente de la escaldadora. El implemento del control de velocidad de la desplumadora facilita variar la velocidad del motor permitiendo así encontrar el parámetro más adecuado para el desplume, así evitar el maltrato y rotura en la epidermis del pollo.

Con la realización de diferentes pruebas de temperatura en la escaldadora, se determina que entre más elevada la temperatura tiene un mejor desplumado el pollo, pero se debe tener en cuenta el tiempo que estará sumergido el pollo, porque en temperaturas elevadas entre más tiempo este sumergido la epidermis del pollo sufrirá una cocción y al momento de entrar por una desplumadora la piel se romperá con mayor facilidad. Entonces para un óptimo desplume se debe tener en cuenta los siguientes parámetros: el tiempo de sumersión, la temperatura de la escaldadora, la velocidad de la desplumadora.

Se logró disminuir el tiempo de producción a la mitad con promedio de 110 pollos/h desplumados, con el uso de 4 trabajadores los cuales se encargan del sacrificio, colgado y eviscerado. Se realizaron varias pruebas para llegar a un porcentaje de desplume del 85 % por pollo, el valor es válido para el desplume de pollos entre 4 a 6 libras siendo el peso promedio que adquiere la empresa para el desplume.

Se pudo realizar pruebas del consumo en el sistema en pleno trabajo, a través de las tomas de datos se concluyó que el sistema está a prueba de sobrecargas y fallas que pueden venir del exterior.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda encontrar los parámetros adecuados en cada una de las etapas para tener un buen desplume de pollo, siempre teniendo en cuenta que el parámetro varía según el entorno de trabajo y el tamaño de la máquina automática.

Tener en cuenta para llegar a velocidades bajas para la banda transportadora es indispensable utilizar un reductor aparte del variador de frecuencia, porque nos permite trabajar a velocidades muy bajas como de 1.5 a 10 rpm todo depende de la necesidad del proceso, debido que facilita el transporte de manera eficiente en cada uno del proceso para el desplume del pollo.

Es importante poner un variador o sistema mecánico a la desplumadora, para ver qué velocidad es la más indicada para desplumar el pollo, porque si no se tiene bien el parámetro puede llegar a causar diferentes pigmentaciones en la piel y rotura de piel en el pollo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sorrentino. (2014). Evaluación nutricional y sensorial en Pollo de campo e Industrial, Buenos Aires.
- [2] Maiz y Soya. (mayo 2020). Agua es vital para producción de proteína animal, Sección: cada año en Ecuador aumenta consumo de pollo y huevos.
- [3] Agrocalidad EC. (noviembre 2016). Faenamiento artesanal de aves, 10/10/2019, de EcuadorEsCalidad Sitio web: [https://www.youtube.com/watch?v=M015XalcWvg&ab\\_channel=AgrocalidadEC](https://www.youtube.com/watch?v=M015XalcWvg&ab_channel=AgrocalidadEC).
- [4] Natalia S. Almada, Zulma E. Canet, Marina Barros. (2018). Faena de aves guía de buenas prácticas para el uso del faenador de aves INTA - SENASA.
- [5] R. C. Elizondo. (Noviembre 2010). Control Electrónico para las etapas de Escaldado y Desplumado en una Planta Procesadora para pollo, TEC, Cartago.
- [6] A. F. V. Á, (2018). Estudio de Pre factibilidad para la fabricación de una máquina desplumadora de pollos para el uso de pequeños avicultores, fundación Universidad de América Facultad de educación permanente y avanzada, Bogotá.
- [7] E. R. L. C. y P. A. J. (2011). Diseño, Instalación y automatización de un sistema aturridor y pelado de pollos para la empresa P.D.J, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- [8] Ing. Fabio G. Nunes. (febrero 2008). El ABC del Escaldado y Desplumado. 10/7/2020, de Engormix Sitio web: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/abc-escaldado-desplumado-t27452>.
- [9] V.F.G.Montero. (2017). Propuesta de gestión para la optimización de procesos productivos en una planta de beneficio de pollo de engorde tipo amarillo, Universidad del Azuay, Cuenca.
- [10] Fitzgerald, A.E., Kingsley, C., Umans, S. (2003). Electric Machinery, sexta Edición, Mc.Graw Hill, International Edition.
- [11] Chint, (2010-2011). Contactores, Relés, Arrancadores. 11/8/2020, de Chint Sitio web: <http://www.chint.net/uploads/files/2011060216082124.pdf>.

- [12] Altec. (2010). «¿Qué son las Electroválvulas?,» Altec Alta Tecnología de Vanguardia, SA de CV., Monterrey, N.L. México.
- [13] Full Gauge Controls. (2016). MT-512e 2HP controlador e indicador digital para calefacción o refrigeración con deshielo natural por parada del compresor. 11/7/2020, de Full Gauge Controls Sitio web: <https://www.fullgauge.com/es/manual-del-producto-111>.
- [14] Watt Drive Weg Group. (Junio 2016). Manual de montaje–reductores y motoreductores, 13/7/2020, de Weg Group Sitio web: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h1e/hfd/ba-ma-gt-001-026-06-16-ba26-spanish-web.pdf>.
- [15] Zhejianh CHINT electric Co., Ltd. (2016). Catálogo Resumido de Baja Tensión, 14/7/2020, de Chint Electric Sitio web: <https://laucol.com.ec/wp-content/uploads/2019/08/catalogo-general-productos-chint.pdf>.
- [16] Andres Felipe Barrera Cuestas, Marlon Giovany Mantilla Castañeda. (2017). Caracterización de parámetros eléctricos de los piezoeléctricos PZT y PVDF utilizados en el mercado colombiano.
- [17] Siemens, (2016). Documentación didáctica SCE Modulo Logo V8, Siemens AG.
- [18] M Mauricio Sánchez y Carlos Villarreal, (2016). «Diseño de una máquina escaldadora para el procesamiento de pollos en la industria artesanal, Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
- [19] RASHID Muhammad 1993. Power electronics: circuits , devices and applications, Englewood Cliff, Prentice Hall.
- [20] Muñoz, D., Diaz, N., Cabrera, G. (2011). Efecto de la temperatura y velocidad de la línea de colgado, en el porcentaje de pluma y despigmentación de aves blanca y campesina, durante el proceso de escaldado. Universidad de Cauca, Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, Popayán.
- [21] Amir Nilipour, (2012). Pollo Moderno, como obtener el máximo rendimiento? Desafios, oportunidades y metas., 15/8/2020, de [www.engormix.com](http://www.engormix.com) Sitio web: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/pollo-moderno-como-obtener-t29435>.
- [22] Corporación Nacional de Avicultores (Conave), (noviembre 2020). Consumo de pollo crece en Ecuador, pero producirlo cuesta más que en países vecinos, El universo..

# ANEXOS

## ANEXO 1: IMAGEN ESTADÍSTICO DEL CONSUMO DE POLLO

En la figura 4.1 se puede observar el incremento del consumo de carne de pollo en los últimos años, ya que es uno de los elementos básico de la canasta familiar de la población ecuatoriana.

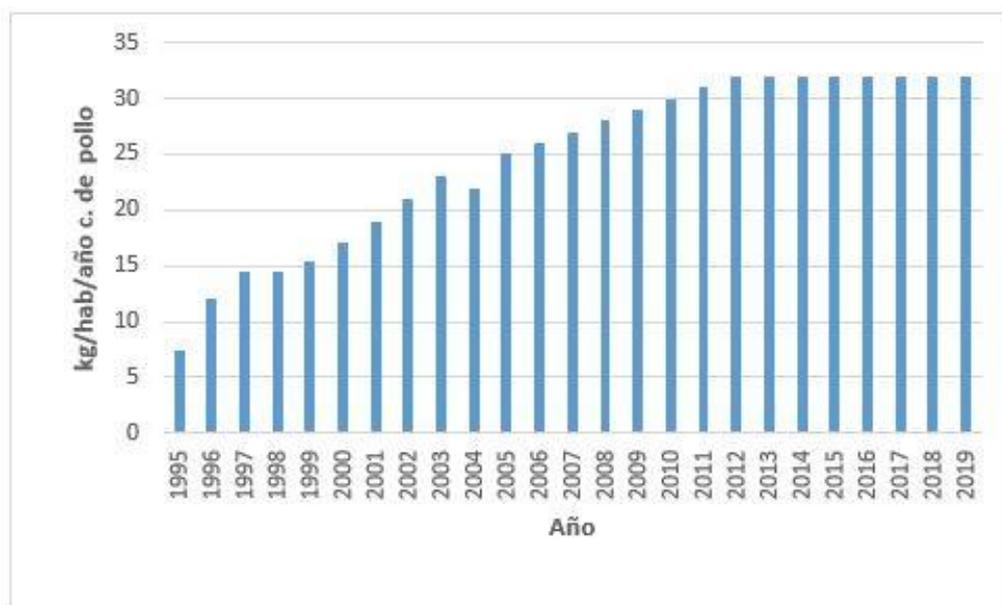


Figura 19: Datos del Conave de consumo de Pollo [22].

**Fuente:** (Autores)

## ANEXO 2: PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA EN AUTÓMATA PROGRAMABLE SIEMENS LOGO V8

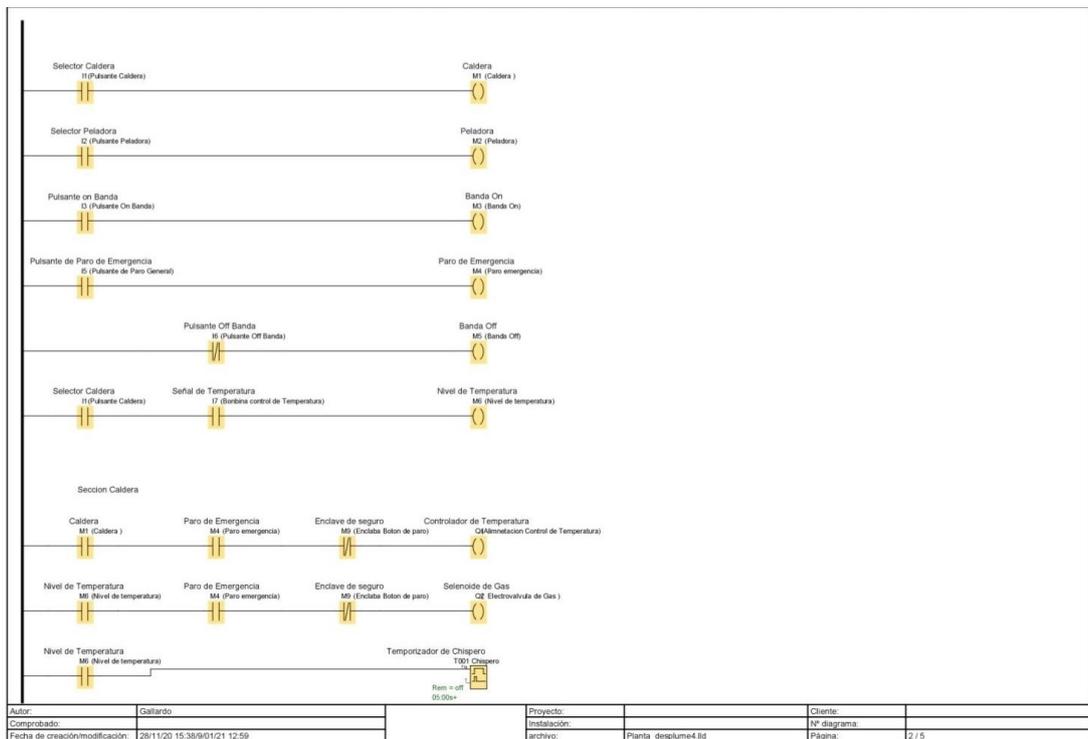


Figura 20: Codigó de la página 1 en lenguaje ladder en Siemens Logo V8.  
Fuente: (Autores)

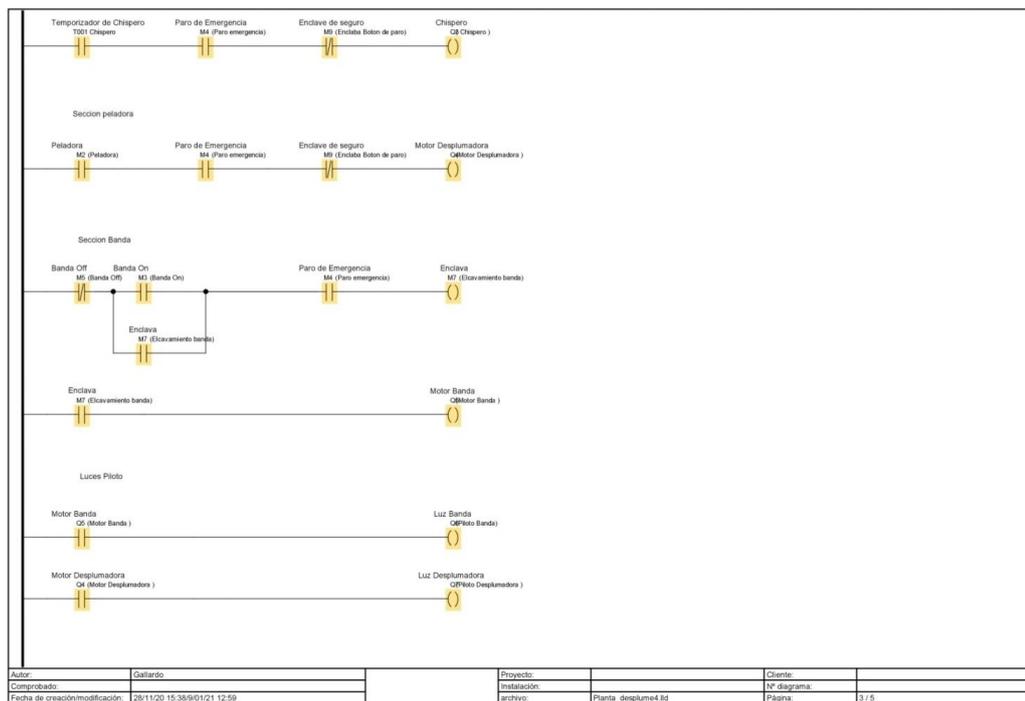


Figura 21: Codigó de la página 2 en lenguaje ladder en Siemens Logo V8.  
**Fuente:** (Autores)

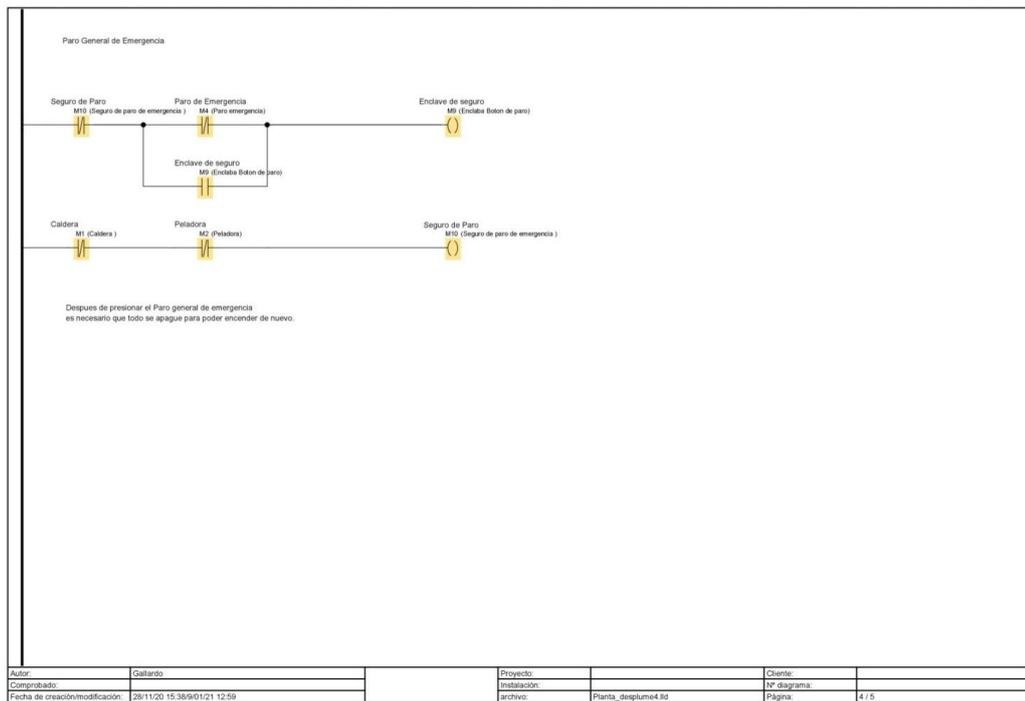


Figura 22: Codigó de la página 3 en lenguaje ladder en Siemens Logo V8.  
**Fuente:** (Autores)

Conector	Rotulación				
I1	Pulsante Caldera				
I2	Pulsante Peladora				
I3	Pulsante On Banda				
I5	Pulsante de Paro General				
I6	Pulsante Off Banda				
I7	Bonbina control de Temperatura				
M1	Caldera				
M10	Seguro de paro de emergencia				
M2	Peladora				
M3	Banda On				
M4	Paro emergencia				
M5	Banda Off				
M6	Nivel de temperatura				
M7	Elcavamiento banda				
M9	Enclaba Boton de paro				
Q1	Alimnetacion Control de Temperatura				
Q2	Electrovalvula de Gas				
Q3	Chispero				
Q4	Motor Desplumadora				
Q5	Motor Banda				
Q6	Piloto Banda				
Q7	Piloto Desplumadora				
Autor:	Gallardo	Proyecto:		Cliente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	2010/01/21 12:59	archivo:	Planta_desplume4.lid	Página:	5 / 5

Figura 23: Rotulación de variables del código.

**Fuente:** (Autores)

### ANEXO 3: FIGURAS DE LA PLANTA



Figura 24: Panel de control sección frontal.

**Fuente:** (Autores)



Figura 25: Panel de control sección interior frontal.  
**Fuente:** (Autores)



Figura 26: Panel de control sección interior.  
**Fuente:** (Autores)



Figura 27: Vista Panorámica de la planta.  
**Fuente:** (Autores)



Figura 28: Motor de banda transportadora aérea.  
**Fuente:** (Autores)



Figura 29: Vista superior de la escaldadora.  
**Fuente:** (Autores)



Figura 30: Vista superior de la banda transportadora aérea.  
**Fuente:** (Autores)



Figura 31: Vista superior del sistema de arrastre y sistema de reducción.  
**Fuente:** (Autores)



Figura 32: Volante de arrastre.  
**Fuente:** (Autores)



Figura 33: Pala para la sujeción del pollo.  
**Fuente:** (Autores)