

Encabezado: OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA

Optimización En La Línea De Producción Automatizada De La Empresa The Elite Flower

S.A.S

Cristian Leonardo Acero Mancipe

Universidad de Pamplona

Directora

Yara Angeline Oviedo Duran

M.Sc(c). En Controles Industriales

Cristian Leonardo Acero Mancipe, Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona

Este proyecto ha sido financiado por la empresa The Elite Flower S.A.S

La correspondencia relacionada con este proyecto debe ser dirigida a Cristian Acero

Universidad de Pamplona, Km 1 Vía Bucaramanga

Programa Ingeniería Mecatrónica

Pamplona, 2017

Contacto: [llcristianaceroll@gmail.com](mailto:llcristianaceroll@gmail.com)

*Para ti Omaira Mancipe por estar siempre conmigo, siempre serás la mejor.*

*A Miguel Acero, por sus buenos consejos y apoyo.*

*A todos los que me compartieron su conocimiento.*

*A los libros porque en ellos está la sabiduría.*

*A todos los que creen en mí.*

*A ti, por estar leyendo esto.*

### **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por haberme dado la sabiduría para terminar mi carrera profesional en menos tiempo de lo esperado. Especialmente agradezco a mis padres Omaira Mancipe y Miguel Acero por permitirme llegar hasta aquí y hacer esta nueva etapa. Gracias a mis compañeros Tin Zalabata, Oswal Vera, Bladimir Hernández y Andrés Suárez por su ayuda cuando me enfrentaba a diferentes problemas. A mi asesora Msc. Yara Oviedo por su apoyo y disposición en este proyecto aun en la distancia.

Gracias a todos.

## Tabla de contenido

Agradecimientos.....	3
Tabla de contenido .....	4
Lista de figuras .....	7
Lista de tablas .....	9
Resumen .....	10
Introducción.....	11
Justificación.....	12
Objetivos .....	13
Objetivo General .....	13
Objetivos Específicos .....	13
Marco Teórico .....	14
Controlador Lógico Programable .....	14
PLC LOGO .....	15
Módulo de Expansión DM8 230R .....	15
Cortina de Aire .....	16
Tipo de edificio y diseño de los espacios interiores.....	16
Tipo de cortina de aire que se requiere: .....	16
Altura de instalación. ....	17
Ancho de la puerta .....	17
Variador .....	17
Variador Yaskawa y Allen Bradley .....	18
Variador Emserson.....	18
Motor AC.....	19
Motor trifásico.....	20
Motor MFZOVITOR .....	20
Electroimán INTORQ para MFZOVITOR .....	21
Reductor .....	22
Contactor y relé .....	22
Sensor .....	23
Sensor mecánico .....	24
Sensor tipo aguja .....	24
Sensor tipo leva. ....	24
Sensores fotoeléctricos.....	24

## Encabezado: OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA

Sensor de barrera .....	25
Sensor réflex .....	25
Sensor auto réflex .....	25
Capítulo 1 .....	26
Línea de producción .....	26
Capítulo 2 .....	32
Túnel de aspersión .....	32
Diseño Estructural del Túnel de Aspersión .....	33
Cortinas de Aire .....	34
Programación Variador Yaskawa J1000 .....	35
Instalación y Programación PLC LOGO! 230RC .....	38
Conexiones Eléctricas y electrónicas .....	39
Capítulo 3 .....	41
Máquina peladora .....	41
Consumo de Energía de la Máquina Peladora .....	41
Automatización de la Máquina Peladora .....	43
Instalación del sensor .....	44
Instalación y Programación del Variador Allen Bradley .....	44
Conexiones Eléctricas y Electrónicas .....	47
Capítulo 4 .....	49
Manual de Mantenimiento de las Puertas Evolución Automáticas de los Cuartos Fríos ..	49
Funcionamiento .....	49
Partes Principales .....	50
Motor MFZ OVITOR .....	50
Características técnicas motor Ovitor .....	50
Variador Emerson M100 .....	51
Interruptor Schenider Electric .....	51
Sensor fotoeléctrico tipo barrera .....	52
Mantenimiento .....	52
Ejecución Plan de Mantenimiento .....	53
Indicaciones para Retirar el Motor Ovitor .....	53
Indicaciones para Retirar el Eje donde se Pliega la Puerta .....	55
Desarme del Motor y Cambio de Rodamientos .....	58
Capítulo 5 .....	61

Encabezado: OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA

Resultados y Análisis.....	61
Túnel de Aspersión .....	61
Máquina Peladora .....	63
Mantenimiento Puertas Evolution Automáticas .....	67
Conclusiones .....	68
Referencias .....	70

**Lista de figuras**

Figura 1. PLC siemens y módulo de expansión.....	15
Figura 2. Cortina de aire. ....	16
Figura 3. Variadores.....	19
Figura 4. Electroimán INTORQ. ....	21
Figura 5. Motor MFZOVITOR.....	22
Figura 6. Contactor con relé térmico. ....	23
Figura 7. Sensores fotoeléctricos. a) Tipo barrera. b) Tipo réflex. c) Tipo auto réflex. ....	24
Figura 8. Sensores.....	25
Figura 9. Cultivo de rosas. ....	26
Figura 10. Cultivo de Gerberas.....	27
Figura 11. Motor Diesel impulsando las plataformas.....	28
Figura 12. Entrada del túnel de aspersión.....	29
Figura 13. Postcosecha finca el Morado.....	30
Figura 14. Cuarto frio de la finca Santa María. ....	31
Figura 15. Kit de arrastre y electroválvulas. ....	32
Figura 16. Diseño estructura.....	33
Figura 17. Diseño cubierto.....	34
Figura 18. Función de la cortina de aire. ....	34
Figura 19. Cortina de aire y soportes.....	35
Figura 20. Variador Yaskawa J1000.....	36
Figura 21. PLC y contactor.....	39
Figura 22. Diagrama de bloques funcionales.....	39
Figura 23. Conexiones electrónicas.....	40
Figura 24. Conexiones eléctricas.....	40
Figura 25. Ubicación del sensor.....	44
Figura 26. Variador instalado. ....	45
Figura 27. Conexiones electrónicas.....	47
Figura 28. Conexiones eléctricas.....	48
Figura 29. Puerta automática.....	49
Figura 30. Tapa protectora.....	53
Figura 31. Placa de soporte motor y rodamiento.....	54
Figura 32. Extracción del motor.....	55
Figura 33. Anillos posteriores parte derecha.....	56
Figura 34. Anillo posterior parte izquierda.....	56
Figura 35. Soporte y rodamiento izquierdo.....	57

## Encabezado: OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA

Figura 36. Soporte y rodamiento derecho.....	57
Figura 37. Electroimán.....	58
Figura 38. Caras del motor.....	58
Figura 39. Tapa izquierda. ....	59
Figura 40. Tapa derecha.....	59
Figura 41. Rotor junto con rodamientos. ....	60
Figura 42. Túnel antiguo.....	61
Figura 43. Túnel renovado.....	62
Figura 44. Tablero de control.....	63
Figura 45. Máquina peladora con arranque directo. ....	66
Figura 46. Máquina peladora automatizada.....	67



**Lista de tablas**

Tabla 1. Programación del variador Yaskawa J1000.....	37
Tabla 2. Datos del motor.....	41
Tabla 3. Tiempo por cada operario.....	42
Tabla 4. Consumo por máquina.....	43
Tabla 5. Costo por día.....	43
Tabla 6. Costo para 156 máquinas.....	43
Tabla 7. Programación del variador Allen Bradley PowerFlex 525.....	46
Tabla 8. Características motor.....	50
Tabla 9. Parámetros variador.....	51
Tabla 10. Consumo por máquina automatizada.....	64
Tabla 11. Costo por día maquina automatizada.....	64
Tabla 12. Costo para 156 máquinas automatizadas.....	65

## Resumen

THE ELITE FLOWER FARMERS SAS, fue fundada en 1991 por el pionero de la Industria Floricultora, el Señor Peter Hannaford; en la actualidad y 25 años después de su fundación se configura como una de las empresas Florícolas más grandes del sector. Actualmente se posiciona como el productor Líder en la Industria de Rosas, Alstroemerias, Gerberas y productos diversificados, ofreciendo gran cantidad de flores de excelente calidad (“Elite Flower – A touch of class,” 2017).

En el proyecto se realizó la optimización en la línea de producción automatizada, realizando ingeniería de diseño, mediante de uso de SolidWorks como software CAD, LOGO! Soft Comfort para realizar la programación de PLCs de la familia Siemens y softwares como DriveWizard Plus para programar variadores Yaskawa, Workbench para programar variadores Allen Bradley, también se usaron variadores Emerson, estos se programaron manualmente. Se diseñó una nueva estructura para el túnel de aspersión y se instalaron cortinas de aire en la entrada y salida, se usó el PLC LOGO con el que cuenta el túnel de aspersión para mejorar su automatización, en la programación del PLC se cambiaron los tiempos de activación de las electroválvulas y se usaron las salidas para activar las cortinas de aire, se realizaron nuevas conexiones dentro del tablero de control. Se automatizó la máquina encargada de pelar los tallos de las rosas, cuando se introduce los tallos de las rosas se activa automáticamente y se desactiva cuando no se detecta ningún tallo. También se realizó y ejecutó un plan de mantenimiento a las puertas automáticas de los cuartos fríos, se reprogramó el variador Emerson manualmente y se documentó todo el proceso de mantenimiento.

*Palabras clave: PLC, Optimización, automatización, programación, software, variador, diseño, aspersión.*

## **Introducción**

La optimización y automatización de los procesos de una empresa son de gran importancia para producir un alto impacto en la industria y en los clientes, constantemente las empresas siempre están mejorando sus procesos para tener una mejor productividad y hacer que los trabajos sean más sencillos de hacer. Dependiendo de los procesos a mejorar se fija el presupuesto que se puede invertir, tiempo de ejecución, tipos de controladores e instrumentación, máquinas a usar en el proceso, etc., para esto primero se debe hacer un estudio con el fin de estimar en cuanto tiempo se pagara el dinero invertido, qué impacto tendrá la nueva mejora, cuanto se podría ahorrar a futuro en dinero y energía, como esto ayudara a los operarios, etc.

En el trabajo se muestra la programación del PLC usado en el túnel de aspersion, las instalaciones de las cortinas de aire del túnel, las conexiones eléctricas y electrónicas realizadas. También se muestran la programación de los variadores usados, el proceso de automatización de la máquina peladora y los componentes usados, el plan de mantenimiento realizado para las puertas automáticas. Finalmente se muestran los resultados obtenidos al haber optimizado la línea de producción.

### **Justificación**

La empresa cuenta con varios procesos que aún están poco automatizados, por ende, se están realizando mejoras constantes en los procesos de automatización. El líquido esparcido dentro de los túneles es nocivo para el medio ambiente y salud de las personas, el líquido se evapora e intenta salir al medio ambiente mientras cae al suelo y es drenado, actualmente el túnel cuenta con paredes de plástico y no cuenta con puertas en la entrada y salida, así que todo el líquido vaporizado tiende a salir. El plástico se cambió por policarbonato y para ello se realizó su respectiva estructura para fijar el policarbonato, en la entrada y salida se instalaron las cortinas de aire, estas son controladas por el PLC para impedir que salga el líquido vaporizado, así como también impedir que entre aire del medio ambiente.

La empresa actualmente tiene un gasto de energía eléctrica elevado, los operarios siempre dejan las máquinas peladora de tallos encendida mientras están trabajando o pierden tiempo prendiéndola y apagándola manualmente, al automatizar la máquina se ahorrará un buen porcentaje de energía y se aumentará la producción, la empresa cuenta con 156 máquinas de este tipo en la finca del Morado y total de 681 por todas las fincas.

Las puertas automáticas de los cuartos fríos no cuentan con un plan de mantenimiento, debido a que son nuevas y aun no se conocen bien; el funcionamiento del variador que controla el motor, el proceso de calibración de los fines de carrera tipo levas, la tarjeta de control. Por lo tanto, se realizó una investigación y posteriormente se ejecutó un plan de mantenimiento.

Después de la automatización de los procesos mencionados anteriormente, la empresa será potencialmente beneficiada en cuanto al ahorro energético y el aumento de la productividad, el medio ambiente será beneficiado, así como la salud del personal de trabajo.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- ✓ Optimizar la línea de producción automatizada de la empresa The Elite Flower S.A.S.

### **Objetivos Específicos**

- ✓ Diseñar estructura del túnel de aspersión.
- ✓ Optimizar la automatización del túnel de aspersión.
- ✓ Implementar sensórica a la máquina peladora de tallos.
- ✓ Automatizar las máquinas peladoras de tallos de rosas.
- ✓ Realizar plan de mantenimiento de las puertas automáticas de los cuartos fríos y proceder a su ejecución.

## Marco Teórico

### Controlador Lógico Programable

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como: espacio reducido, procesos de producción cambiantes, procesos complejos y amplios, y que requieren de una programación centralizada de las partes del proceso (“Aplicaciones Industriales del PLC | MacroPLC,” 2017).

En virtud del desconocimiento de los sistemas de PLC, muchos industriales podrían estar gastando mucho dinero en procesos de mantenimiento, cuidados y reparación de sus máquinas. Estos aparatos electrónicos, además de ser muy útiles, son relativamente sencillos de programar y pueden terminar por aportar cosas considerables al proceso productivo de una fábrica. En cuanto al campo de aplicación de los PLC, lo cierto es que se trata de algo muy extenso y hoy por hoy ha llegado a alcanzar distintos tipos de sectores dentro de la industria. Principalmente son utilizados en los procesos relacionados a las maniobras de máquinas. El sistema PLC puede abarcar distintos procesos y sistemas, además de contar con conexión a internet por lo que puede ser monitoreado tanto su funcionamiento como sus resultados a través de una simple computadora.

Este sistema puede ser empleado en distintos tipos de procesos, desde aquellos de menor envergadura como montacargas o dosificadores, hasta otros más complejos como manejos de

lazos de control o sistemas de líneas de producción. El modelo necesario para cada tarea dependerá precisamente de la complejidad del proceso a monitorear. (“El uso de los llamados PLC | Blog Proymec,” 2017)

## PLC LOGO

LOGO! es el controlador programable miniatura producido por la compañía de Siemens, que llena el espacio de la tecnología entre el relé y el PLC. Se integra con la programación, visualización y control, en comparación con el PLC común, tiene las ventajas de menor volumen, menor coste, mayor relación rendimiento-precio, programación más simple, depuración más conveniente y ciclo de desarrollo más cortos (Li-hong, Mao-xiang, Bin, Peng, & Peng, 2016).

## Módulo de Expansión DM8 230R

Este módulo es usado para usar más entradas y salidas cuando las del PLC no son suficientes, cuenta con 4 entradas y 4 salidas a 220 VAC, además se acopla muy fácil al PLC, cambiando de posición el selector activamos el módulo.

En la figura 1 se muestra el PLC y el módulo de expansión.



**Figura 1.** PLC siemens y módulo de expansión. Consultado de <https://goo.gl/C98BTJ>.

## **Cortina de Aire**

Una cortina de aire es un equipo de ventilación que crea una barrera invisible sobre la puerta para separar dos ambientes diferentes de manera eficiente y sin limitar el acceso de las personas o vehículos. El ahorro energético de la pantalla de aire reduce el coste de calefacción y refrigeración en más del 80% mientras mantiene y protege la climatización interior y el confort de la gente. Mantiene el ambiente limpio de plagas e insectos, polvo, partículas en suspensión, contaminación, olores y detiene las corrientes de aire frío y caliente. El funcionamiento de una cortina de aire está basado en un jet de aire a alta velocidad que cubre toda la apertura. Las cortinas de aire caliente hacen más confortable el jet cuando la gente cruza la pantalla y ayuda a mantener la temperatura en la entrada (“¿Qué es una cortina de aire?,” n.d.). Para garantizar la máxima eficacia y el mayor confort, es importante elegir la cortina de aire adecuada. Una cortina de aire de muy poca velocidad no será capaz de impedir o reducir la entrada de corrientes de aire, mientras que una cortina de aire demasiado potente e instalada a una altura incorrecta podría resultar ruidosa e incómoda, en la figura 2 muestra una cortina de aire. Es necesario tener en cuenta los siguientes factores a la hora de elegir una cortina de aire:



**Figura 2.** Cortina de aire. Consultado de <https://goo.gl/mXGQPs>.

### **Tipo de edificio y diseño de los espacios interiores**

#### ***Tipo de cortina de aire que se requiere:***

*Montaje en superficie.*



*Montaje empotrado.*

*Espacio de montaje → montaje vertical / soportes de montaje especiales.*

*Sistema de calefacción → calefacción eléctrica / mediante agua caliente / ambiente (sin calefacción).*

*Potencia nominal y fuente de alimentación.*

### **Altura de instalación.**

Para que una cortina de aire funcione con máxima eficacia, es esencial que emita aire a suficiente velocidad como para cubrir toda la altura y el ancho de la puerta.

### **Ancho de la puerta**

Para asegurar una cobertura eficaz, la cortina de aire debe ser más ancha que el vano de la puerta. La instalación de una cortina de aire cuyo flujo se superpone a la totalidad del vano de la puerta garantiza el control de la entrada de aire y contaminantes, y por lo tanto un ambiente confortable. Es necesario tener en cuenta las siguientes características de la puerta:

Ubicación de la puerta en relación con otras puertas o vanos.

Se debe asegurar que exista espacio suficiente para colocar la cortina de aire lo más cerca posible de la puerta (montaje vertical u horizontal) y de que no haya obstáculos entre el flujo de aire y el vano de la puerta.

Características y uso del edificio. Los edificios expuestos a vientos superiores a los normales pueden requerir sistemas de cortina de aire más potentes (Salvador Escoda S.A., 2015).

### **Variador**

Los variadores de frecuencia son sistema utilizados para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna. Un variador de frecuencia son vertientes de un variador de velocidad, ya que llevan un control de frecuencia de alimentación, la cual se

suministra por un motor. Otra forma en que son conocidos los variadores de frecuencia son como Drivers ya sea de frecuencia ajustable (ADF) o de CA, VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia), micro drivers o inversores; esto depende en gran parte del voltaje que se maneje (MORA & FRAILE MORA, 2008).

Cada fabricante cuenta con diferentes series o líneas variadores para aplicaciones con motores de diferentes características.

### **Variador Yaskawa y Allen Bradley**

Estos Variadores de frecuencia y tensión vectorial de alto rendimiento desarrollado en base a la experiencia y aceptación en el mercado de las anteriores versiones. Capaz de controlar motores de inducción como también motores de imán permanente, resolviendo múltiples aplicaciones ofreciendo excelentes ventajas. Se trata de un variador de velocidad con funciones avanzadas, aportando mayor confiabilidad, sencilla puesta en marcha y funcionamiento óptimo. Ayuda a reducir los gastos de instalación y mantenimiento, incluye sólo componentes para una larga vida útil (long performance life), necesita pocos periféricos (función PLC), es muy silencioso y también amigable con el medio ambiente. Ofrece ventajas excepcionales como son: excelente rendimiento de motor, ahorro de energía, la más alta calidad disponible en el mercado y numerosas características de funcionamiento para integración con sistemas de automatización (“Variador de velocidad,” 2017).

Algo que cabe destacar en estos variadores es que tienen funciones de PLC, esto con el fin de hacer aplicaciones más sofisticadas, dependiendo de la familia traen o no esta opción.

### **Variador Emseron**

Estos variadores de frecuencias son usados al igual que los Yaskawa en las industrias, dependiendo de la aplicación y factores como corriente y potencia del motor se elige el variador.

Diseñado para hacer el montaje lo más simple posible. Muchas aplicaciones requieren cambiar sólo unos pocos parámetros, Ajustes fáciles gracias al teclado y la guía paso a paso, para una programación rápida, los parámetros se pueden transferir a otras unidades utilizando tarjetas SD estándar con el módulo AI-Backup o el adaptador AI-Smart. En la figura 3 se muestra un variador Allen Bradley, Yaskawa y Emerson.



Figura 3. Variadores. Consultado de <https://goo.gl/4TQ2wb>.

### Motor AC

El motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

Son utilizados en infinidad de sectores tales como instalaciones industriales, comerciales y particulares. Su uso está generalizado en ventiladores, vibradores para teléfonos móviles, bombas, medios de transporte eléctricos, electrodomésticos, esmeriles angulares y otras herramientas eléctricas, unidades de disco, etc.

La corriente alterna puede tomarse para su uso en motores eléctricos bien sea directamente de la red eléctrica, alternadores de las plantas eléctricas de emergencia y otras fuentes de corriente alterna bifásica o trifásica como los inversores de potencia.

Los motores de uso general con dimensiones y características más estandarizadas proporcionan la potencia adecuada al uso industrial. Los motores eléctricos más grandes se usan para propulsión de trenes, compresores y aplicaciones de bombeo con potencias que alcanzan 100 megavatios (Fitzgerald, Kingsley, & Umans, 2003, p. 187).

### **Motor trifásico**

Los motores trifásicos son el tipo estándar de motor usado en la industria, pueden variar en tamaño, desde fracciones de HP (fraccionarios) hasta miles de HP, estos motores operan a una velocidad casi constante y se diseñan y construyen con una gran variedad de características de par, la ventaja principal de estos motores trifásicos son sus bajos requerimientos de mantenimiento y economía de operación.

El motor trifásico más comúnmente usado en la industria es el llamado motor de inducción, el cual no tiene conexión eléctrica física entre el estator y rotor (Enriquez Harper, 2000, p.149).

### **Motor MFZOVITOR**

Los motores Ovitor son muy comúnmente utilizados en las puertas automáticas enrollables, poseen en conjunto su respectiva reducción y tarjeta de control, la cual se conecta al variador para su respectivo control, además cuenta con un electroimán de seguridad que frena el motor rápidamente. Estos motores son ideales para estas aplicaciones gracias relación tamaño, torque y velocidad.

**Electroimán INTORQ para MFZOVITOR.** Los frenos de resorte de INTORQ cumplen con las más altas exigencias. Estos frenos de resorte de liberación electromagnética pueden ser usados donde quiera que se requiera una rápida desaceleración de masas en movimiento o una retención controlada de masas. Dado que la fuerza de frenado proviene de resortes de presión, el par de frenado, que se genera por fricción, está disponible cuando no se aplica corriente incluso en caso de fallo de red. El freno se libera electromagnéticamente.

Los frenos INTORQ están diseñados para que los pares nominales establecidos se alcancen de forma fiable después de una operación de rodaje corto. Dadas las propiedades fluctuantes de los revestimientos de fricción orgánicos utilizados y las condiciones ambientales cambiantes, pueden existir sin embargo desviaciones de los pares de frenado indicados. Un mayor par de ruptura se puede experimentar en particular en condiciones de humedad y con cambios de temperatura después de largos tiempos de parada. El par de frenado debe comprobarse al utilizar el freno en las superficies de fricción del usuario. Si el freno se utiliza únicamente como freno de retención sin carga dinámica, el revestimiento de fricción debe reactivarse regularmente (“INTORQ BFK457 Distribuidores de frenos accionados por resorte,” n.d.). en la figura 4 se muestra el freno INTORQ.

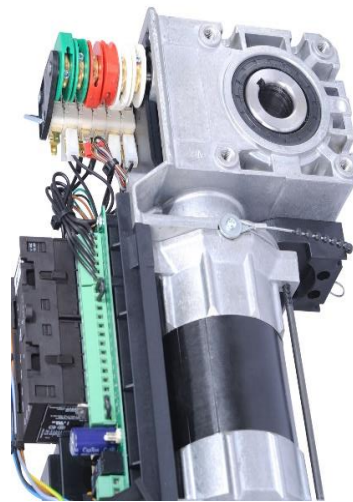


**Figura 4.** Electroimán INTORQ. Consultado de <https://goo.gl/nC3PLb>

## Reductor

Son sistemas de engranajes que permiten que los motores eléctricos funcionen a diferentes velocidades para los que fueron diseñados.

Los reductores son diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor. Sin la correcta fabricación de los motorreductores, las máquinas pueden presentar fallas y deficiencias en su funcionamiento. La presencia de ruidos y recalentamientos pueden ser aspectos que dependan de estos mecanismos, de allí la importancia del control de calidad, en la figura 5 se muestra un motor MFZOVITOR junto con su reductor, tarjeta de control y sensores tipo leva.



**Figura 5.** Motor MFZOVITOR. Consultado de <https://goo.gl/K1pkPi>

## Contactador y relé

Es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina (en el caso de contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: un encendido y otra apagado, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa

dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.

Constructivamente son similares a los relés, y ambos permiten controlar en forma manual o automática, ya sea localmente o a distancia toda clase de circuitos. Pero se diferencian por la misión que cumple cada uno: los relés controlan corrientes de bajo valor como las de circuitos de alarmas visuales o sonoras, alimentación de contactores, etc. Los contactores se utilizan como interruptores electromagnéticos en la conexión y desconexión de circuitos de iluminación y fuerza motriz de elevada tensión y potencia (Lladonosa, 1993, p. 45). En la figura 6 se muestra un contactor y un relé.



**Figura 6.** Contactor con relé térmico. Consultado de <https://goo.gl/zRSg8r>.

### **Sensor**

Es un elemento capaz señales que detecta magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. (SISCODE & SISCODE, 2015).

### Sensor mecánico

Se encuentran dentro de los componentes electrónicos, también son conocidos como finales de carrera o sensor de contacto, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos.

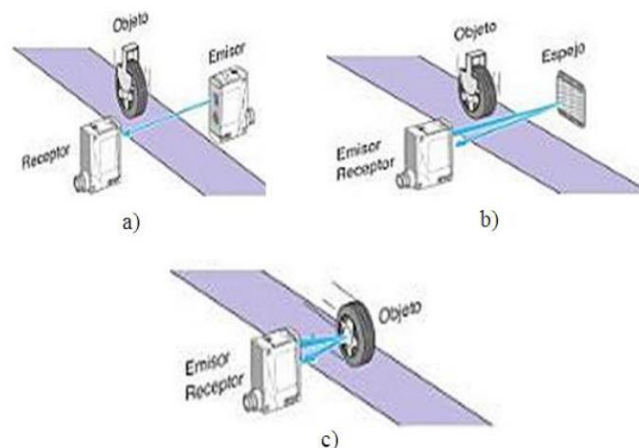
Internamente algunos pueden tener contactos normalmente abiertos (NA), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

*Sensor tipo aguja.* Este tipo de sensor es mecánico consta de dos contactos; uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado, recibe este nombre porque posee una antena la cual acciona los contactos, este sensor funciona igualmente que los finales de carrera.

*Sensor tipo leva.* Este sensor tiene unas levas las cuales activan varios contactos a la vez, las levas pulsan los contactos N.A o N.C, son muy usados en las puertas automáticas.

### Sensores fotoeléctricos

son aquellos que responden al cambio en la intensidad de una luz, permitiendo la activación o desactivación de una señal en función de los valores recibidos de esa luz. En la figura 7 se muestran los sensores fotoeléctricos (Implementación, Máquina, Clasificadora, & Según, 2014, p. 53).



**Figura 7.** Sensores fotoeléctricos. a) Tipo barrera. b) Tipo réflex. c) Tipo auto réflex.



**Sensor de barrera.** En estos casos, el emisor y el receptor están separados en cuerpos distintos, colocándose alineados y quedando ambos componentes enfrentados el uno con el otro. Se trata del modo de funcionamiento más fiable, pues toda la potencia que emite el emisor es enviada directamente al receptor, haciendo que la suciedad y la humedad del ambiente afecten en menor medida a su funcionamiento.

**Sensor réflex.** En este tipo de dispositivos, emisor y receptor se encuentran dentro de la misma carcasa. La luz emitida por el emisor incide sobre el dispositivo reflector y es reflejada en la misma dirección en la que llega, ósea al receptor, esperando que un objeto corte la luz.

**Sensor auto réflex.** En este tipo de dispositivos, emisor y receptor se encuentran dentro de la misma carcasa. La luz emitida por el emisor incide sobre el objeto a detectar y es reflejada, siendo el receptor el encargado de captar esta luz reflejada.

En la figura 8 se muestran los tipos de sensores mencionados.



**Figura 8.** Sensores. Consultado de <https://goo.gl/dETMTq>.

## Capítulo 1

### Línea de producción

The Elite Flower S.A.S cultiva diferentes variedades de flores y rosas en invernaderos para ser exportadas y vendidas nacionalmente. La línea de producción empieza a partir de que las rosas y flores son cortadas manualmente, en la figura 9 se muestra un cultivo de rosas y en la figura 10 se muestra un cultivo Gerberas, la Gerbera es una flor traída de Holanda la cual representa un gran porcentaje del ingreso económico a la empresa, la mayoría de flores y rosas se las puede encontrar de diferentes colores.



**Figura 9.** Cultivo de rosas.





**Figura 10.** Cultivo de Gerberas.

Cuando las rosas están listas para ser procesadas son cortadas y colocadas en una plataforma, esta se mueve por medio del cable vía con un motor Diesel hasta la entrada del túnel de aspersión, el cable vía está distribuido por todas las fincas y en ocasiones se conecta con otras fincas, este funciona similar a las vías del tren ya que cuenta con desvíos o cambio de agujas lo cual permite a las plataformas cambiar de una vía a otra, en la figura 11 se muestra el motor Diesel y las plataformas sobre el cable vía.



**Figura 11.** Motor Diesel halando las plataformas.

Al estar la plataforma en la entrada del túnel es introducida dentro por un operario, donde un motor trifásico hace girar el kit de arrastre, el cual empieza nuevamente a mover la plataforma, dentro el túnel se aplica un líquido a las rosas para conservarlas y prevenir enfermedades. Las flores no pasan por estos túneles ya que son fumigadas en el cultivo y algunas variedades no necesitan procesos de fumigación tan elaborados. En la figura 12 se muestra las plataformas en la entrada del túnel.





**Figura 12.** Entrada del túnel de aspersión.

Cuando se ha realizado el proceso dentro del túnel, las rosas continúan hasta la salida del túnel donde el operario las dirige por el cable vía hasta la entrada de la postcosecha, los operarios encargados de la postcosecha pelan las rosas con la máquina peladora de tallos y la clasifican según el tamaño de la cabeza y el tallo. Las demás flores llegan en otras plataformas por medio del cable vía a las diferentes postcosechas, donde posteriormente son clasificadas y procesadas, en la figura 13 se muestra la postcosecha de la finca el Morado.

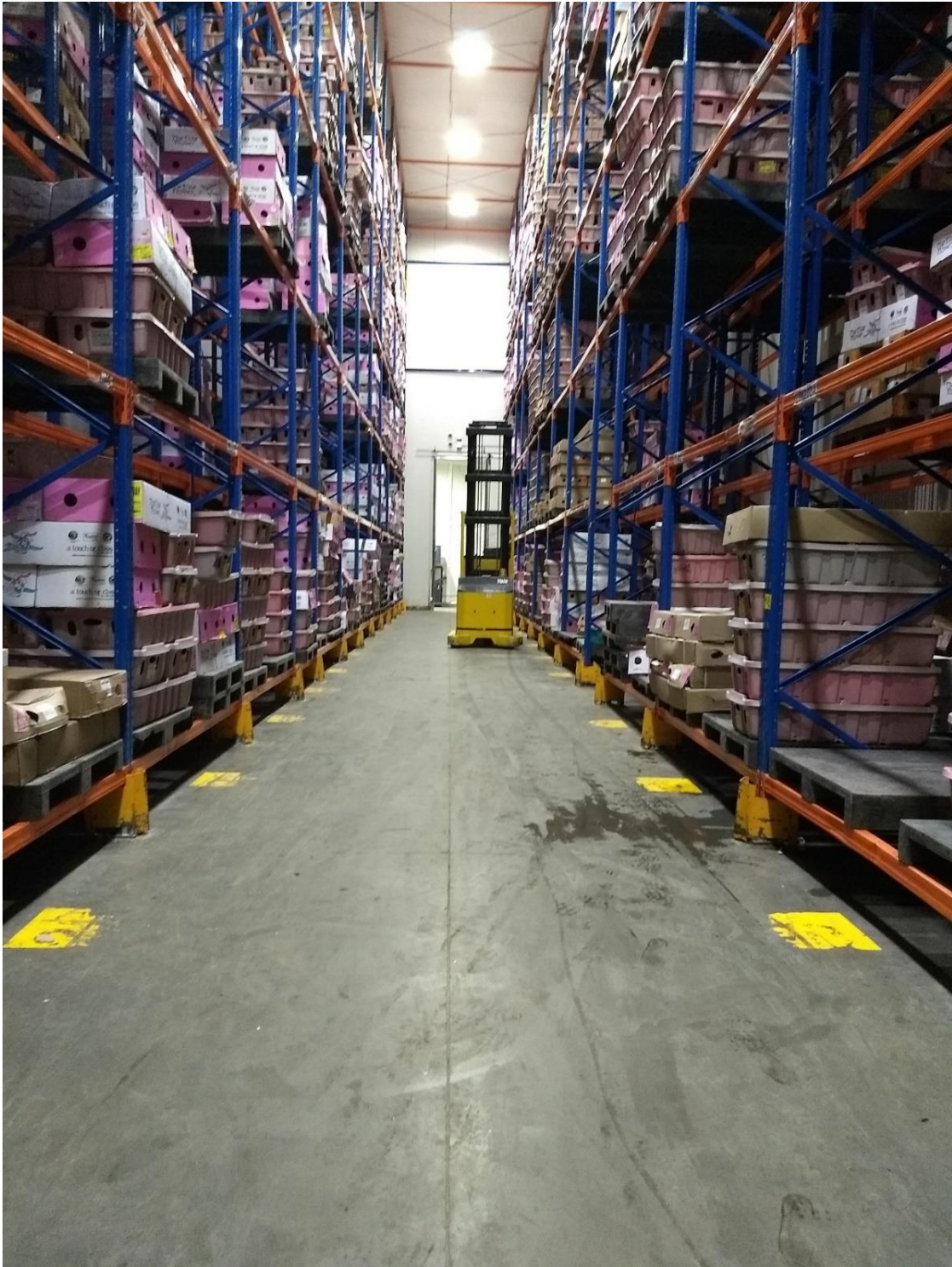


**Figura 13.** Postcosecha finca el Morado.

Finalmente, después de que las rosas y flores son clasificadas se colocan en las bandas transportadoras donde otros operarios las colocan en cajas para posteriormente introducirlas en los cuartos fríos, en dado caso que la finca donde fueron procesadas no cuente con espacio, son



enviadas a las demás fincas que cuenten con espacio en sus cuartos fríos, en la figura 14 se muestra una sección del cuarto frío de la finca Santa María.



**Figura 14.** Cuarto frío de la finca Santa María.

## Capítulo 2

### Túnel de aspersión

Dentro del túnel de aspersión Un variador Yaskawa controla el motor, el cual proporciona el movimiento al kit de arrastre que mueve la plataforma dentro del túnel, en la entrada y salida se posicionaron las cortinas de aire. El túnel cuenta 5 electroválvulas de aspersión, las cuales se activan cuando plataformas con las rosas entran al túnel. En la figura 15 se muestra el kit de arrastre y las electroválvulas.



**Figura 15.** Kit de arrastre y electroválvulas.

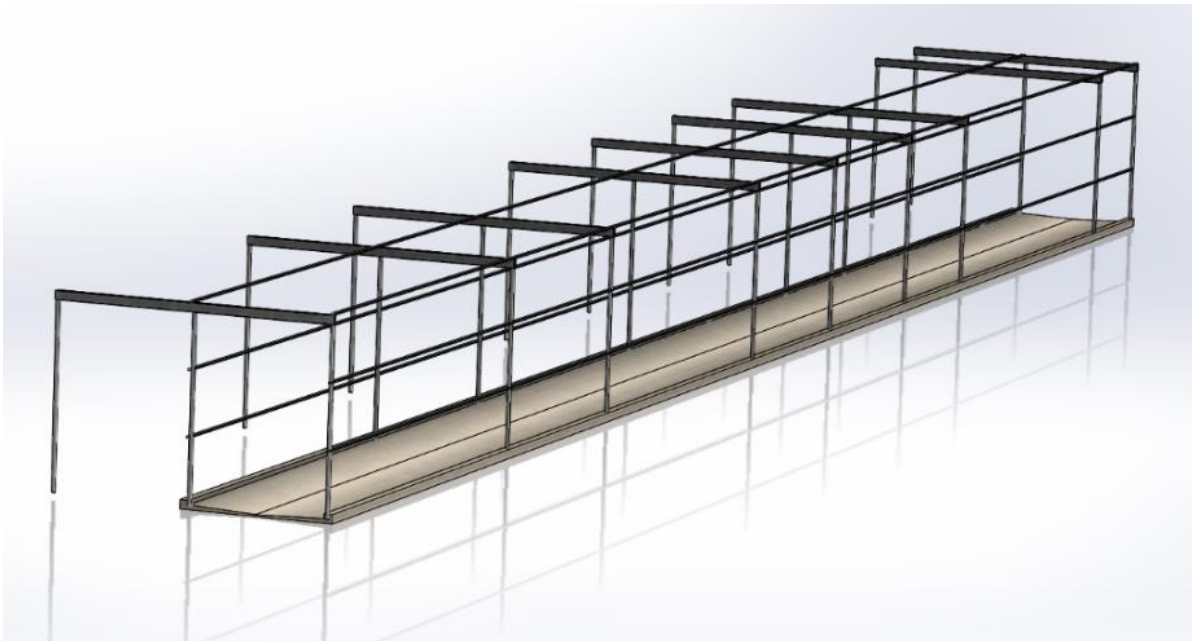
Las cortinas de aire se activan junto con el compresor, este último le da presión a la tubería para mantener el líquido a un caudal y presión constante, en esta red de tuberías se encuentran las electroválvulas, el compresor y las cortinas funcionan mientras el sistema de aspersión este activo. El proceso dentro del túnel inicia cuando se activa el interruptor principal y las



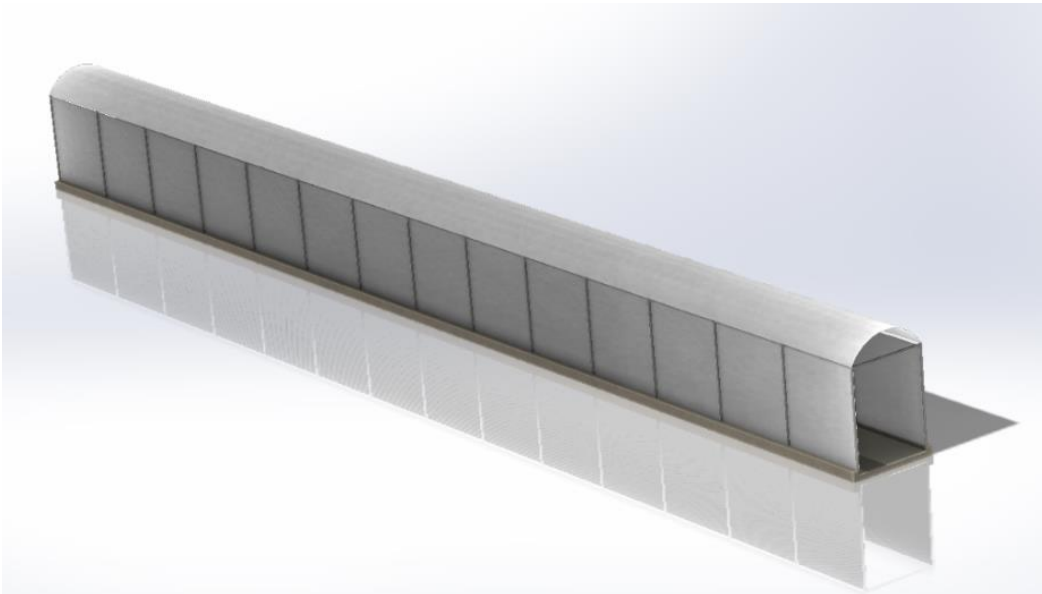
plataformas activan los dos finales de carrera que están en la entrada del túnel. Mediante el PLC LOGO! 230RC de Siemens se controla el proceso del túnel.

### **Diseño Estructural del Túnel de Aspersión**

El diseño del túnel se realizó en el software CAD SolidWorks, para su estructura se usó perfiles cuadrados en acero inoxidable de 4 m de largo y policarbonato para la cubierta. El túnel tiene unas dimensiones de 3,0837 m de alto y 28 m de largo, la entrada del túnel tiene una altura de 3,0837 m de alto y 172,62 cm de ancho. El policarbonato usado se tiene unas medidas de 2,102 m de largo y 1.96 m de ancho, así que se colocó seccionado y se ajustó a los perfiles, para la cúpula del túnel se curveo el policarbonato dejándolo de un radio de 98,17 cm. No es recomendable que se coloque un perfil de policarbonato mayor a 3 m de largo y 2 m ancho, ya que este se torna muy débil y se fisura debido a las vibraciones producidas por el viento u otro agente externo. En la figura 16 y 17 se puede muestra el diseño CAD de la estructura y cubierta realizado en SolidWorks.



**Figura 16.** Diseño estructura.



**Figura 17.** Diseño cubierto.

### **Cortinas de Aire**

Las cortinas de aire se colocaron en la entrada y salida del túnel de aspersión, con el fin de que no permitir la entrada del aire exterior, igualmente para que el líquido se conserve dentro del túnel y no escape al ambiente mientras este cae al piso y es drenado para su reutilización. En la figura 18 se muestra la función de la cortina.



**Figura 18.** Función de la cortina de aire. Consultado de <https://goo.gl/v67AiB>.

Los soportes fueron diseñados en SolidWorks con perfiles en C tipo riel galvanizado y posteriormente contruidos, primero se soldaron dos perfiles de 10 cm de largo para darle un espacio a la cortina en la parte superior de la salida y entrada del túnel, adicionalmente se soldaron dos perfiles de 40 cm sobre los perfiles de 10 cm para graduar hacia arriba y abajo las cortinas. En la figura 19 se muestran la instalación de las cortinas de aire y los soportes.



**Figura 19.** Cortina de aire y soportes.

### **Programación Variador Yaskawa J1000**

Este variador es el ideal para porque cuenta con las especificaciones necesarios para controlar el motor trifásico. El variador cuenta con una entrada Ethernet para ser programado desde el PC, aunque realmente se comunica por SERIE RS-232 a pesar de que tiene conector Ethernet, por eso se usa un cable USB-SERIE. También cuenta con una pantalla tipo display,

desde la cual se puede programar manualmente. Cuando se realizó la programación se probaron ambos métodos de programación. En la figura 20 se muestra el variador.



**Figura 20.** Variador Yaskawa J1000.

En la programación se usó una entrada S con las que cuenta el variador, S1 está conectado a una salida a relé N.A del PLC, cuando esta se cierra activa a S1 haciendo que el variador vaya a una frecuencia de 8 Hz, así el motor gira moviendo las plataformas donde están las rosas a una baja velocidad, esta velocidad es la adecuada debido a los tiempos que las electroválvulas tienen programados para esparcir el químico. En la tabla 1 se muestran los parámetros programados.

Tabla 1  
*Programación del variador Yaskawa J1000*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>b1-01</b>	1
<b>b1-02</b>	1
<b>b1-03</b>	0
<b>b1-04</b>	0
<b>b1-14</b>	0
<b>C1-01</b>	2 seg
<b>C1-02</b>	2 seg
<b>C6-01</b>	0
<b>C6-02</b>	8 Hz
<b>E1-01</b>	330 V
<b>E1-04</b>	8 Hz
<b>E1-05</b>	330 v
<b>E1-06</b>	8 Hz
<b>E1-07</b>	7 Hz
<b>E1-08</b>	330 V
<b>E1-09</b>	2 Hz
<b>E1-10</b>	2 V
<b>E2-01</b>	5 A
<b>E2-02</b>	20 Hz
<b>E2-03</b>	5 A
<b>H1-01</b>	0
<b>H1-03</b>	0

Parámetros programados en base a las características del motor y la señal para ser activado por el PLC, los demás parámetros se dejaron por defecto de fabrica (Fuente: el autor).

Con el software DriveWizard Plus se pueden cargar todos los parámetros de la tabla 1, solo se deben introducir en el software y cargarlos al variador por medio del cable USB-SERIE, así se reduce el tiempo de programación.

### **Instalación y Programación PLC LOGO! 230RC**

El PLC es el cerebro del túnel, así que es el encargado del correcto funcionamiento de todo el proceso. Debido a que se usaron 8 salidas se usó un módulo de expansión de 4 salidas a relé ya que el PLC cuenta solo con 4 salidas a relé. Las entradas usadas fueron I1, I2, I3 y las salidas Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8. A la entrada I1 se conectó un interruptor, cuando se acciona envía una señal de 220 VAC activando las salidas Q6, Q7, y Q8 donde están conectados respectivamente, el compresor de las electroválvulas, las dos cortinas de aire y el variador que mueve el motor del kit de arrastre para plataformas. Cuando el operario introduce en el túnel las plataformas activa los dos finales de carrera tipo aguja los cuales están conectados a las entradas I2 e I3, estos finales de carrera están situados en la entrada del túnel y envían una señal de 220 VAC, deben activarse los dos al mismo tiempo, esto se hace porque no siempre se introducen en el túnel las cinco plataformas seguidas, puede que solo entre una, dos, tres, cuatro o todas. Después de ser activados los dos finales de carrera, el PLC activan las salidas Q1 a Q5 donde están conectadas las cinco electroválvulas, están se activan según los carros que entren, cada electroválvula se activa por 15 segundos tiempo sugerido por los ingenieros MIPE (Manejo integrado de plagas y enfermedades). Cuando el interruptor principal se apaga, el PLC mantiene encendidas las salidas Q6, Q7 por 3 minutos. Esto con el fin de mantener el compresor cargado y las cortinas de aire encendidas mientras el líquido esparcido por las válvulas cae al suelo y es drenado, gracias a una bomba electrosumergible que se encuentra bajo el túnel el líquido drenado es reutilizado la veces que se considere necesario por los ingenieros MIPE. En la figura 21 se muestra la instalación del PLC con su respectivo contactor de activación.





Figura 21. PLC con módulo de expansión y contactor.

En la figura 22 se muestra el programa de bloques funcionales realizado en LOGO!Soft Comfort.

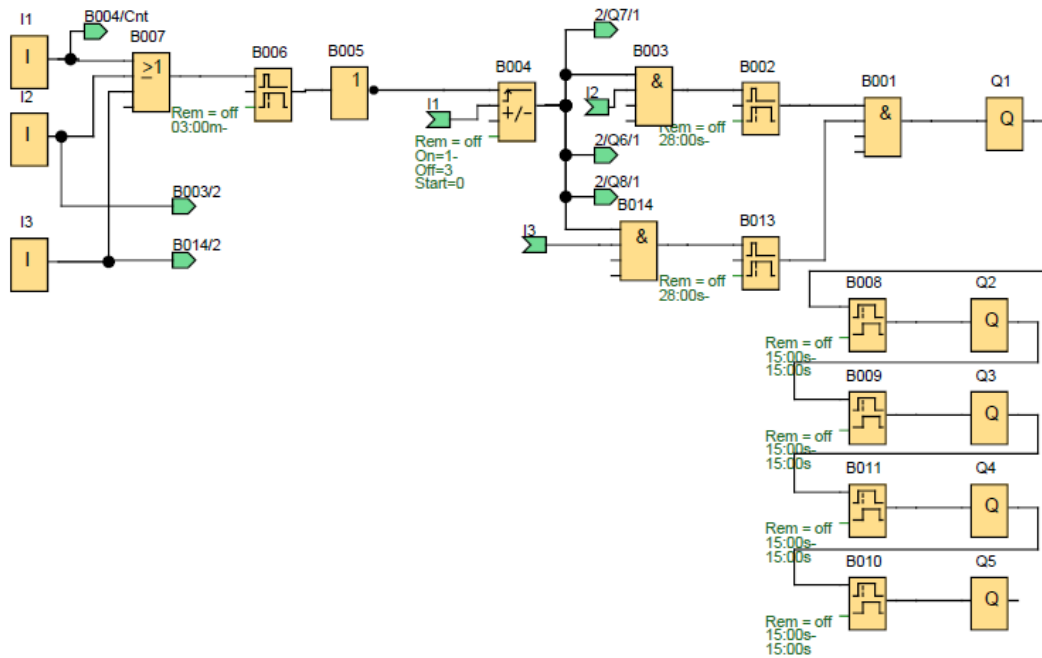


Figura 22. Diagrama de bloques funcionales.

### Conexiones Eléctricas y electrónicas

En la figura 23 se muestran las conexiones electrónicas del variador, el cual es activado por el PLC.

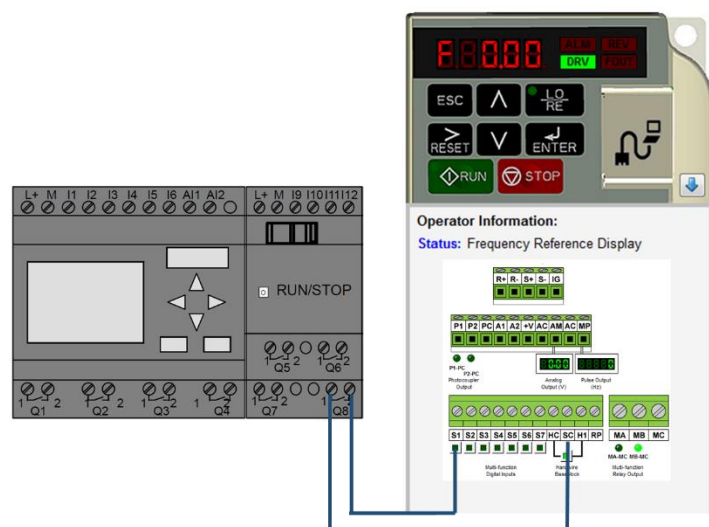


Figura 23. Conexiones electrónicas.

En la figura 24 se muestran las conexiones eléctricas del tablero de control.

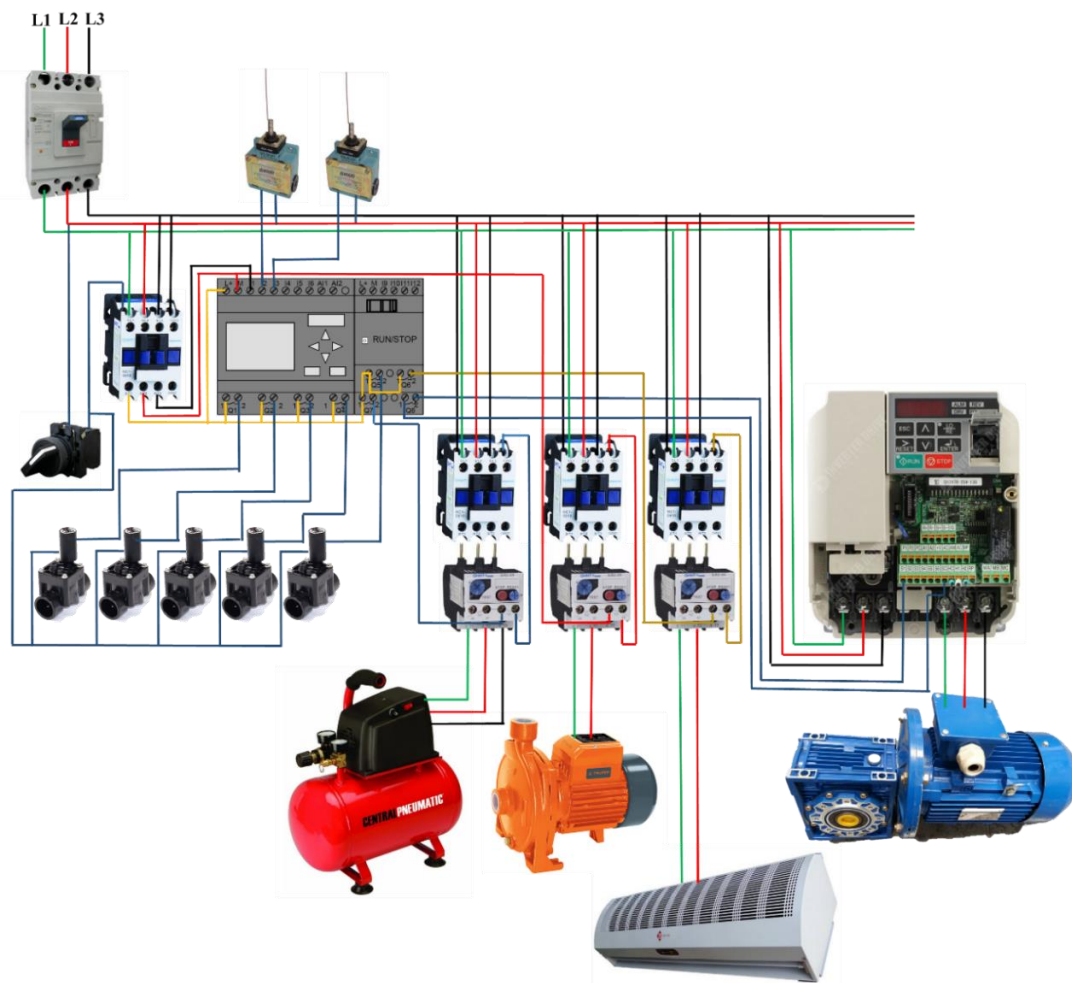


Figura 24. Conexiones eléctricas.



### Capítulo 3

#### Máquina peladora

Continuando en la línea de producción; la máquina peladora se encarga de retirar las espinas y hojas del tallo de la rosa, después de ser pelados los tallos, los operarios seleccionan las rosas según el tamaño de la cabeza y largo del tallo. La máquina es usada por una jornada de 8 horas diarias, Algunos trabajadores la encienden las 8 horas sin apagarla generando un consumo de energía innecesario, otros trabajadores la prenden y la apagan, pero los picos de corriente del motor llegan a ser siete veces la corriente nominal del mismo, además encender y apagar el motor genera daños mecánicos en el motor como desgaste de rodamientos y rotor, otro problema es que los operarios pierden tiempo haciendo esto por ende se reduciría la producción. Se trabajó con las peladoras de la finca el Morado.

#### Consumo de Energía de la Máquina Peladora

Antes de iniciar el proceso de automatización se realizó un seguimiento al consumo de energía de las máquinas y a los tiempos en que el operario usaba productiva e improproductivamente la máquina, en la tabla 2 se muestran los datos obtenidos del motor.

Tabla 2  
*Datos del motor*

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
Voltaje Y	220V
Potencia	0.5 HP
Factor de potencia $\cos(\phi)$	0.81
R.P.M	1500
Corriente nominal	1.8 A
Corriente con tallos	1.9 A
Pico de corriente cuando se enciende	5 A

Datos Obtenidos (Fuente: el autor).

Tiempos de los operarios:

Aproximadamente el tiempo productivo de todos los operarios es de 2.5 segundos, y un intervalo de improductividad de 35 segundos mientras clasifican las flores.

Para una jornada laboral de 8 horas tenemos que:

8 horas equivalen a 28800 segundos.

La suma del tiempo productivo he improductivo es de 37.5 segundos.

Al dividir 28800 segundos entre 37.5 segundos eso es igual a 768, este número se usó para conocer el tiempo total de productividad he improductividad en día, con una jornada laboral de 8 horas.

Dividiendo los tiempos de productividad he improductividad entre 768, en la tabla 3 se muestran los resultados.

Tabla 3  
*Tiempo por cada operario*

	<b>Segundos</b>	<b>Minutos</b>	<b>Horas</b>
Tiempo de productividad	1920	32	0.53333
Tiempo de improductividad	26880	448	7.466667

*Fuente:* El autor.

Ahora se calcula los kilowatts del motor para ello se tiene que:

$$KWA = \frac{\sqrt{3} * 220V * 1.8A}{1000}$$

$$KWA = 0.68589212$$

$$KW = 0.68589212 * \cos(\emptyset)$$

$$KW = 0,555572617$$

Ahora se multiplica el KW por las horas de trabajo de la máquina, en la tabla 4 se muestran los resultados de consumo para una jordana laboral de 8 horas.

Tabla 4

*Consumo por máquina*

	<b>Día</b>
Consumo improductivo (kWh)	4.14827573
Consumo productivo (kWh)	0.29630354

*Fuente:* El autor.

Se obtuvo el costo del kilowatt hora por máquina, para ello se multiplico el costo del kWh que se paga a la empresa prestadora de energía, el cual tiene un precio de \$ 322, en la tabla 5 se muestra el costo por día.

Tabla 4

*Costo por día*

	<b>Día</b>
Costo improductividad	\$ 1.335,74
Costo productividad	\$ 95,41

*Fuente:* El autor.

Finalmente, en la tabla 6 se muestra el costo para 156 máquinas.

Tabla 5

*Costo para 156 máquinas*

	<b>Día</b>	<b>Mes</b>
Costo improductividad	\$ 208.376,19	\$ 6.251.285,59
Costo productividad	\$ 14.883,92	\$ 446.517,59

*Fuente:* El autor

Debido a este gasto de improductividad al mes se propuso la automatización de las máquinas. En el capítulo 5 se muestran los resultados obtenidos después de la automatización.

### **Automatización de la Máquina Peladora**

En esta automatización se usó un variador Allen Bradley PowerFlex 525 y un sensor mecánico, el cual se activa cuando el operario pasa los tallos por la ranura de la máquina enviando una señal a variador para su activación. La realización de esta automatización se realizó con el fin de disminuir el consumo energético y aumentar la productividad.

### **Instalación del sensor**

El sensor usado fue un fin de carrera tipo aguja. Fue perfecto para esta aplicación ya que la antena que posee para ser activado es ideal para la aplicación y posee movimientos tipo rotula, además encaja perfecto en la ranura de la plataforma de acero inoxidable, donde el operario introduce los tallos. Cuando el operario pasa los tallos de las rosas por dicha ranura, el sensor se activa cerrando el contacto normalmente abierto que posee, enviando una señal al variador para que active el motor. En la figura 25 se muestra la instalación del sensor.

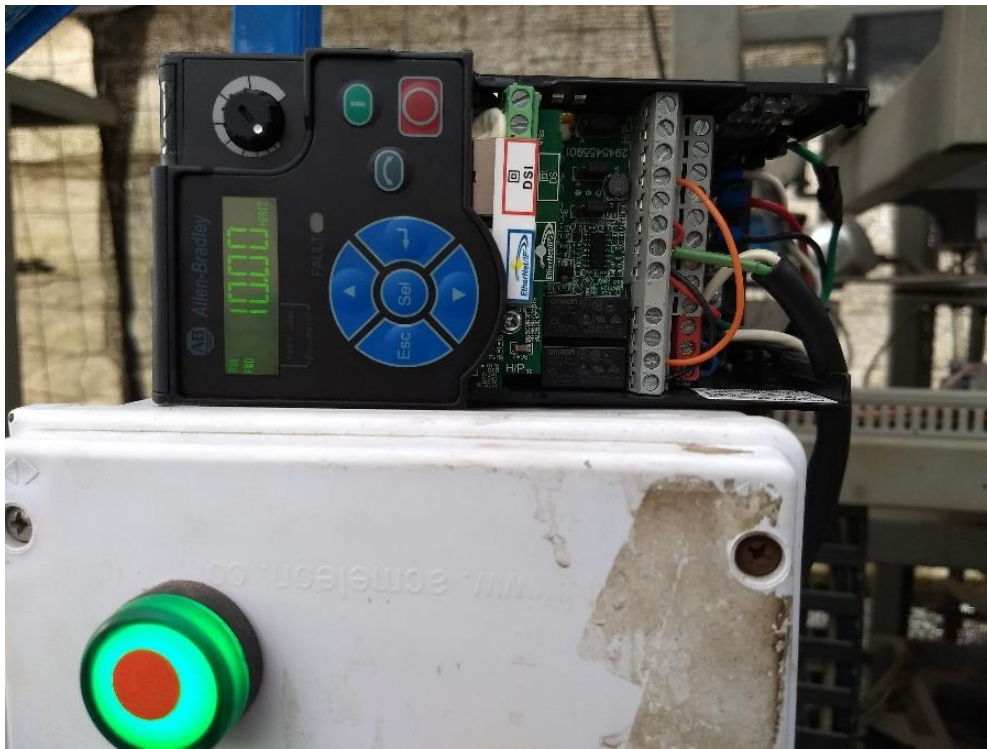


**Figura 25.** Ubicación del sensor.

### **Instalación y Programación del Variador Allen Bradley**

Se programó la entrada O1, O3, O5 y la salida temporizada R1, cuando O1 recibe una señal activa el variador a la frecuencia máxima que es de 60 Hz haciendo que el motor gire a la máxima velocidad y torque, al mismo tiempo la entrada O3 recibe la misma señal del sensor que

activo O1, la cual activa R1 una salida a relé normalmente cerrada, R1 se programó para que se abriera por 5 segundos, pasado este tiempo se cierra activando la entrada O5, esta hace que el variador baje la frecuencia a 10 Hz reduciendo la velocidad del motor, el proceso vuelve a repetirse cada vez que O1 recibe la señal de activación proveniente del fin de carrera. El tiempo de activación se logró realizar gracias a que el variador tiene una función de PLC interna que permite poner tiempos en las salidas a relé que posee. En la figura 26 se muestra la instalación del variador.



**Figura 26.** Variador instalado.

En la tabla 7 se muestran los parámetros de la programación manual que se realizó. Cuando se programa desde el software Workbench junto con RSLogix 5000 es mucho más rápido, con Workbench simplemente los parámetros se envían todos en la programación, manualmente toma más tiempo, y con RsLogix 5000 se programa el variador similar a un PLC así que se puede hacer uso de los temporizadores y contadores, aunque con Workbench se puede también hacer el uso las funcione PLC como los temporizadores y contadores es más tedioso.

Tabla 6

*Programación del variador Allen Bradley PowerFlex 525*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>P030</b>	1
<b>P031</b>	230 V
<b>P032</b>	60 Hz
<b>P033</b>	3.75 A
<b>P034</b>	1.9 A
<b>P035</b>	4
<b>P036</b>	1500 rpm
<b>P037</b>	0.372 kW
<b>P038</b>	2
<b>P039</b>	2
<b>P040</b>	0
<b>P041</b>	0 s
<b>P042</b>	5 s
<b>P043</b>	10 Hz
<b>P044</b>	60 Hz
<b>P045</b>	4
<b>P046</b>	2
<b>P047</b>	2
<b>P049</b>	7
<b>t062</b>	49
<b>t063</b>	19
<b>t065</b>	7
<b>t076</b>	25
<b>t077</b>	5 s
<b>t105</b>	1
<b>A411</b>	10 Hz

Parámetros programados en base a las características del motor y los parámetros necesarios para automatizar la máquina, los demás parámetros se dejaron por defecto de fabrica (Fuente: el autor).

### Conexiones Eléctricas y Electrónicas

Las conexiones realizadas se muestran en la figura 27, su puede ver el final de carrera tipo aguja y las conexiones electrónicas internas del variador como las borneras de salida y entrada que pueden ser utilizadas.

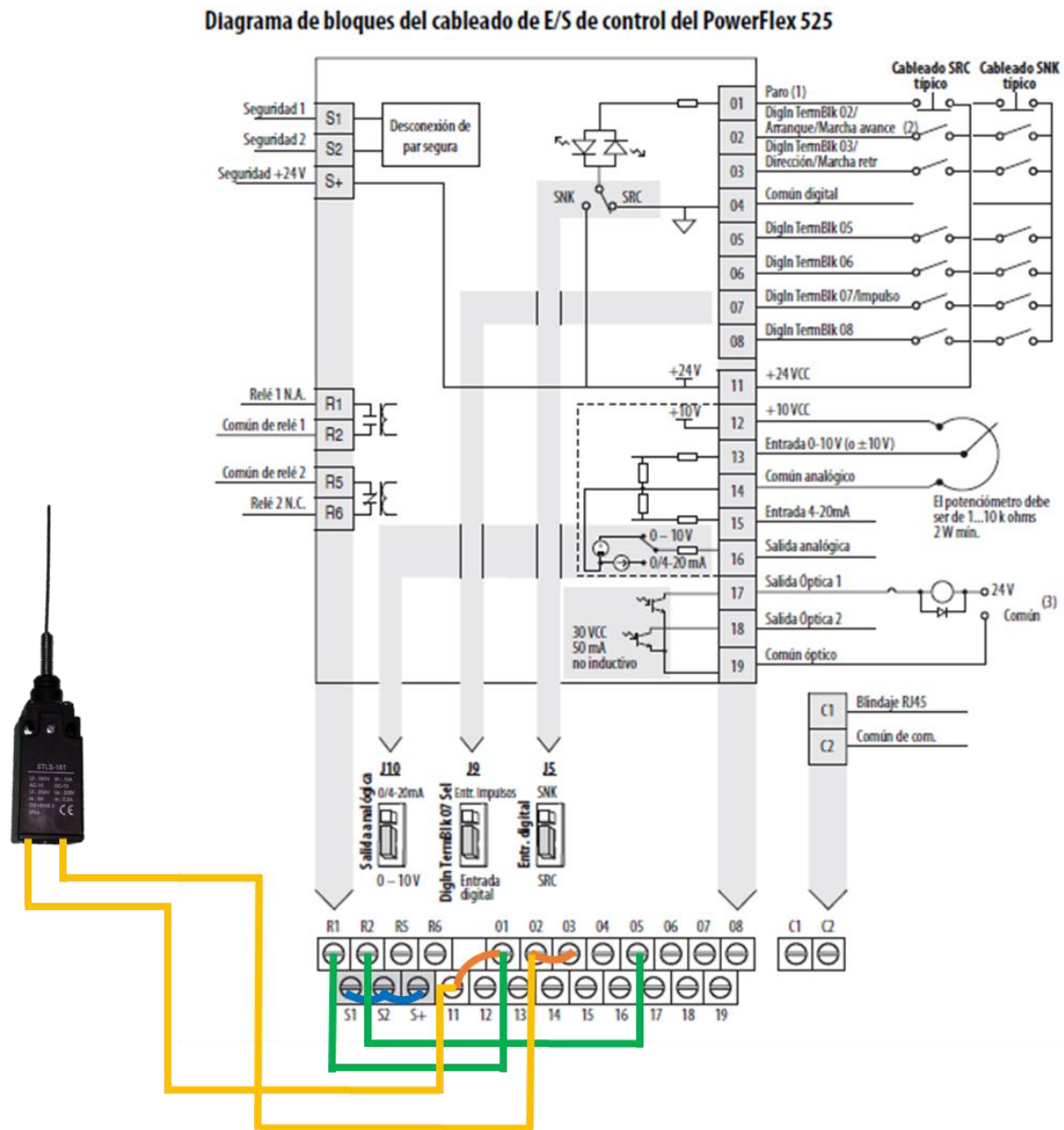


Figura 27. Conexiones electrónicas.

Para la conexión eléctrica se usó el arranque directo que tiene la máquina, el cual consta de un contactor junto con relé térmico y sus respectivos pulsadores. Cuando se acciona el pulsador de marcha el contactor se acciona alimentando el variador, al pulsar el botón de paro se desenergiza el variador, en la figura 28 se muestra las conexiones eléctricas.

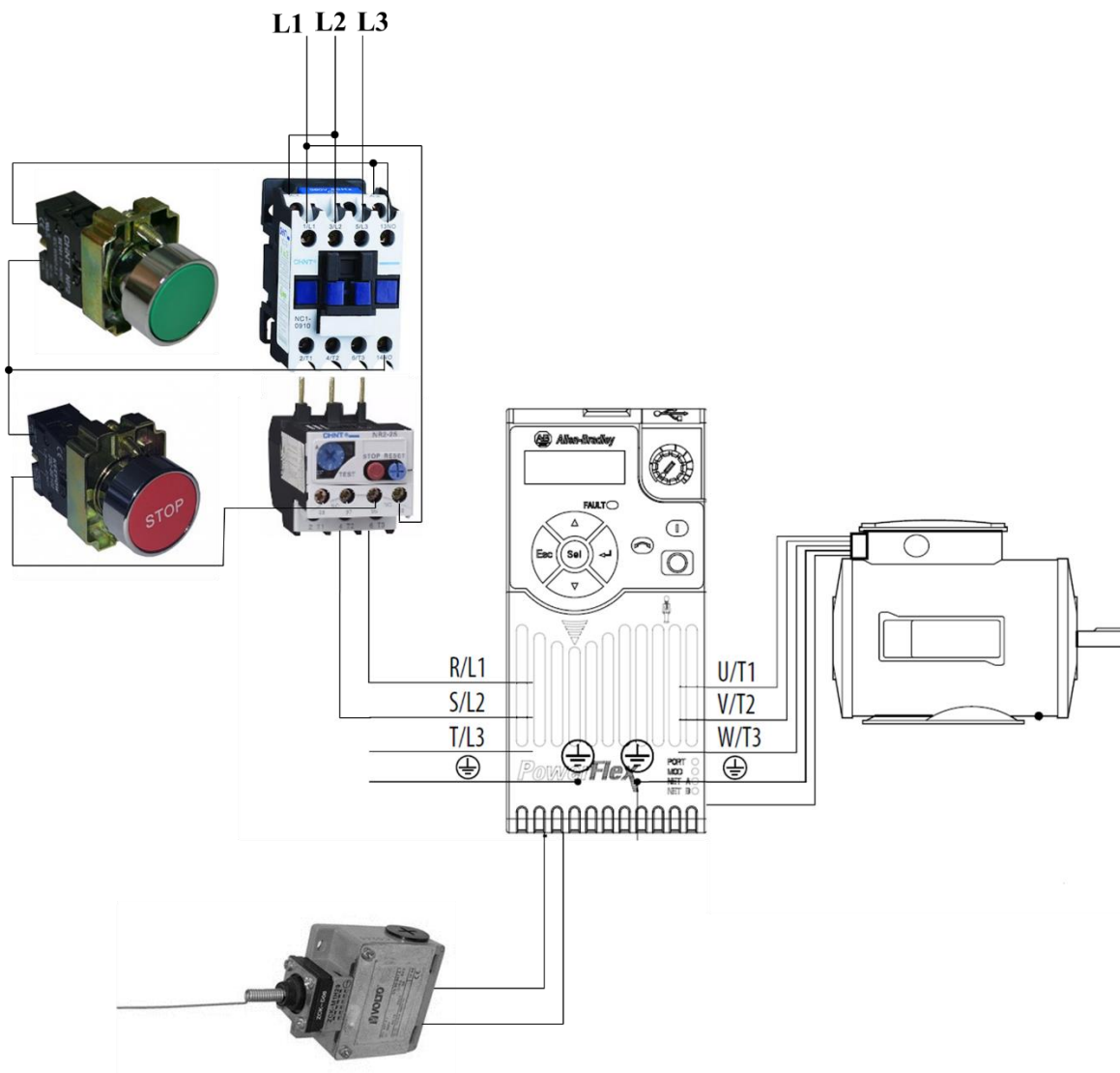


Figura 28. Conexiones eléctricas.



## Capítulo 4

### Manual de Mantenimiento de las Puertas Evolución Automáticas de los Cuartos Fríos

La línea de producción termina cuando las flores son depositadas en los cuartos fríos para que conserven, las puertas mantienen la temperatura de los cuartos, además son la salida para proceder a cargar lo camiones y finalmente ser llevadas al aeropuerto para exportarlas a los diferentes países compradores.

#### Funcionamiento

Las puertas son activadas por medio de la caja de botones, esta puede ser activada hacia arriba o abajo y ser detenida en cualquier punto. Tiene un retardo de 6 segundos para cerrarse en caso de que los sensores situados en la parte inferior no detecten un obstáculo. En caso de que la puerta esté en proceso de cierre y alguien esté pasando, esta se devuelve automáticamente, ya que los sensores fotoeléctricos se activan cuando detectan un obstáculo. En la figura 29 se muestra la puerta automática.



**Figura 29.** Puerta automática.

La finalidad de estas puertas es mantener la temperatura de los cuartos fríos a una temperatura máxima de 3°C, es una parte fundamental de los cuartos fríos así que se deben mantener cerradas el mayor tiempo posible para conservar la temperatura estable. Es muy importante que la puerta no tenga agujeros, así que es revisada periódicamente.

### **Partes Principales**

**Motor MFZ OVITOR.** Este motor controla la apertura y cierre de la puerta; cuenta con su correspondiente tarjeta electrónica de control, botonera y finales de carrera mecánicos tipo leva. Los finales de carrera están conectados a la tarjeta y envían una señal electrónica cuando la puerta está abierta o cerrada, con la botonera se activa manualmente la puerta.

*Características técnicas motor Oviton.* Las características de los motores ovitor se muestran en la tabla 8.

Tabla 7  
*Características motor*

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
Voltaje	400V $\pm$ 2%
Potencia	0.55 KW
Factor de eficiencia	0.72
R.P.M	1500
Corriente nominal	1.8 A
Torque	40 Nm
Grado de protección	IP54

Datos obtenidos del motor (Fuente: el autor).

*El motor tiene conexión estrella así que debe ajustarse el parámetro de voltaje del variador a 230 V.*

**Variador Emerson M100.** El variador se encarga de controlar por frecuencia la velocidad del motor, con sus botones y pantalla podemos acceder a los menús para introducir los respectivos parámetros del motor.

El variador debe ajustarse con los parámetros mostrados en la tabla 9, así que se debe ver la placa del motor para consultar los parámetros e introducirlos en el variador.

Tabla 8  
Parámetros variador

Parámetro	Valor
00.001	0
00.002	50
00.003	5
00.004	10
00.005	AU
00.006	4.2
00.007	1500
00.008	230
00.009	0.85
00.010	LEVEL.0
00.039	50
00.041	FD

Parámetros programados según las características del motor (Fuente: el autor).

Adicionalmente se puede observar el manual de uso Emerson y revisar otros parámetros si es necesario cambiarlos.

**Interruptor Schenider Electric.** El interruptor tiene la tarea de energizar el variador y suministrar energía a todo el sistema. Se debe tener cuidado al atornillar o desatornillar lo terminales de alimentación y salida debido a que el interruptor se encuentra en una caja la cual está hecha de un material conductor.

*Sensor fotoeléctrico tipo barrera. Los sensores se activan cuando detectan un obstáculo, envían una señal electrónica para abrir la puerta si está en proceso de cierre.*

### **Mantenimiento**

Una de las partes fundamentales de la puerta es el motor y el sistema mecánico que permite el movimiento de la puerta. Se debe desmontar la puerta en su totalidad.

1. Retirar la tapa que cubre el eje donde se envuelve la puerta.
2. Retirar motor Ovitor y observar si es necesario realizar cambio de rodamientos, los rodamientos se deben cambiar cada tres años o cada 25000 h. Ver manual de mantenimiento rodamientos.
3. Revisar el eje donde se pliega la puerta en busca de daño y verificar que no tenga excentricidad, desbalanceo u otro tipo defecto.
4. Retirar el eje donde se pliega la puerta y observar si es necesario realizar cambio de rodamientos, anillos de seguridad, los rodamientos se deben cambiar cada tres años o cada 25000 h. Ver manual de mantenimiento variadores.
5. Retirar y limpiar el óxido que se encuentre en los ejes.
6. Desmontar variador Emerson, retirando todas las conexiones eléctricas y realizar mantenimiento. Ver manual de mantenimiento variadores.
7. Retirar la caja reductora del motor.
8. Revisar el aceite de la caja reductora y cambiarlo. Ver manual mantenimiento reductores.
9. Observar retenedores de la caja reductora y determinar si es necesario cambiarlos.
10. Verificar que la puerta no tenga agujeros, esto hace que no se mantenga la temperatura del cuarto.
11. Observar que los prisioneros de las levas estén ajustados correctamente.

12. Limpiar la tarjeta y ajustar las conexiones.
13. Limpiar y ajustar las conexiones del variador. Ver manual de uso de variadores Emerson.
14. Revisar el bobinado del motor. ver manual mantenimiento motor eléctrico.
15. Graduar las levas y ajustarlas debidamente según la posición correcta. Ver indicaciones para calibrar las puertas de los cuartos fríos.
16. Limpiar las escobillas que se encuentran en el marco de la puerta.
17. Revisar que los sensores fotoeléctricos no tengan algún tipo de obstáculo, como basura u otro agente extraño, para que la puerta no esté siempre abierta, esto afecta la temperatura del cuarto.
18. Realizar limpieza al plástico de la puerta.
19. Finalmente montar la puerta en el mismo orden dado para desmontarla, y activamos la puerta para verificar su correcto funcionamiento.

### **Ejecución Plan de Mantenimiento**

Después de elaborar el plan de mantenimiento se realizó su ejecución.

### **Indicaciones para Retirar el Motor Oviton**

Retirar los tornillos que sostiene la tapa que protege el eje donde se pliega la puerta, ver figura 30.



**Figura 30.** Tapa protectora.

Retirar los tornillos de la placa donde se sostiene el motor, seguidamente con la llave Bristol desatornillar el prisionero para posteriormente retirar el rodamiento y permitir que el motor salga. En la figura 31 se muestra el motor en la placa.



**Figura 31.** Placa de soporte motor y rodamiento.

Finalmente, desconectar los cables necesarios de la tarjeta electrónica de control y con el martillo de goma golpear la placa donde se sostiene el motor y usar tubos para hacerle palanca a la placa que sostiene el motor para retirarlo poco a poco, en algunas ocasiones el motor debido al óxido puede estar muy ajustado, así que debemos usar removedor de óxido y “afloja todo”, esto facilita este paso. En la figura 32 se muestra el motor siendo extraído.



**Figura 32.** Extracción del motor.

### **Indicaciones para Retirar el Eje donde se Pliega la Puerta**

Después de haber retirado el motor en su totalidad.

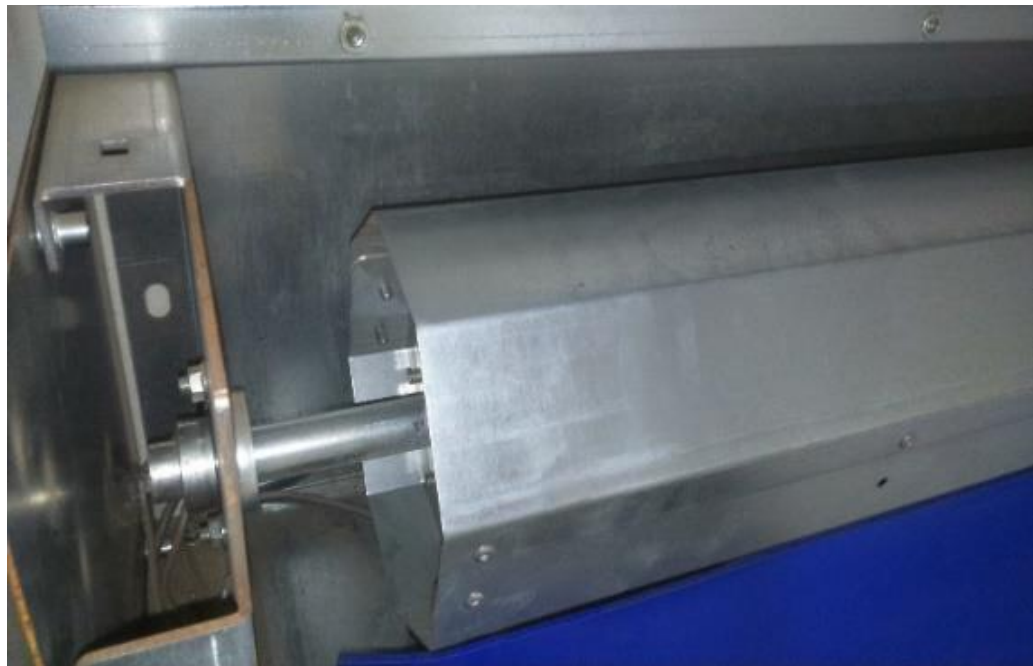
Se observan dos anillos de seguridad en la parte posterior al soporte derecho, deben ser retirados usando la correspondiente llave Bristol, ver figura 33.





**Figura 33.** Anillos posteriores parte derecha.

Se observa un anillo de seguridad en la parte posterior al soporte izquierdo, debe ser retirado con la correspondiente llave Bristol, ver figura 34.



**Figura 34.** Anillo posterior parte izquierda.

Ahora se golpea el eje donde se pliega la puerta con el martillo de goma para retirarlo.



Después de retirar el eje, se retiran los tornillos que sostienen el soporte izquierdo, donde se encuentra el respectivo rodamiento, ver figura 35.



**Figura 35.** Soporte y rodamiento izquierdo.

Retirar los tornillos que sostienen el soporte derecho, donde se encuentra el respectivo rodamiento, ver figura 36.



**Figura 36.** Soporte y rodamiento derecho.

### Desarme del Motor y Cambio de Rodamientos

Primero se retira el electroimán INTORQ BFK457-04 que se encarga de embragar o detener el motor el motor, para ello se quitan los 3 pequeños tornillos brístol que se encargan de sujetarlo, y también de debe retirar el eje para permitir que el electroimán salga. ver figura 37.



Figura 37. Electroimán.

Seguidamente se deben quitar los 4 tornillos brístol para separar las dos caras opuestas como se indica en la figura, se golpean suavemente ambas caras para que se suelten, como ya se retiró el electroimán se pueden separar las dos caras como se muestra en la figura 38.



Figura 38. Caras del motor.

Después se procede a retirar una de las dos tapas, para ello se retira la cuña que se encuentra en el eje del rotor como se observa en la figura 39.



**Figura 39.** Tapa izquierda.

Ahora se retira la otra tapa, para ello se debe retirar el anillo de retención tipo seeger y retirar el piñón donde va asegurado el electroimán, que están en el eje del rotor, ver figura 40.



**Figura 40.** Tapa derecha.

Finalmente, se tiene el motor desarmado, así que ahora se puede revisar el bobinado, cambiar rodamientos 6202-Z, engrasar y hacer cualquier tipo de ajuste o cambio que sea necesario, en la figura 41 se muestra el rotor y los rodamientos.



**Figura 41.** Rotor junto con rodamientos.



## Capítulo 5

### Resultados y Análisis

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en proceso de optimización de la línea de producción.

### Túnel de Aspersión

La estructura le dio un mejor aspecto visual al túnel de aspersión, con las cortinas de aire se logró disminuir la fuga del líquido esparcido dentro del túnel al ambiente, reduciendo la contaminación hacia el ambiente y el daño a la salud del personal que trabaja alrededor. En la figura 42 se muestra el túnel antes de la intervención.



**Figura 42.** Túnel antiguo.

En la figura 43 se muestra el túnel después de la intervención.



**Figura 43.** Túnel renovado.

La programación del PLC contribuyó a la mejora del túnel optimizando la aspersion y la rapidez del proceso, los tiempos de aspersion ayudaron a tener un mejor uso del químico, ayudando a evitar con mayor eficacia las enfermedades.

En la figura 44 se muestra el tablero de control, donde se encuentra el totalizador principal, el PLC, el interruptor de activación del PLC, el variador, los respectivos contactores de; el compresor, cortinas de aire y bomba electrosumergible.

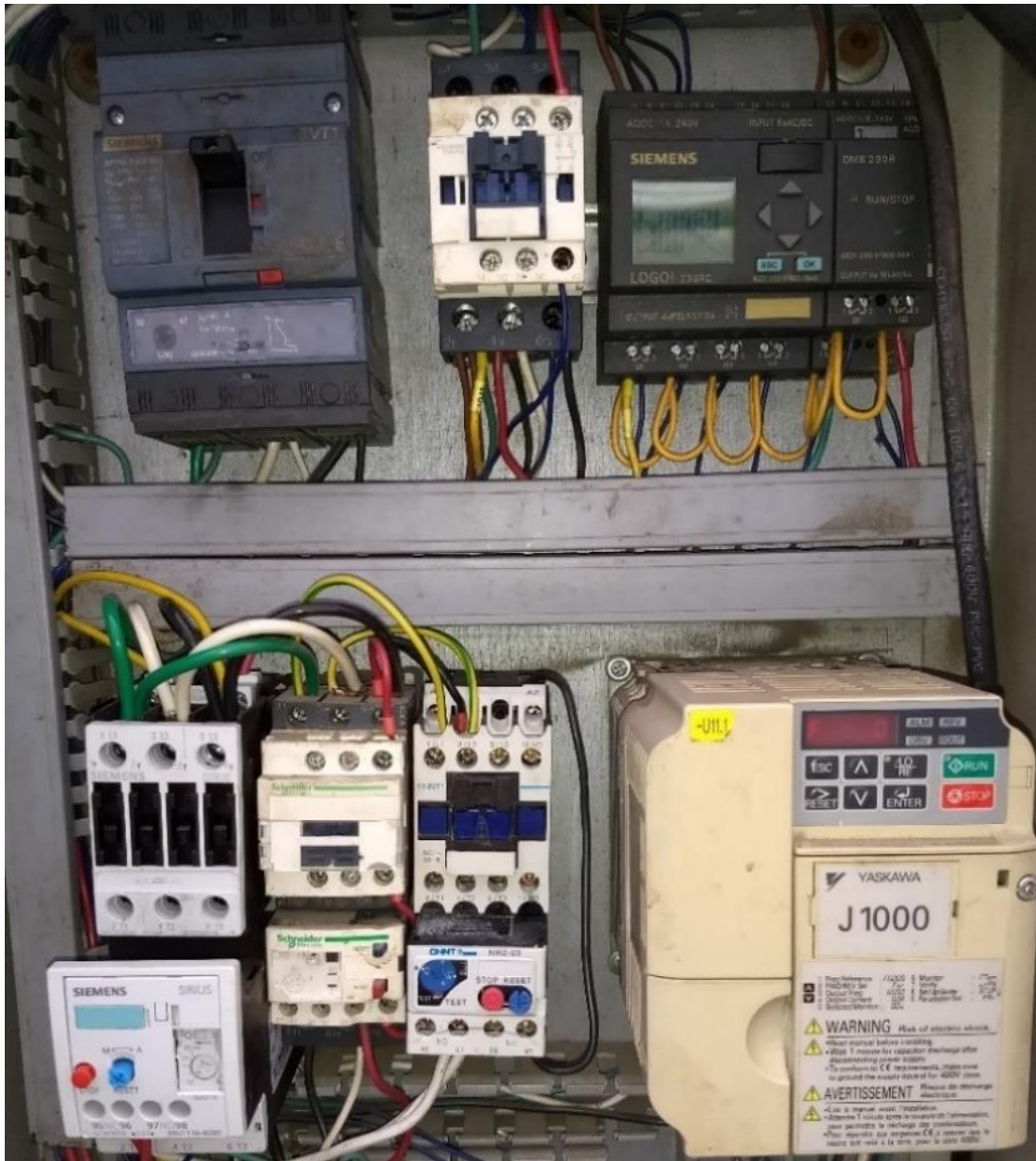


Figura 44. Tablero de control.

### Máquina Peladora

La automatización de la máquina redujo el consumo de corriente del motor en un 39.9 %, la corriente del motor sin variador es de 1.8 A, cuando se conectó el variador la corriente se mantuvo en 1.1 A, ya que este disminuye la frecuencia como se explicó en el capítulo 3. Esto hizo que se redujera el consumo de energía y se reflejara en costo.



Se realizaron los mismos cálculos realizados en el capítulo 3 pero ahora con una corriente de 1.1 A.

Se calcularon los kilowatts:

$$KWA = \frac{\sqrt{3} * 220V * 1.1A}{1000}$$

$$KWA = 0.419156$$

$$KW = 0.68589212 * \cos(\emptyset)$$

$$KW = 0.33951$$

Ahora se multiplico el KW por las horas de trabajo de la máquina, en la tabla 10 se muestran los resultados de consumo para una jornada laboral de 8 horas.

Tabla 9

*Consumo por máquina automatizada*

	<b>Día</b>
Consumo improductivo (Kwh)	2.535057
Consumo productivo (Kwh)	0.181064

*Fuente:* El autor.

Teniendo el kilowatt hora por máquina, se multiplicó el costo del KWH que se paga a la empresa prestadora de energía, en la tabla 11 se muestra el nuevo costo por día, después de automatizar las máquina.

Tabla 10

*Costo por día maquina automatizada*

	<b>Día</b>
Costo improductividad	\$ 816,28
Costo productividad	\$ 58,30

*Fuente:* El autor.

En la tabla 12 se muestra el costo para 156 máquinas.

Tabla 11  
*Costo para 156 máquinas automatizadas*

	<b>Día</b>	<b>Mes</b>
Costo improductividad	\$ 127.339,68	\$ 3.820.190,4
Costo productividad	\$ 9.094,8	\$ 272,844

*Fuente:* El autor

Se comparó la tabla 6 y la tabla 12 y se restó el costo de improductividad al mes de cada tabla de las 156 máquinas, el resultado es de \$ 2.431.095,19 valor que la empresa ahorrará al mes.

Debido a este gasto se energía al mes se propuso la automatización, teniendo un presupuesto de \$420.000 por máquina, para empezar a obtener ganancias en 2 años y 3 meses (27 meses) aproximadamente, o lo que es lo mismo, que las máquinas fueran terminadas de pagar en ese tiempo. El presupuesto se obtuvo del valor del ahorro que son \$ 2.431.095,19 al multiplicar este valor por 27 meses se obtiene \$ 65.639.570,13. La finca tiene 156 máquinas, este número se multiplicó por \$ 420.000 dando como resultado \$ 65.520.000, presupuesto que debió ser invertido para la automatización de todas las máquinas peladoras de la línea de producción.

Un inconveniente fue el presupuesto estimado para automatizar la máquina, existen muchos tipos de variadores y sensores que son apropiados para la automatización de la máquina, pero hubo que buscar un producto de calidad que se ajustara a el presupuesto. Después de muchas cotizaciones se encontraron los precios adecuados para comprar los componentes.

En principio se estaba decidiendo entre un sensor mecánico y un fotoeléctrico, pero el sensor fotoeléctrico debido a las ubicaciones donde podía ser colocado tenía el riesgo de ser obstruido por los residuos de las hojas que se retiran de los tallos, así que finalmente se optó por el fin de carrera. En la figura 45 se muestra la máquina antes de su automatización.



**Figura 45.** Máquina peladora con arranque directo.

En la figura 46 se muestra la máquina automatizada con los respectivos componentes.



**Figura 46.** Máquina peladora automatizada.

### **Mantenimiento Puertas Evolution Automáticas**

El mantenimiento logro evitar problemas de rodamientos en general. Se hizo más el mantenimiento de las demás puertas, en dado caso que el variador se des configuré por problemas comunes en la red eléctrica, es fácil y rápido volver a configurar los parámetros, gracias al manual realizado. El manual fue compartido a las demás fincas donde el área de mantenimiento a cargo lo revisó y procedió a su ejecución.

### Conclusiones

- ✓ Se logró optimizar la línea de producción mejorando los procesos de automatizados de la empresa.
- ✓ La optimización del túnel de aspersión mejoro notablemente el proceso y ayudó a una mejor conservación de las rosas, previniendo con mayor eficiencia las enfermedades.
- ✓ Las cortinas de aire puesta en la entrada y salida del túnel imposibilito que el aire externo entrara dentro del túnel perturbando el proceso, también impidieron que el líquido esparcido saliera al ambiente, disminuyendo la contaminación.
- ✓ En el PLC LOGO! se usaron solo salidas y entradas de 220 VAC, ya que lo elementos conectados son de alimentación bifásica y trifásica, estos voltajes son muy usados en la industria.
- ✓ Los módulos de expansión para PLC, ayudan a tener más salidas y entradas para ser usadas por el PLC, dándole al programador un sinfín de aplicaciones y no tener la necesidad de usar otro controlador lógico programable.
- ✓ Es muy importante usar elementos de protección como los relés térmicos para evitar daños en los elementos conectados y sobre todo en las salidas y entradas del PLC.
- ✓ Los contactores son usados para usar elementos de amperajes altos conectados a la red principal, el PLC cuenta con salidas de 10 A, en algunos casos esta corriente no es suficiente para lograr el correcto funcionamiento del elemento conectado, por ende, terminaríamos dañando las salidas del PLC, entonces el PLC solo se encarga de activar la bobina de enclavación de contactor, así que el elemento conectado toma la corriente necesaria de la red principal.

- ✓ Debido a las funciones de PLC que posee el variador PowerFlex 525 se logró realizar la automatización de la máquina peladora, algunos variadores no cuentan con esta función y por ende las salidas y entradas no pueden ser temporizadas.
- ✓ La rampa de aceleración del variador de la máquina peladora debe ser de 0 segundos, para que suba rápidamente de 10 Hz a 60 Hz y no se pare el variador por sobrecarga cuando el operario introduce los tallos de las rosas.
- ✓ El variador de la máquina peladora se dejó una frecuencia de mínima de 10 Hz para no apagar el motor, porque prender y apagar el motor causa daños en los rodamientos, además también se generan picos de corriente de siete veces la corriente nominal del motor.
- ✓ Los planes de mantenimiento son de gran importancia para prevenir daños en los equipos, estos daños causan la detención de los procesos generando pérdidas económicas y retrasos en la producción.
- ✓ El plan de mantenimiento de la puerta logró que los técnicos realizaran los mantenimientos de las demás puertas de manera más rápida.

## Referencias

- ¿Qué es una cortina de aire? (2017). Consultado el 13 de Agosto de 2017, de  
<http://www.airtechnics.com/es/tecnologia/que-es-una-cortina-de-aire>
- Aplicaciones Industriales del PLC | MacroPLC. (2017). Consultado el 13 de Agosto de 2017, de  
<https://www.macroplc.com/aplicaciones/>
- El uso de los llamados PLC | Blog Proymec. (2017). Consultado el 26 de septiembre de 2017, de  
<http://proymec.es/blog/los-plc-en-la-automatizacion-industrial/>
- Elite Flower – A touch of class. (2017). Consultado el 13 de Agosto de 2017, de  
<http://www.eliteflower.com/>
- Enriquez Harper, G. (2000). *El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos*. Limusa/Grupo Noriega Editores.
- Fitzgerald, A. E. (Arthur E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2003). *Electric machinery*. McGraw-Hill. Consultado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_eléctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_eléctrico)
- Implementación, D. E., Máquina, D. E. U. N. A., Clasificadora, A., & Según, D. E. O. (2014).  
Extensión Iatacunga.
- INTORQ BFK457 Distribuidores de frenos accionados por resorte. (2017). Consultado el 30 de Septiembre de 2017, from <http://www.actechdrives.com/Intorq-BFK457-Brakes.html>
- Li-hong, D. A. I., Mao-xiang, C. H. U., Bin, H., Peng, F., & Peng, Y. A. O. (2016). Design of Energy-saving Control System on Escalator Based on LOGO ! and Frequency Converter, (6), 3494–3499.
- Lladonosa, V. (1993). *Circuitos básicos de contactores y temporizadores*. Marcombo.  
Consultado de <https://www.casadellibro.com/libro-circuitos-basicos-de-contactores-y-temporizadores/9788426709165/270611>



MORA, J. F., & FRAILE MORA, J. (2008). *MÁQUINAS ELÉCTRICAS (6ª Edición)*.

MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A. Consultado de

[https://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_frecuencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia)

Salvador Escoda S.A. (2015). Cortinas de Aire. *El Por Qué de Una Cortina*, 25–26. Consultado

de <http://www.salvadorescoda.com/tarifas/index.htm>

SISCODE, & SISCODE. (2015). *sensores Perú*. <http://siscode.com/>. Consultado de

<http://siscode.com/sensores-y-accesorios-banner/sensores/>

Variador de velocidad. (2017), 3487(1437), 7073. Consultado de

<http://fr.slideshare.net/FranciscoNazar1/variadores>