

**Práctica empresarial para la migración tecnológica de una secadora de vapor industrial del
área de producción de la empresa Elis Colombia sede Floridablanca**

Rafael Enrique Gómez Fonque

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico

Director

Kelly Johanna Niño Sandoval

Especialista en Automatización Industrial

Codirector

Félix Antonio Pérez Rondón

Magister en Controles Industriales

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Facultad de Ingeniería Mecatrónica

2024

Dedicatoria

Con amor y gratitud dedicado a mis padres, por el sacrificio que han hecho a lo largo de los años, por estar pendiente durante mi formación para que no me faltara nada, y por la confianza que han tenido en mí. A mi hermana por apoyarme y aconsejarme en las decisiones que tomé, por levantarme los ánimos en los momentos difíciles y celebrar conmigo los pequeños logros.

Con esfuerzo y dedicación.

Agradecimientos

En esta etapa de logros a nivel personal y profesional le agradezco a mis padres y hermana por ser mi inspiración y apoyo incondicional para seguir día a día adelante en todo lo que me propongo. A mis amigos y compañeros por su compañía, motivación y apoyo durante este proceso, la amistad brindada es una de las cosas más valiosas que me llevo. A los profesores un profundo agradecimiento por la pasión y dedicación demostrada al enseñar y formar.

A los compañeros del área de mantenimiento de Elis por la paciencia, enseñanzas y confianza brindada durante el desarrollo de las prácticas.

A Dios por las oportunidades, enseñanzas, salud y tiempo dado en esta etapa.

Contenido

Introducción	12
1. Práctica empresarial para la migración tecnológica de una secadora de vapor industrial del área de producción de la empresa Elis Colombia sede Floridablanca	14
1.1 Planteamiento del problema	14
1.2 Justificación.....	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
2. Reseña de la empresa	17
3. Marco referencial	17
3.1 Actualización de sistemas de automatización	17
3.1.1 LOGO	18
3.1.2 HMI	18
3.2 Secadoras industriales	19
3.2.1 Secadoras de gas	19
3.2.2 Secadoras de vapor	19
3.2.3 Secadoras eléctricas.....	19
3.2.4 Flujo de aire en secadoras industriales	20
3.3 Normas Técnicas Colombianas	21
3.3.1 NTC 2050	21
3.3.2 NTC 3475:1996	21

3.3.3 NTC-IEC 60529:2020	21
4. Plan de trabajo.....	22
4.1 Documentación de manuales y diagramas.	23
4.1.1 Especificaciones generales de la secadora.....	23
5. Resultados	27
5.1 Requisitos de operación del secado.....	28
5.1.1 Lógica de operación del LOGO.....	28
5.1.2 Apartado visual del HMI	29
5.1.3 Comunicación entre LOGO y HMI	33
5.2 Plano eléctrico	33
5.2.1 Controlador de temperatura	35
5.2.2 Montaje	36
5.3 Otras actividades realizadas.	39
7. Recomendaciones	45
8. Conclusiones	46
Referencias.....	47
Apéndices.....	50

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Elementos electromecánicos generales de la secadora.</i>	27
Tabla 2. <i>Elementos plano eléctrico.</i>	35

Lista de figuras

Figura 1. <i>Flujo de aire axial y radial.....</i>	20
Figura 2. <i>Grados de protección IP.</i>	22
Figura 3. <i>Estado tablero eléctrico secadora N. 5.</i>	24
Figura 4. <i>Estado tarjeta de control secadora N. 5.....</i>	24
Figura 5. <i>Figura referente de vista isométrica de la secadora.....</i>	25
Figura 6. <i>Figura referente a los requisitos de línea de vapor mencionados en manuales.</i>	26
Figura 7. <i>Figura referente al sistema de impulso por correa.....</i>	26
Figura 8. <i>Grafica de encendido, apagado y sentido de giro motor del cilindro.</i>	29
Figura 9. <i>Apartado visual imagen de inicio.....</i>	30
Figura 10. <i>Apartado visual imagen de ciclo en proceso.....</i>	30
Figura 11. <i>Apartado visual imagen de mantenimiento.</i>	31
Figura 12. <i>Apartado visual imagen de control manual.</i>	32
Figura 13. <i>Diagrama de opciones de selección desde imagen de inicio.</i>	33
Figura 14. <i>Plano eléctrico acondicionado al proyecto, etapa de potencia y control.....</i>	34
Figura 15. <i>Imagen de controlador Autonics TZN4S-14R.</i>	36
Figura 16. <i>Ensamble de los elementos del tablero.</i>	37
Figura 17. <i>Panel de operación.....</i>	38
Figura 18. <i>Cableado interno panel de operación.</i>	38
Figura 19. <i>Borneras y fuente de panel de operación.</i>	38
Figura 20. <i>Frontal de secadora con el panel.....</i>	38
Figura 21. <i>Fotografías de montaje tablero eléctrico y neumático, cableado, tubería, accesorios y motores sistema reúso de PTAR.</i>	40

Figura 22. <i>Fotografías pruebas de funcionamiento de prensa y sistema de bombeo de aceite de calandra Kannegiesser.</i>	40
Figura 23. <i>Fotografías desmontaje, revisión cajas reductoras y motores varios.</i>	41
Figura 24. <i>Fotografías acompañamiento instalación sistema de evaporadores de gas licuado de petróleo (GLP), tanques y tubería para uso de PTAR.</i>	41
Figura 25. <i>Fotografías cambio de bandas, correas y cintas guías en calandras y sistemas de transmisión.</i>	42
Figura 26. <i>Fotografía limpieza conductos de ceniza de caldera de biomasa.</i>	43
Figura 27. <i>Fotografía cambio y lubricación de rodamientos de ejes.</i>	43
Figura 28. <i>Fotografías de instalación arrancadores suabes, cambio de tarjetas de control y variador de frecuencia.</i>	43
Figura 29. <i>Fotografías revisión y reporte de estado sistemas neumáticos de equipos.</i>	44
Figura 30. <i>Fotografías de revisión sistema hidráulico y tableros de calandras, y sistema de secadoras de gas.</i>	44
Figura 31. <i>Revisión y prueba quincenal generador auxiliar.</i>	45

Lista de apéndices

Apéndice A. Cronograma de actividades para el desarrollo de la práctica.....	50
---	----

Resumen

El informe presenta las actividades realizadas durante el periodo de prácticas desarrolladas en Elis Colombia S.A.S, empresa dedicada al servicios de renting textil y lavado industrial. Durante las prácticas se brindó apoyo en actividades varias del área de mantenimiento en la planta de producción de Floridablanca, y se desarrolló un proyecto de migración tecnológica de una secadora de vapor industrial. El proyecto se desarrolla con el fin de renovar y tecnificar el tablero eléctrico y el sistema de control del equipo. Para esto, se desarrolla una documentación de las distintas secadoras de vapor que dispone el área de producción para identificar los componentes y su funcionamiento, para en conjunto con los requisitos planteados por parte del departamento de mantenimiento plantear el sistema de control a implementar utilizando un LOGO y una interfaz de control por medio de una pantalla HMI; seguido del montaje de un tablero eléctrico que integre el apartado de control y potencia; y finalizando con la realización de pruebas de funcionamiento.

Palabras clave: Migración tecnológica, tablero eléctrico, HMI, secadora, mantenimiento

Abstract

The report presents the activities conducted during the internship period developed at Elis Colombia S.A.S, a company dedicated to textile renting and industrial washing services. During the internship, support was provided in various activities in the maintenance area at the Floridablanca production plant, and a technological migration project of an industrial steam dryer was developed. The project is being developed to renew and technify the electrical panel and the control system of the equipment. To this, a documentation of the different steam dryers available in the production area is developed to identify the components and their operation, in order to, together with the requirements raised by the maintenance department, propose the control system to be implemented using a LOGO and a control interface through an HMI screen; followed by the assembly of an electrical panel that integrates the control and power section; and ending with the performance of functional tests.

Keywords: Technology migration, electrical panel, HMI, dryer, maintenance

Introducción

En la actualidad, la importancia de la eficiencia y precisión en los procesos industriales es fundamental para asegurar la calidad y la productividad. La adopción de tecnologías y la automatización desempeñan un papel crucial en la mejora de estos procesos. Elis Colombia, una empresa especializada en servicios de renting y lavado industrial, manifiesta un compromiso constante con la mejora de sus procesos, con la meta de fomentar su crecimiento, preservar su competitividad y garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

Debido a un proceso de homologación a nivel nacional de equipos y repuestos, desde el área de mantenimiento de la sede de Floridablanca se plantea un proyecto para tecnificar el sistema de control de una secadora de vapor industrial. Esto basándose en la migración del sistema de control a un módulo lógico inteligente o LOGO, así como la implementación de una interfaz HMI para el monitoreo y operación de la secadora. Esto para modernizar el sistema, tener flexibilidad en la programación y configuración de la secadora y permitir la compatibilidad y soporte continuo con nuevas tecnologías.

Para llevar a cabo el proyecto se realizará una revisión del apartado electromecánico que disponen las diferentes secadoras, identificando sus componentes y configuraciones usadas en producción; así como un análisis del plano eléctrico para realizar las modificaciones necesarias con el fin de adaptar el LOGO y la pantalla para la interfaz HMI. Se establecerán los requisitos de operación a implementar y controlar por medio de la interfaz HMI y la programación del LOGO para los distintos modos de trabajo de la secadora. Además, se realizará el montaje de un tablero de potencia y control actualizado, seguido de la aplicación de pruebas de funcionamiento para verificarán la correcta ejecución del proceso de secado e identificar posibles áreas de mejora y optimización. La implementación exitosa de estos objetivos permitirá una mejora significativa en

la disponibilidad y confiabilidad del equipo, calidad del servicio, eficiencia energética y la capacidad de respuesta a las demandas del mercado.

1. Práctica empresarial para la migración tecnológica de una secadora de vapor industrial del área de producción de la empresa Elis Colombia sede Floridablanca

1.1 Planteamiento del problema

En la sede de Floridablanca de Elis Colombia se realiza el proceso de lavado, secado y planchado de distintos tipos de prendas institucionales. Al momento de ingresar a la planta las prendas pasan a “zona sucia” donde se clasifican según el tipo de prenda y el cliente del que provienen. La clasificación determina el método de procesamiento, que puede ser por medio de un túnel de lavado o mediante lavadoras y secadoras convencionales. Con la opción del túnel, el proceso implica el paso de las prendas a través del túnel donde se aplica el lavado, prensado para extraer el agua, secado con secadoras de gas y, finalmente, el traslado a “zona limpia” para el planchado, doblado y alistamiento para el despacho. Este sistema está automatizado y lo compone el túnel de lavado, la prensa y las secadoras de gas, interconectadas con cintas transportadoras, eliminando la necesidad de que los operarios intervengan directamente en estas etapas. Además, estos equipos están programados con parámetros específicos para diferentes tipos de prendas. Por otro lado, la opción de utilizar equipos convencionales implica la participación de los operarios, quienes cargan y descargan las lavadoras y secadoras de vapor, para que posteriormente las prendas se trasladen a la “zona limpia” para el planchado, doblado y alistamiento para el despacho. En este caso, son los operarios quienes configuran los equipos según las características de las cargas.

No obstante, debido a la naturaleza del trabajo, el entorno en el que operan estos equipos y la constante producción, que se extiende hasta las 24 horas, siete días a la semana, las protecciones y controles de potencia se han deteriorado. Esto expone la parte eléctrica y electrónica

a polvo y humedad, lo que puede resultar en fallas operativas, puntos calientes o cortocircuitos en la tarjeta de control. Cuando surgen estas fallas, el proceso de mantenimiento tiende a ser prolongado, ya que se requiere revisar la tarjeta por un técnico especializado o, en caso de reemplazo, coordinar con la administración a nivel nacional o con la sede de Alemania, ya que las tarjetas son antiguas y no se tienen todas las fichas técnicas o planos de detalle electrónicos.

1.2 Justificación

La migración tecnológica del sistema de control de las secadoras de vapor usadas en el área de producción es necesaria por el estado actual del sistema. Se observa desgaste en el tablero de control por el uso habitual de los operarios; la tarjeta de control está expuesta a la acumulación de mota del ambiente, lo que puede ocasionar cortos o puntos calientes; el cableado se encuentra en malas condiciones, expuesto al exterior de la secadora y no está debidamente identificado. Adicional se han presentado reportes por parte de los operarios indicando que en ocasiones los equipos se apagan o detienen el proceso por alarmas con falsas lecturas de sensores. Todo lo anterior dentro del marco de un proceso de homologación de equipos y repuestos para facilitar los procesos de adquisición para aplicar mantenimientos en planta.

La adaptación del LOGO para el sistema de control permite tener una tecnología más moderna para el control, reduciendo el consumo de energía, teniendo facilidad de mantenimiento, funcionalidad avanzada, flexibilidad y escalabilidad en cuanto a programación y adaptación de nuevos elementos. Además de aprovecharse este acondicionamiento para remodelar el tablero eléctrico permitiendo instalar mejores protecciones y aislamiento frente al ambiente, y cambiando e identificando el cableado usado en el equipo. Con la interfaz HMI se pretende tener un apartado visual y de control que reduce la variedad de opciones que se tiene con el panel de control actual,

modificándolas por modos de trabajo estandarizados al secado usado de manera habitual de producción. Con esta adaptación se adaptan las secadoras a una sola pantalla para simplificar el control y monitoreo del uso de las secadoras.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar migración tecnológica de una secadora de vapor industrial mediante la adaptación y programación de LOGO y HMI, así como de la actualización de planos y tablero eléctricos correspondientes.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar las especificaciones electromecánicas que poseen las distintas secadoras de vapor disponibles en la planta para identificar los componentes y configuraciones que se utilizan en producción.

Determinar los requisitos de operación a implementar y controlar con la interfaz HMI y la lógica de programación del LOGO para realizar la programación de los modos de trabajo de la secadora.

Modificar plano eléctrico por defecto de la secadora para adaptar conexiones del LOGO y la pantalla para HMI con el fin de realizar montaje del tablero eléctrico con etapas de potencia y de control nuevos.

Realizar pruebas de funcionamiento de los distintos modos de trabajo según los parámetros por defecto y modificados en el HMI para comprobar la correcta ejecución del proceso de secado.

2. Reseña de la empresa

Elis es un proveedor internacional de servicios múltiples que ofrece soluciones de servicios textiles, de higiene y de instalaciones. Presente en Europa y América Latina, siendo líderes en la mayoría de los 28 países en los que opera, empleando a 45,000 profesionales en 440 centros de producción y servicios. Elis presta el servicio para organizaciones públicas y privadas de todos los tamaños y sectores de trabajo. Ofreciendo soluciones a medida en ropa de cama plana, ropa de trabajo, ropa para restaurantes, baños, protección de pisos, paquetes quirúrgicos, control de plagas y confección de prendas [1] y [2].

Misión: Ofrecer servicios de renting y lavado industrial garantizando cantidad, oportunidad, limpieza e higiene de las prendas [2].

Visión: Para el año 2025 ELIS Colombia tendrá presencia en las principales ciudades de Colombia y será la lavandería con más participación en el mercado, prestando servicios en el sector hotelero, hospitalario e industrial [2].

3. Marco referencial

3.1 Actualización de sistemas de automatización

Consiste en modernizar un sistema que se considera obsoleto. Esto se realiza con el fin de aprovechar la infraestructura actual incluyendo nuevas tecnologías, componentes o características a las máquinas para obtener mejor rendimiento y confiabilidad durante el proceso de producción. Para esto hay que realizar un proceso de estudio y detalle del sistema, donde se analiza la arquitectural, los dispositivos y componentes; seguido de una planificación y diseño de nuevas arquitecturas necesarias para adaptar los nuevos componentes. Ya después se realizaría el cambio

de hardware nuevo, conversión de software y finalmente la puesta en marcha y pruebas del sistema [3], [4].

Con las actualizaciones se busca mejorar la eficiencia y productividad de los procesos de producción; tener flexibilidad y adaptabilidad de ajustes rápidos y precisos para adquirir una mejor adaptación del mercado, permitir integrarse con otras tecnologías como el internet de las cosas (IoT), adaptación a SCADA, el aprendizaje automático o la integración con inteligencias artificiales; y el cumplimiento normativo y de seguridad establecidos [4].

3.1.1 LOGO

El LOGO de Siemens es definido como un Módulo Lógico Inteligente, este permite el control de salidas mediante la programación de condiciones dadas unas entradas, permitiendo integrar este dispositivo para pequeños proyectos de automatización, donde se integren funciones con interruptores de tiempo y retardos, contadores y relés de tiempo o auxiliares [5]. Estos dispositivos son considerados como relés lógicos programables (PLR) dado que se pueden encontrar funciones de temporizadores, contadores y bloques de secuencias sencillas, permitiendo automatizar proyectos de menor escala. A diferencia de los controladores lógicos programables (PLC) los cuales tienen mayor capacidad de entradas y salidas, mayor variedad de funciones específicas y de comunicación, y están pensados para procesos de rendimiento medio y alto.

3.1.2 HMI

Comúnmente conocidos como HMI (Human-Machine Interface) hace referencia a un panel, pantalla o computador que permite al usuario comunicarse y controlar una máquina, equipo

o sistema tecnológico. En entornos industriales estos suelen ser paneles de control y monitoreo de las máquinas o del proceso de producción [6].

3.2 Secadoras industriales

Las secadoras industriales son máquinas de uso intensivo y de gran capacidad para el proceso de secado de prendas tras el lavado de estas. Las secadoras suelen manejar cargas de entre los 25 a 200 libras, según las dimensiones y especificaciones dadas por el fabricante [7].

3.2.1 Secadoras de gas

Son equipos que emplean las características energéticas que posee el gas de forma directa e indirecta para eliminar la humedad de las prendas por medio de un flujo constante de aire caliente en el cilindro o tambor. Este tipo de secadoras destacan por reducir el costo energético y maximizar los tiempos de secado [7].

3.2.2 Secadoras de vapor

Son equipos que implementan un sistema de serpentines de vapor, a través de estos pasa vapor de agua a alta presión y permite el intercambio de calor con el aire del medio en el que está. Este aire es direccionado por el giro del cilindro de la secadora hacia las prendas [8].

3.2.3 Secadoras eléctricas

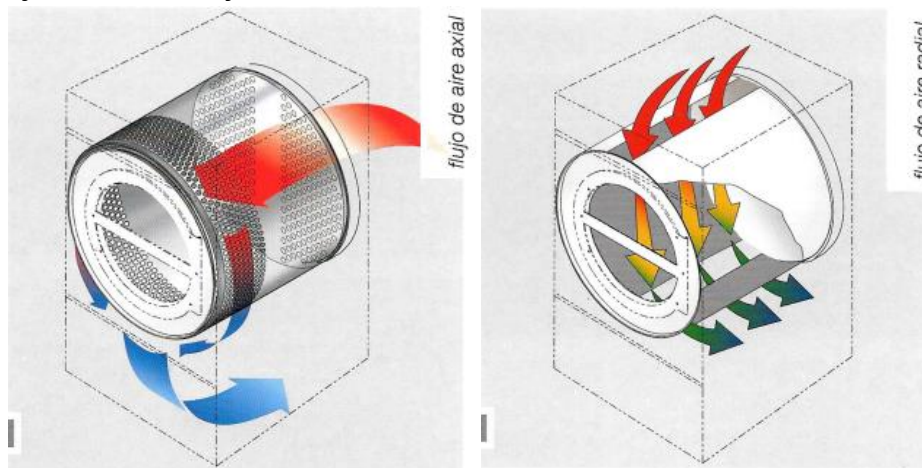
Son equipos similares a las secadoras de vapor, en vez de usar un serpentín de vapor usan resistencias para generar calor en el aire del medio y poderla usar en el secado de las prendas [8].

3.2.4 Flujo de aire en secadoras industriales

Flujo de aire axial: Usadas para secadoras con cargas pequeñas, de entre 25 a 55 libras. Este sistema permite impulsar el aire caliente a través de la carga desde el fondo del tambor hacia el frente, gracias a las perforaciones y estrías del tambor se maximiza el flujo de aire y la acción de volteo de las prendas evitando el enredo de estas [9].

Flujo de aire radial: Usadas para secadoras con cargas grandes, entre 75 y 200 libras. Este sistema recoge el aire caliente de la parte superior del calentador y lo distribuye de manera uniforme por el cilindro, con esto se asegura una separación de la carga y obtener un secado rápido y uniforme. A medida que el aire fluye de la parte superior del tambor, la ropa gira de abajo hacia arriba distribuyéndose y separándose por todo el cilindro. De forma simultánea el aire caliente se distribuye a través y alrededor de la carga [9].

Figura 1. Flujo de aire axial y radial.



Tomado de Girbau Inc. (2011) [9].

3.3 Normas Técnicas Colombianas

Las Normas Técnicas Colombianas (NTC) son documentos aprobados por organismos de normalización reconocidos en el ámbito nacional e internacional y sirven para establecer criterios técnicos y de calidad de un producto, un proceso o un servicio; su objetivo es definir y describir métodos de muestreo, ensayo, inspección y auditoría, que permitan evaluar la conformidad de los requisitos de calidad, uso o desempeño de productos, procesos o servicios [10].

3.3.1 NTC 2050

Establece los requisitos que se deben solicitar y aplicar en el sector eléctrico colombiano para salvaguardar a las personas y los bienes contra riesgos que puedan surgir por el uso de la electricidad [11].

3.3.2 NTC 3475:1996

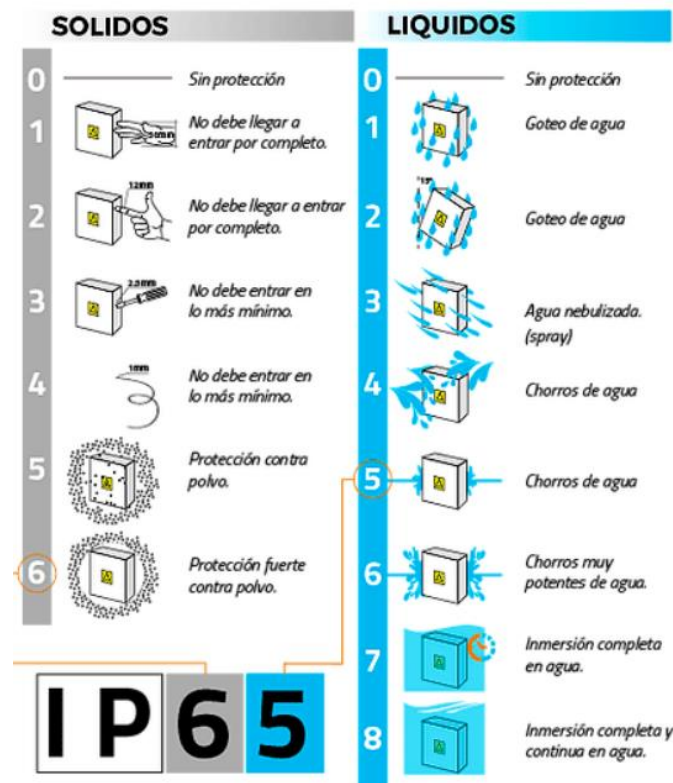
Cubren los requisitos a emplear según el Código Eléctrico Colombia y la NTC2050. Contiene componentes de unidades de medición, encerramientos, bases y soportes, cubiertas, barreras y divisiones, terminales de alambrado, espacio entre cableados, puesta a tierra y conexión para el montaje de tableros eléctricos y de control [12].

3.3.3 NTC-IEC 60529:2020

Aplica a la clasificación de grados de protección provistos para encerramientos de equipos eléctricos. Protección contra personas y el acceso a partes peligrosas dentro del encerramiento, contra entrada de cuerpos sólidos extraños, contra efectos perjudiciales debido a entrada de agua y las pruebas para verificar el cumplimiento de la norma [13]. Esta protección es conocida como

protección IP. Los niveles de protección y condiciones de cada uno se pueden observar en la figura 2.

Figura 2. Grados de protección IP.



Tomado de ROKER ¹.

4. Plan de trabajo

Para el desarrollo del proyecto se propone un cronograma el cual se puede observar en el apéndice A, donde se especifican una serie de actividades que van relacionadas con el desarrollo y cumplimiento de los objetivos planteados. A estas actividades se les asignan unas fechas

¹ Roker, "Calidad - Grado de protección IP y IK", disponible en [online]: <https://www.roker.com.ar/calidad/>

específicas para su puesta en marcha en concordancia con el plazo de las prácticas y las fechas de informes de avances según lo establecido en el plan de trabajo. En paralelo a este cronograma planteado, se apoyará en actividades del área de mantenimiento de la planta de producción.

4.1 Documentación de manuales y diagramas.

Para cumplir el primer objetivo, se hace una revisión general a las distintas secadoras de vapor y a los manuales de referencia de mantenimiento disponibles en planta. Se identifican seis secadoras que manejan cargas de 77 kilogramos y una de 55 kilogramos. Se realiza una inspección general donde se reconocen las líneas de vapor y ventilación, tableros eléctricos, canaleta de cableado eléctrico, serpentín de vapor, paneles de control y demás elementos; en este se observa que presentan desgaste debido al uso habitual de los operarios al panel de control; se presenta descuido de los cajones eléctricos, corazas de cableado y distribución de cables, además de desgaste por el entorno con pelusa y temperatura alrededor de las secadoras. Algunos estados se pueden observar en las figuras 3 y 4.

4.1.1 Especificaciones generales de la secadora

4.1.1.1 Descripción proceso de secado. Desde el panel de control se puede iniciar un secado con conteo de tiempo regresivo o de cronómetro, ambos tipos de conteos inician el sistema de ventilación, que al confirmarse succión en la secadora se inicia una secuencia de giro del cilindro por un tiempo, seguido de una pausa y un cambio de sentido de giro; el cual se repite hasta que el tiempo se acabe o se pause el programa. De manera independiente, y conectado de forma

directa, la electroválvula permite el paso del vapor hacia los serpentines los cuales permiten el intercambio de calor hacia el interior de la secadora, este calor es absorbido y distribuido entre las prendas gracias a la succión del sistema de ventilación y el giro que se le aplica a las prendas. Además de esto, se puede abrir de manera independiente, por medio de un interruptor, la compuerta ubicada entre los serpentines para enfriar el cilindro a una temperatura ambiente del área de las secadoras, que ronda los 30 a 35 °C, esto se hace cuando la carga va a estar lista para que el operario pueda retirarla y trasladar a la siguiente etapa de producción.

La temperatura deseable para el secado en calor es de 80°C, por lo que la tarjeta de control tiene integrado un termistor el cual mide la temperatura y controla el accionamiento de la electroválvula. Además de esto, debajo del cilindro y conectado con el sistema de ventilación hay un conjunto de mallas las cuales atrapan la pelusa que se suelta de las prendas, estas mallas son limpiadas cada 4 horas por los operarios, en caso de no limpiarse se presenta una succión y flujo de aire bajo hasta el punto en que el sensor de flujo de aire no marque señal y mande una alarma deteniendo la secadora [14], [15], [16] y [17].

Figura 3. Estado tablero eléctrico secadora N. 5.

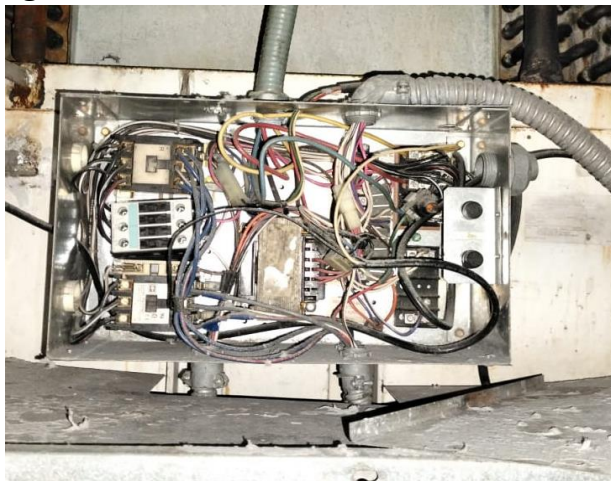
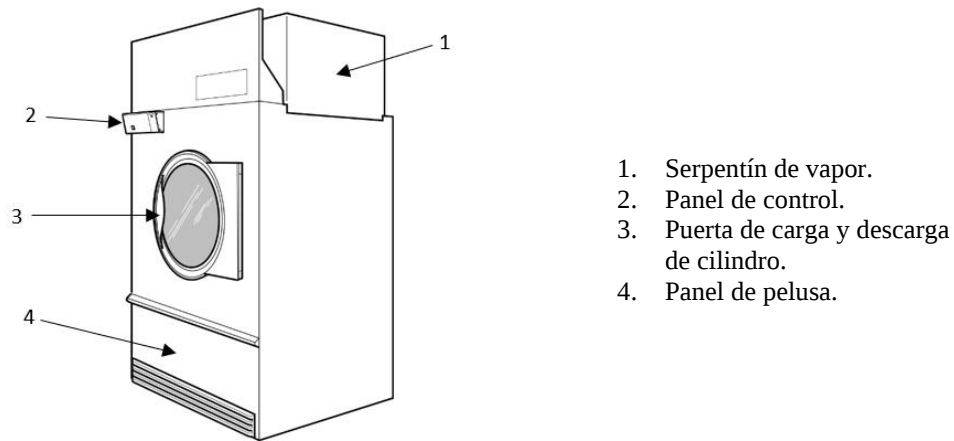


Figura 4. Estado tarjeta de control secadora N. 5.

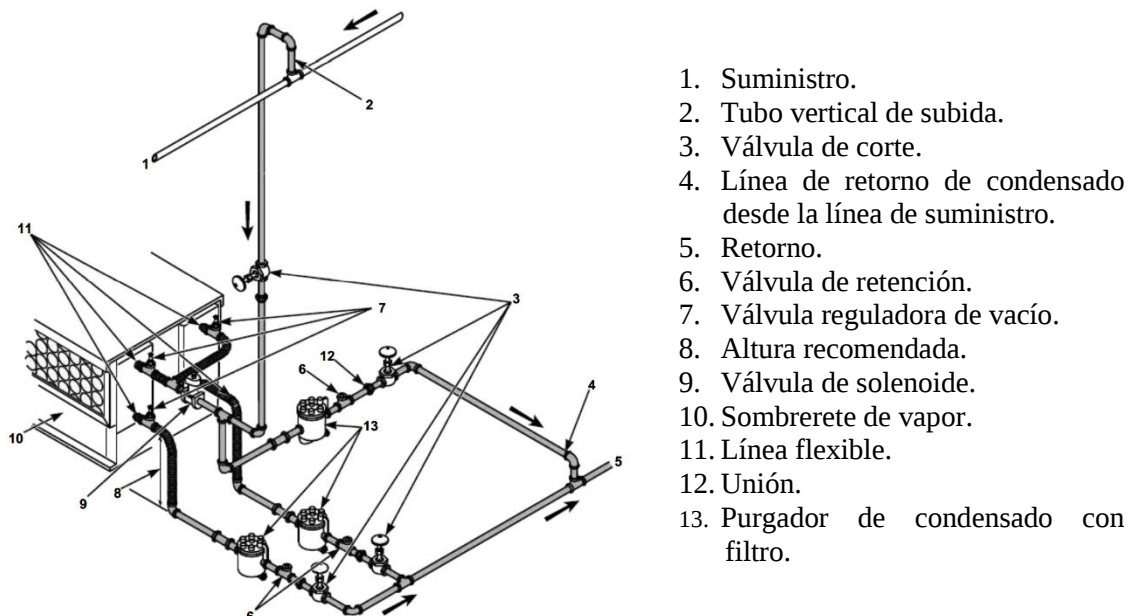


Figura 5. *Figura referente de vista isométrica de la secadora.*



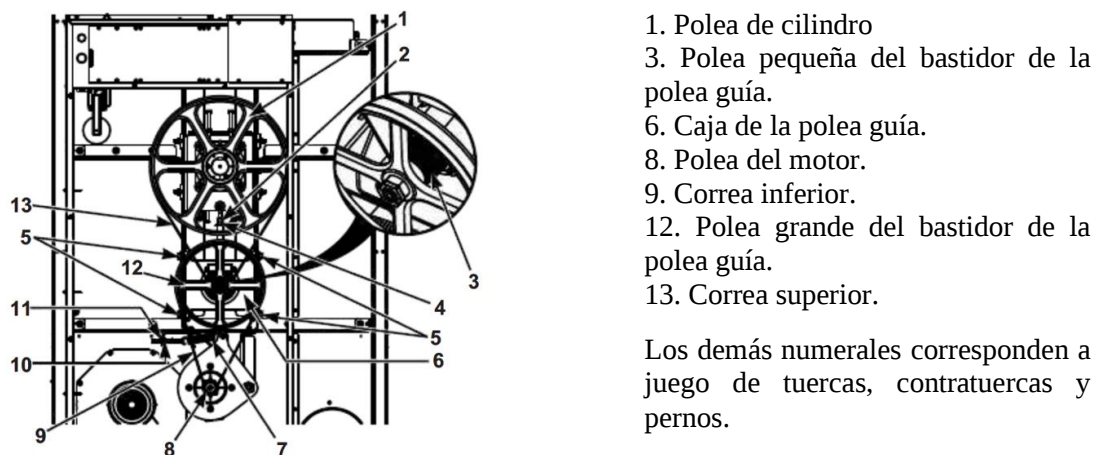
Adaptado de UniMac (2010) [14] figura alusiva al producto.

4.1.1.2 Descripción alimentación de vapor. A nivel general las secadoras funcionan con vapor de agua proveniente de un sistema de calderas, estas entregan vapor a una presión de 110 psi a lo largo de la planta para los distintos equipos. La línea que llega a las secadoras está ramificada de la línea principal con su respectiva válvula de corte, y de esta se divide a cada una de las secadoras. Antes de llegar a la secadora se tiene una válvula de corte independiente para cada secadora; seguida de una válvula reguladora de presión la cual disminuye de 110 psi a una presión entre 80 y 90 psi, que es la que utilizan las secadoras; sucesivo de una electroválvula y conectada a los serpentines o condensadores de vapor. A la salida de los serpentines se encuentran una válvula para purgar el condensado, otra válvula de corte y se conecta a una línea de retorno del condensado [15], obsérvese figura 6. Con esto, los serpentines permiten la transferencia de calor, con el sistema de ventilación y el giro del cilindro se distribuir el calor a las prendas para que se sequen.

Figura 6. Figura referente a los requisitos de línea de vapor mencionados en manuales.

Adaptado de Alliance Laundry Systems (2019) [15] página 61, figura 16.

4.1.1.3 Descripción movimiento mecánico. El movimiento del cilindro está dado por un conjunto de poleas y correas que hacen girar el cilindro entre 29 y 31 rpm, impulsado por un motor que entrega $\frac{3}{4}$ de HP a 1140 rpm [15].

Figura 7. Figura referente al sistema de impulso por correa.

Adaptado de Alliance Laundry Systems (2019) [15] página 68, figura 22.

5. Resultados

Después de examinar el proceso de secado, el estado de las secadoras, revisar las hojas de vida, fichas técnicas y manuales de los equipos; se observó que estos han sido modificados previamente. Las adaptaciones fueron viables dado que las distintas secadoras usan sistemas electromecánicos similares, permitiendo sustituir los paneles de operación y tarjetas de control originales por versiones estandarizadas que desempeñaban una función similar. Con esto se logra normalizar el mantenimiento y homogenizar los modos de trabajo que se utilizan.

El equipo al que se le realizará el proceso de migración tecnológica y adaptar el nuevo tablero corresponde a la secadora N. 5, ya que presenta mayor desgaste en el panel de operación y mayor reporte de fallas de funcionamiento. Por lo que se hace una recopilación de los elementos electromecánicos que posee y sus especificaciones, estas se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1. *Elementos electromecánicos generales de la secadora.*

Panel de control	Panel RM Control Suffixes
Motor cilindro	220vac 60 Hz potencia 3/4 HP 1140 RPM
Motor ventilación	220vac 60 Hz potencia 3 HP 1725 RPM
Electroválvulas	220vac 60 Hz ¾ in
Motor dámper	24vac 60Hz ref. M413592P
Sensores	Pulsador en puerta de carga y de pelusa.
	Sensor flujo de aire.
	Termistor.
Tablero eléctrico	Contactores (x2 con capacidad para ¾ HP y x1 con capacidad para 3HP)
	Transformador 220vac a 24vac, salida de dos y cuatro amperios.
	Borneras y cableado

Adaptado de manuales de instalación, operación y mantenimiento UniMac (2010) [14], Alliance Laundry Systems (2019) [15], UniMac (2020) [16] y Primus Laundry (2018) [17]; y de revisión física del equipo.

5.1 Requisitos de operación del secado

Teniendo en cuenta el proceso del secado de prendas utilizado en los equipos, mencionado anteriormente, se abarcan tres factores a tener en cuenta para la lógica de operación: el tipo de secado, que puede ser secado en calor o a temperatura ambiente; el giro del cilindro, que implica un periodo de rotación en un sentido determinado, seguido de una pausa y un cambio de sentido; y el tiempo de secado, el cual, aunque se establecen tiempos de ejecución en los equipos, son los operarios quienes supervisan el estado de las prendas y determinan si la carga está lista para pasar al siguiente punto de producción.

5.1.1 Lógica de operación del LOGO

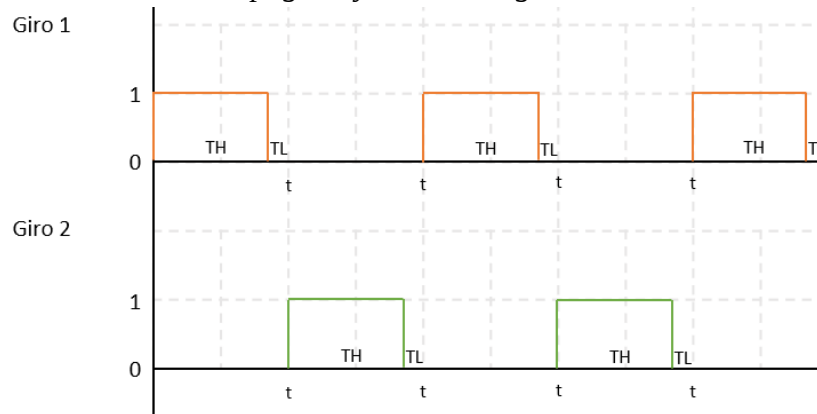
En base al proceso de secado que se viene usando, se plantean dos modos de trabajo, uno es de secado estándar, según funcionamiento planteado en base a los manuales y orientaciones dadas, donde se aplica secado en calor por un tiempo y secado a temperatura ambiente en un corto periodo de tiempo al final del proceso, para este se estipulan tres tiempos para el secado; y un modo de secado manual donde se tienen tres opciones de tiempo definido iniciando el proceso con secado en calor con la posibilidad de alternar a secado en ambiente.

En el modo de secado estándar, el número del programa corresponde al número de pasos y al tiempo de secado general. Cada paso consta de un periodo de giro del cilindro seguido de una pausa para que el cilindro frene por inercia. Entre el cambio de pasos se alterna el sentido de rotación del cilindro. Los últimos pasos se realizarán en secado a ambiente, con la compuerta superior abierta y la electroválvula cerrada. Los pasos anteriores se realizarán con secado en calor, con la compuerta superior cerrada y la electroválvula abierta. Por ejemplo, el programa 40

corresponde a 40 pasos y por tanto a un tiempo de 40 minutos de secado, donde 35 pasos serán de secado en calor y los otros 5 pasos de secado a ambiente.

En la figura 8 se puede observar una gráfica del comportamiento del cambio de sentido de giro del cilindro, donde TH corresponde al tiempo de encendido del motor, TL al tiempo de apagado, la gráfica de color naranja a un sentido de giro y la de color verde al sentido contrario.

Figura 8. *Grafica de encendido, apagado y sentido de giro motor del cilindro.*



5.1.2 Apartado visual del HMI

Ya que el panel de control que utiliza la secadora está basado en botonera y display LCD, se debe de plantear un apartado visual para el HMI que sea sencillo y de fácil comprensión para el operario. El HMI a implementar es el KTP400 Basic de Siemens, por disposición de la empresa, para este se plantean cuatro imágenes:

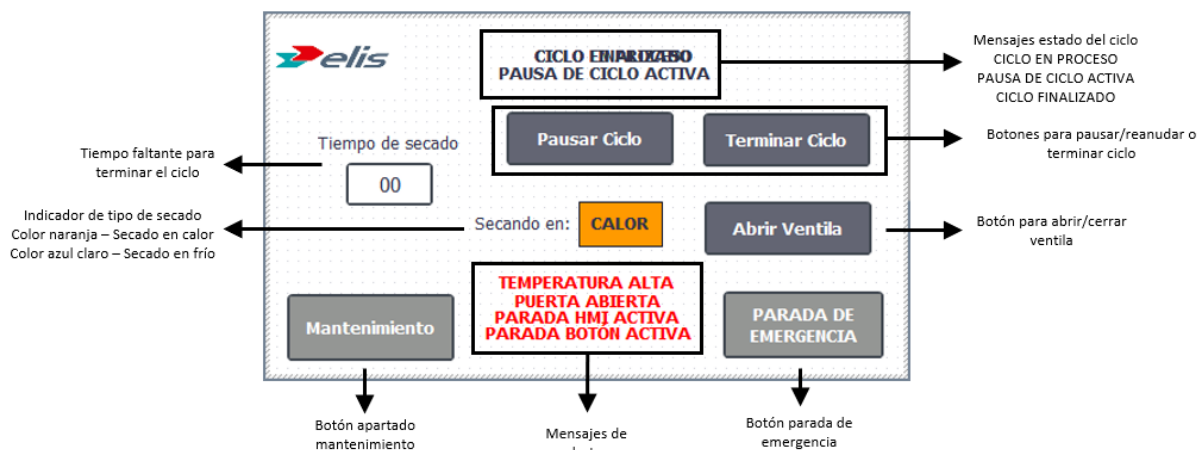
- Imagen de inicio. Se podrán encontrar en la primera fila de botones los correspondientes a los programas de secado estándar, la segunda fila corresponde a los programas de secado manual, luego están los botones de mantenimiento y parada de emergencia; además de mensajes de alerta en caso de presentarse una. Obsérvese figura 9.

Figura 9. Apartado visual imagen de inicio.

Nota: El botón de mantenimiento está protegido con contraseña.

- Imagen de ciclo en proceso. Se podrá encontrar el estado del proceso (texto de ciclo en proceso, pausado o finalizado), el tiempo faltante para terminar el programa en ejecución, el modo de secado (secado en calor o en frío), botones de pausar/reanudar o terminar ciclo, abrir/cerrar ventila, mantenimiento y parada de emergencia; además de mensajes de alerta.

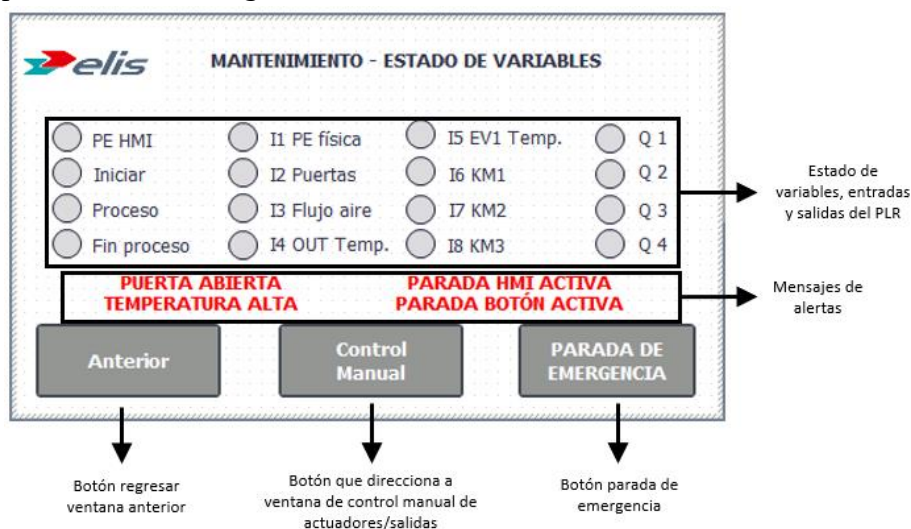
Obsérvese figura 10.

Figura 10. Apartado visual imagen de ciclo en proceso.

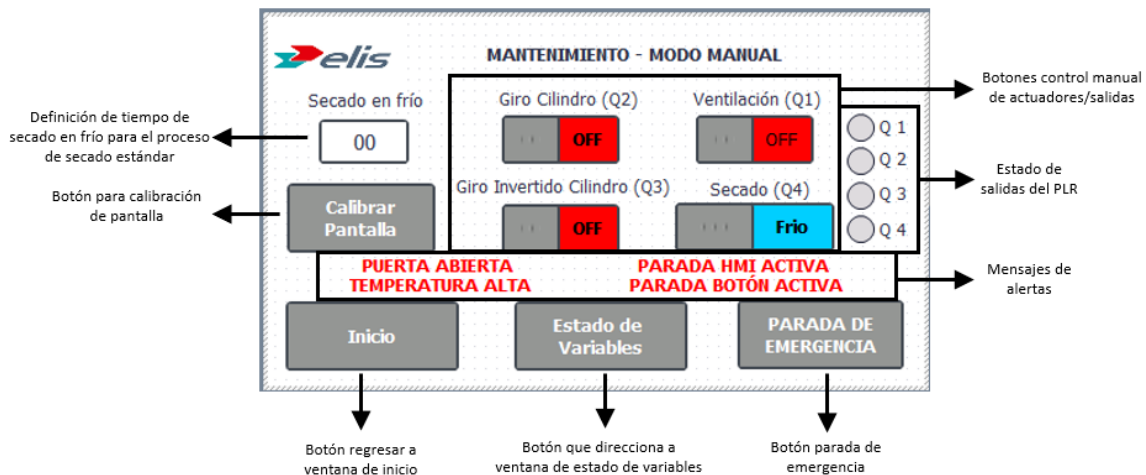
Nota: Si la ventila está cerrada se realiza un secado en caliente, si la ventila está abierta se realiza un secado en frío.

- Imagen de mantenimiento. Se podrán encontrar los estados de las variables de entradas y salidas del relé lógico programable (PLR), estado del proceso, mensajes de alertas, botones para regresar a la imagen anterior, control manual y paro de emergencia. Obsérvese figura 11.

Figura 11. Apartado visual imagen de mantenimiento.

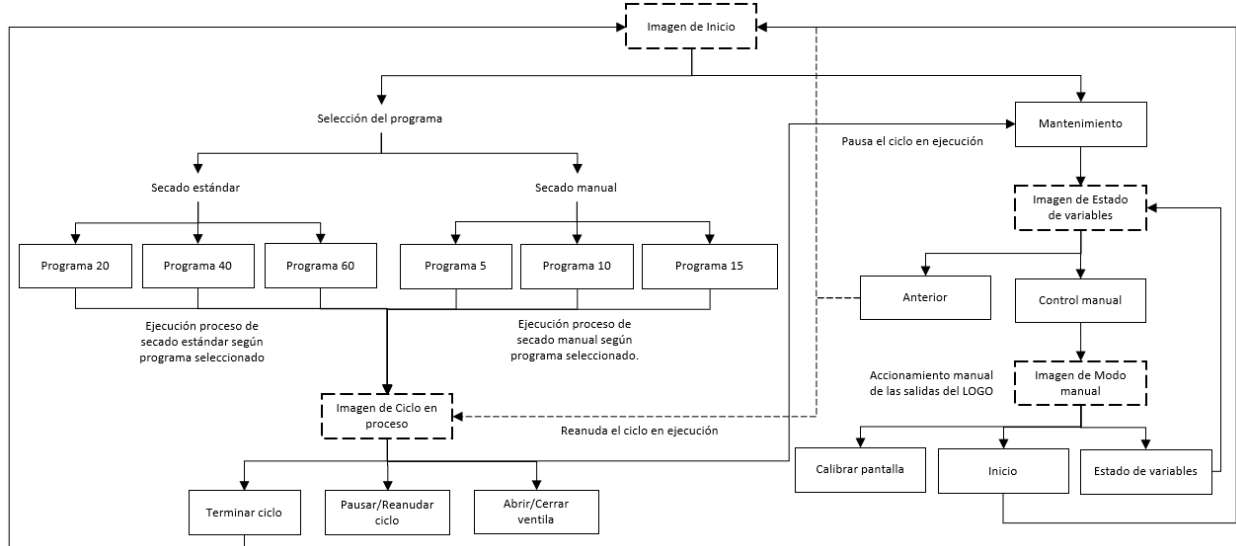


- Imagen de control manual. Se podrán controlar interruptores para activar el giro del cilindro, sistema de ventilación y secado en calor o frío de manera manual, indicadores de los estados de las salidas, mensajes de alerta, se podrá configurar el tiempo de secado en frío para los programas de secado estándar, botón de calibración de pantalla, botón de regresar al inicio, estado de variables y parada de emergencia. Obsérvese figura 12.

Figura 12. *Apartado visual imagen de control manual.*

En ambos procesos se tiene un botón para pausar el proceso en ejecución, al abrir las puertas de carga o de pelusa, o al presiona una parada de emergencia, ya sea del HMI o física; posteriormente se podrá reanudar o terminar el ciclo con los respectivos botones según disposición del operario.

Además del proceso de secado, se cuenta con una sección para revisión de estado y funcionamiento de elementos específicos del equipo. Desde el apartado de "Mantenimiento" se pueden controlar de manera directa los actuadores disponibles, como es giro e inversión del cilindro, motor de turbina del sistema de ventilación, la electroválvula y compuerta superior, facilitando la comprobación de estado de estos y las labores de mantenimiento. En la figura 13 se puede observar un diagrama con el flujo de las distintas imágenes del HMI y las acciones realizadas con los botones.

Figura 13. Diagrama de opciones de selección desde imagen de inicio.

Nota: Diagrama descriptivo de las opciones y rutas del apartado visual mediante el HMI.

5.1.3 Comunicación entre LOGO y HMI

Para la comunicación entre el LOGO y la pantalla para el HMI, dado que ambos dispositivos son de marca Siemens, se establece por medio del protocolo S7 que integran. Esto permite comunicar las distintas variables a tratar entre el LOGO y el panel [18].

5.2 Plano eléctrico

Teniendo en cuenta las características que brinda la tarjeta electrónica de control, que permitía medir la temperatura y controlaba el accionamiento de los actuadores, se implementará un controlador de temperatura independiente, el cual estará conectado con el LOGO para según el tipo de secado se accionen las electroválvulas o la compuerta superior. Así mismo se contempla el cambio de la tarjeta de control a el LOGO, la adición de una fuente 24vdc y del panel. Se mantendrá el transformador de 220vac a 24vac para la señal de los pulsadores de las puertas y de conmutación

de los contactores, esto por instrucción del área de mantenimiento. El plano eléctrico planteado se puede observar en la figura 14, la imagen superior muestra la etapa de potencia y la imagen inferior la de control.

Figura 14. Plano eléctrico acondicionado al proyecto, etapa de potencia y control.

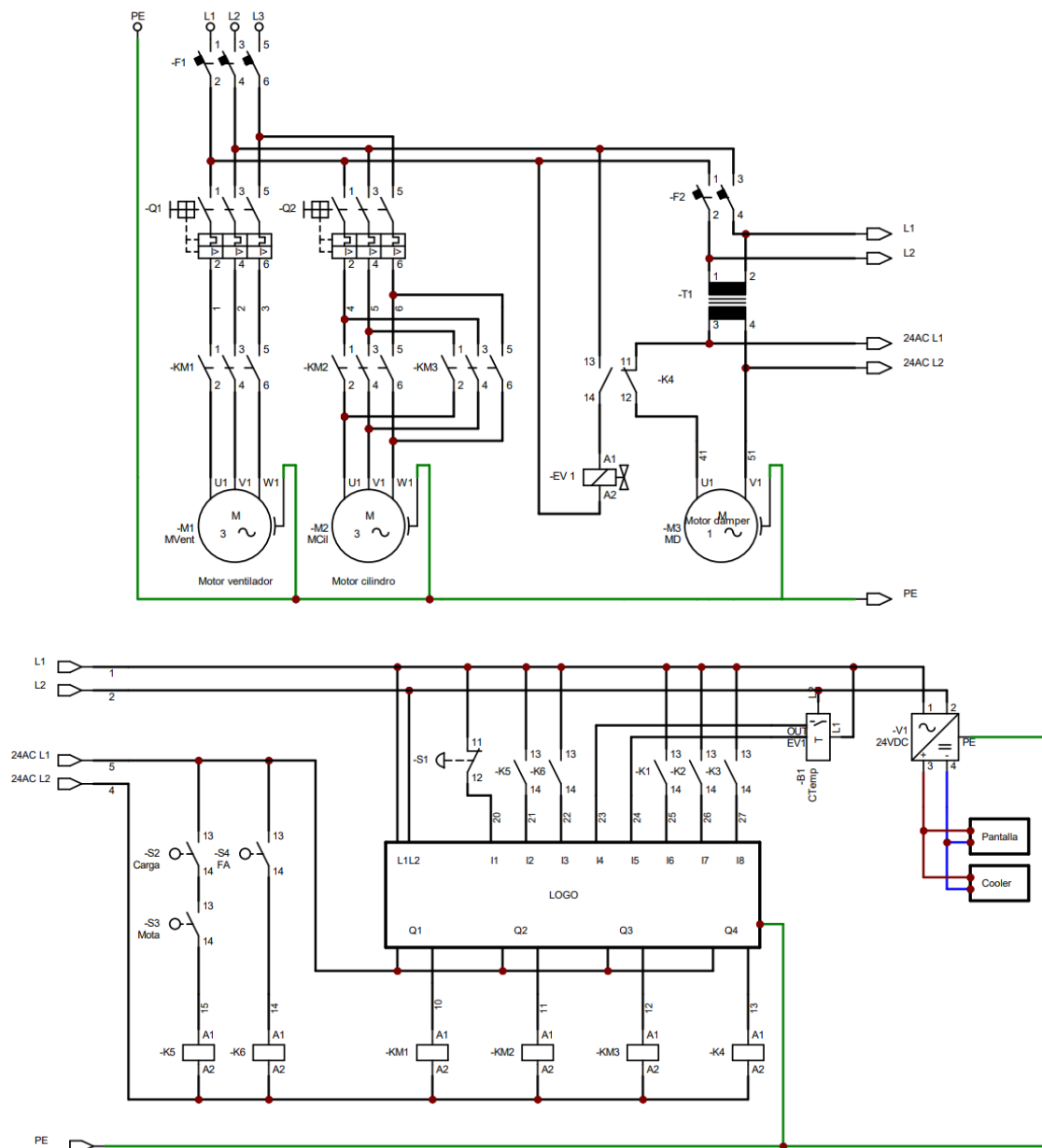


Tabla 2. *Elementos plano eléctrico.*

Denominación	Elemento
F1	Interruptor termomagnético principal.
F2	Interruptor termomagnético de control.
Q1	Guardamotor motor del cilindro.
Q2	Guardamotor motor de ventilación.
KM1	Contactor ventilación.
KM2	Contactor giro de cilindro.
KM3	Contactor giro invertido de cilindro.
K4	Relé 24-220vac para conmutación de electroválvulas o compuerta superior.
K5	Relé 24-220vac como intermediario de señal de switches de compuertas.
K6	Relé 24-220vac como intermediario de señal de sensor flujo de aire.
T1	Transformador 220-24vac.
LOGO	LOGO 230RCE.
CTemp	Controlador de temperatura TZN4S-14R.
V1	Fuente 24vdc.
Pantalla	Panel HMI.
Cooler	Extractor de 24v 6w panel de control.

Nota: Se dejan borneras con 24vdc en el tablero para una futura instalación de sistema de ventilación del tablero eléctrico.

5.2.1 Controlador de temperatura

Por disposición del área de mantenimiento, se cuenta con un controlador de temperatura Autonics TZN4S-14R a implementar. Este controlador dispone de salidas a relé, una para el accionamiento del actuador y otra para un evento de alarma [19], ambas señales se conectarán al LOGO para tener unas condiciones internas según el programa en ejecución. En cuanto al sensor se dispone de una termocupla tipo J. El controlador se configura para utilizar la termocupla tipo J, realizar un control ON/OFF por salida a relé, con una temperatura objetivo de 80°C y una variación de $\pm 3^\circ\text{C}$, y una alarma por temperatura igual o mayor a 90°C.

Figura 15. *Imagen de controlador Autonics TZN4S-14R.*



Tomado de TME².

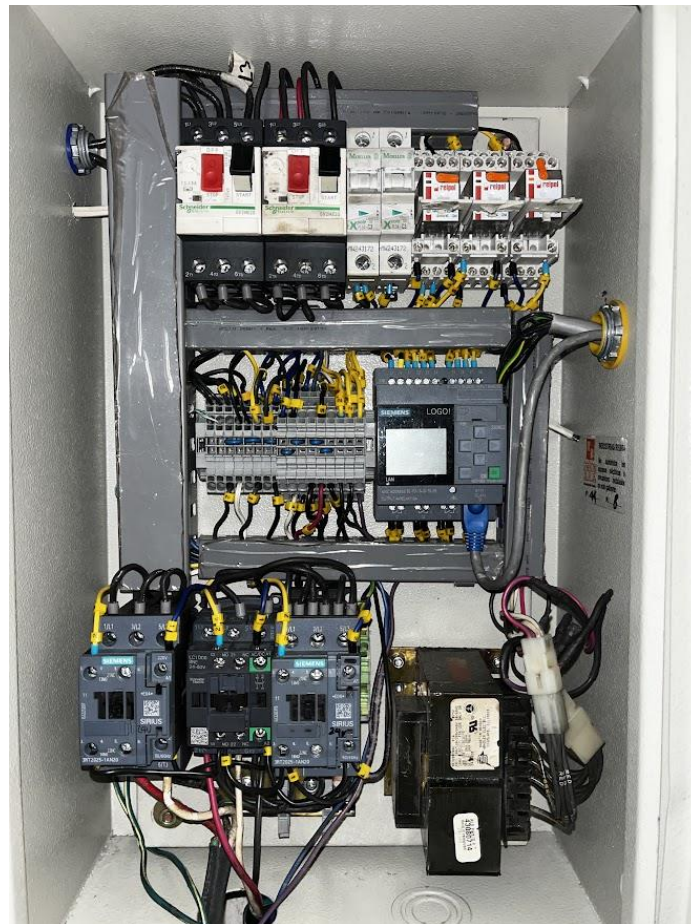
5.2.2 Montaje

5.2.2.1 Tablero eléctrico. El tablero usado tiene protección IP44 y IK8, de 30x45x18 cm, con un fondo falso de 25x40 cm; teniendo en cuenta los distintos elementos de potencia y control se distribuye de forma que queden separadas etapas de control y potencia. El interruptor principal se ubica en el tablero de distribución que alimenta las secadoras y otros elementos cercanos. En el tablero específico de la secadora se ubican en el fondo falso en una primera línea los guardamotores, el interruptor termomagnético de potencia y los relés; en una segunda línea van borneras de distribución de voltajes y de señales, y el LOGO; y en una tercera línea los contactores y el transformador. Una vez se tienen fijos los elementos se procede a realizar las conexiones, para el caso de la etapa de potencia se utiliza un cableado de calibre 14 AWG, para la etapa de control de 18 AWG y el cable que conecta entre el tablero eléctrico y el panel de control se usa un cable

² TME, “TZN4S-14R detalles”, disponible en [online]: <https://www.tme.eu/es/details/tzn4s-14r/reguladores-de-temperatura/autonics/>

multihilo de 18awg x 12. Del transformador se usa la salida de dos amperios para alimentar la etapa de control, y la de cuatro amperios para el motor del dámper, el cual consume 1,7 amperios con la compuerta superior abierta. Luego se hacen las perforaciones laterales e inferior para pasar el cableado necesario con coraza y prensaestopas.

Figura 16. *Ensamble de los elementos del tablero.*



5.2.2.2 Panel de control. Utilizando la base que tenía el panel de control anterior, se fabrica una lámina donde ubicar el panel HMI, el controlador de temperatura y el botón de paro de emergencia. Detrás de donde va ubicado el panel hay un compartimento donde se ubica un

conjunto de borneras, la fuente de 24vdc, un extractor de aire y la entrada de cableado proveniente del tablero eléctrico.

Figura 17. Panel de operación.



Figura 18. Cableado interno panel de operación.

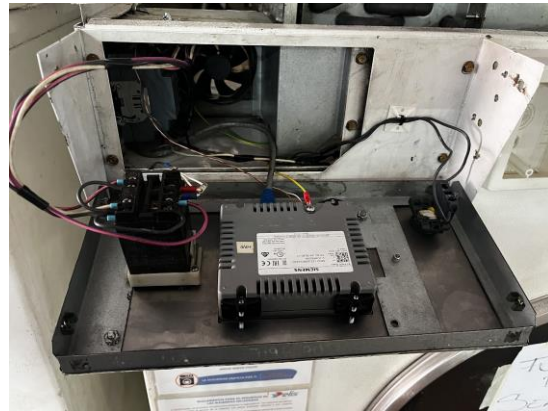


Figura 19. Borneras y fuente de panel de operación.



Figura 20. Frontal de secadora con el panel.



5.3 Otras actividades realizadas.

Como se menciona en el plan de trabajo, en paralelo se realizó apoyo en actividades de mantenimiento de los distintos equipos de la planta, dentro de estos se destacan:

- Montaje de tablero eléctrico y neumático, instalación de cableado, tubería y accesorios de sistema de reusó de agua para la PTAR.
- Bajar, revisar, desarmar y montar cajas reductoras y motores.
- Pruebas de funcionamiento periódicas de equipos.
- Revisión y cambio de bandas, correas, cadenas y cintas guías de calandras y sistemas de transmisión.
- Limpieza y purga de conductos de ceniza y tuberías de vapor de las calderas.
- Instalación, cambio y configuración de contactores, guardamotors, arrancadores suabes, variadores de frecuencia y tarjetas de control.
- Acompañamiento y supervisión en instalación de sistema de evaporador de gas licuado de petróleo (GPL), tanques y tubería para uso en PTAR.
- Revisión, lubricación y cambio de chumaceras, rodamientos y ejes.
- Revisión, limpieza y reporte de estado de manifolds, electroválvulas y sistemas neumáticos de lavadoras y túnel de lavado.
- Intervención en equipos por reporte de fallas en acompañamiento con el auxiliar de mantenimiento.
- Actualización de hoja de vida de equipos.
- Revisión y control de inventario de repuestos en bodega.

Figura 21. Fotografías de montaje tablero eléctrico y neumático, cableado, tubería, accesorios y motores sistema reúso de PTAR.



Figura 22. Fotografías pruebas de funcionamiento de prensa y sistema de bombeo de aceite de calandra Kannegiesser.



Figura 23. *Fotografías desmontaje, revisión cajas reductoras y motores varios.*



Figura 24. *Fotografías acompañamiento instalación sistema de evaporadores de gas licuado de petróleo (GLP), tanques y tubería para uso de PTAR.*



Figura 25. *Fotografías cambio de bandas, correas y cintas guías en calandras y sistemas de transmisión.*



Figura 26. Fotografía limpieza conductos de ceniza de caldera de biomasa.



Figura 27. Fotografía cambio y lubricación de rodamientos de ejes.



Figura 28. Fotografías de instalación arrancadores suabes, cambio de tarjetas de control y variador de frecuencia.

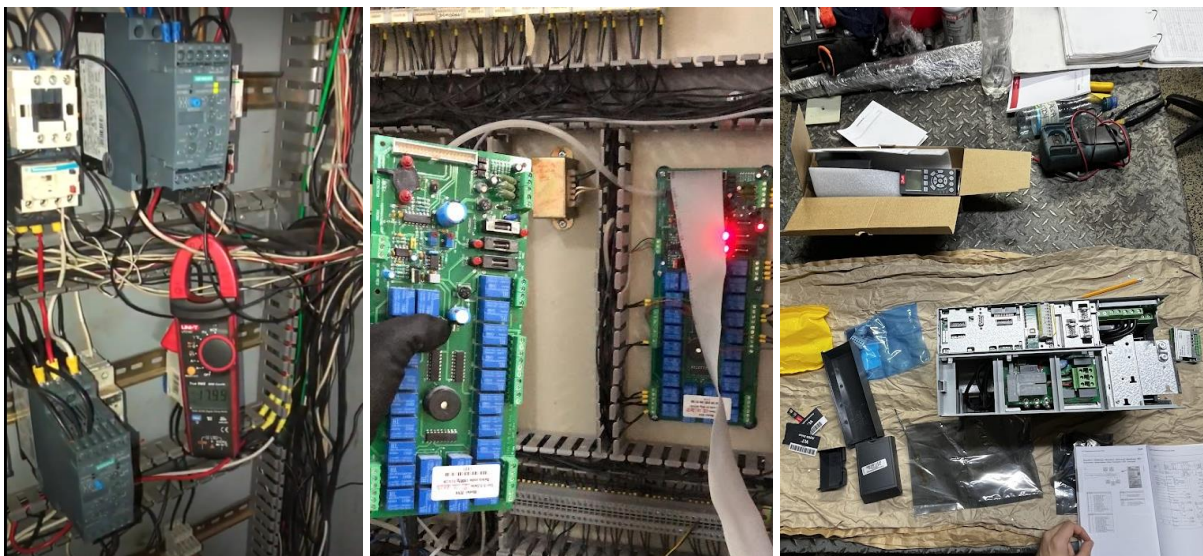


Figura 29. Fotografías revisión y reporte de estado sistemas neumáticos de equipos.



Figura 30. Fotografías de revisión sistema hidráulico y tableros de calandras, y sistema de secadoras de gas.

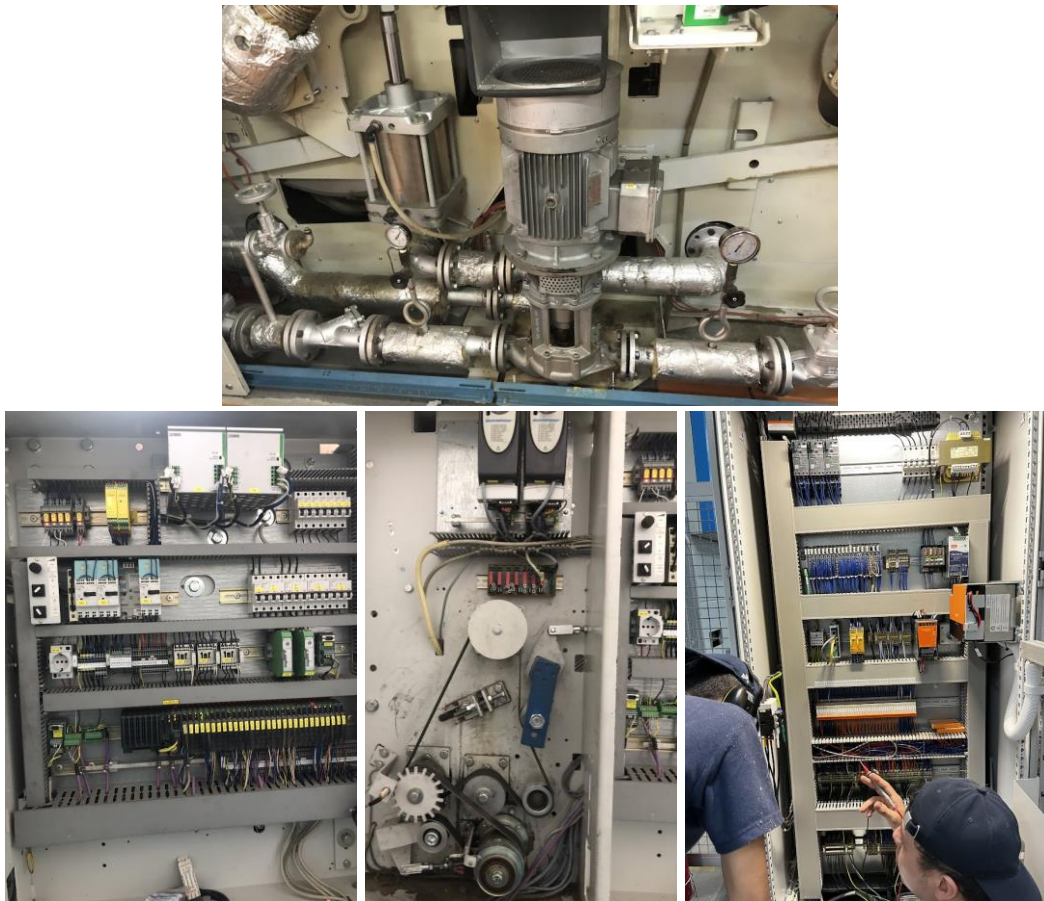


Figura 31. *Revisión y prueba quincenal generador auxiliar.*



7. Recomendaciones

Después de realizado el montaje y pruebas de funcionamiento del nuevo tablero eléctrico y panel de control en la secadora, con base en el cumplimiento de los objetivos, se dejan las siguientes recomendaciones al área de mantenimiento para revisar y poder dar entrega del equipo al área de producción:

- Reforzar o cambiar la carcasa utilizada en el panel de operación, dado que la implementada fue provisional, cubre el frente y los laterales, dejando expuesta la parte superior e inferior; por lo que se recomienda hacer los cambios pertinentes para que cubra el panel, dejando rejillas en la parte inferior para la circulación de aire.
- En caso de que se quiera continuar con el proceso de actualización de los tableros eléctricos de las demás secadoras, se recomienda ubicar más abajo el riel donde van los contactores para que queden a nivel con el transformador, de esta manera se puede dejar más espacio entre las canaletas y elementos superiores.

- Capacitar al personal que va a usar el equipo para que se familiaricen con el funcionamiento del nuevo panel de control implementado.
- Aplicar los mantenimientos especificados en las páginas 17 y 18 del manual 70421201sp [14] para la secadora de vapor, en estas páginas se mencionan las actividades diarias, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales a realizar.

8. Conclusiones

- Es importante utilizar canaletas con dimensiones amplias para que no dificulte el cableado y conexiones de los distintos elementos.
- Se pueden eliminar módulos y simplificar programación con la implementación de equipos específicos que midan, traten señales y controlen una variable del proceso, como en este caso la temperatura, entregando estados del control por medio de señales digitales, según sea el caso.
- Para el desarrollo de la interfaz gráfica es importante tener en cuenta qué es lo que se quiere mostrar y operar por este medio, además de incluir información y textos claros de lo que va a realizar cada uno de los botones o indicadores mostrados; además de que las ventanas a usar por los operarios sean de fácil interpretación y la usada por los de mantenimiento o técnicos tenga más información específica del equipo y del proceso.
- Es necesario que el personal que operará el equipo conozca el proceso y reciba capacitación para familiarice con las opciones de la interfaz y cómo interactúa con él, para garantizar un correcto funcionamiento del equipo y del proceso de secado de las prendas.

- En el desarrollo del proyecto y el acompañamiento en las actividades de mantenimiento se pusieron en práctica los conocimientos multidisciplinarios adquiridos en el transcurso de la carrera de ingeniería mecatrónica, demostrando que se generan las bases necesarias para la interpretación de manuales técnicos, esquemas eléctricos, neumáticos y mecánicos, además de intervención en la ejecución de proyectos de actualización y modernización de sistemas de control.

Referencias

- [1] Elis (s.f.). Nuestros servicios. [Online] Disponible en: <https://es.elis.com/es/nuestros-servicios>
- [2] “Misión, visión, objetivos de calidad y política integrada” Elis Colombia. (2022, junio 1).
- [3] Sicma21. (2023, marzo 3). Beneficios de la migración de un sistema de automatización. [Online] Disponible en: <https://www.sicma21.com/beneficios-de-migracion-sistema-de-automatizacion/>
- [4] Sicma21. (2021, marzo 8). ¿Qué es el retrofit o retrofitting de maquinaria industrial? [Online] Disponible en: <https://www.sicma21.com/retrofit-importancia-y-ventajas-en-la-industria/>
- [5] LOGO! Módulo lógico. Siemens México. [Online] Disponible en: <https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/logo.html>
- [6] COPA-DATA. (2023, julio 21). ¿Qué significa HMI (Human Machine Interface)? Interfaz humano-máquina. [Online] Disponible en: <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa-data/#:~:text=HMI%20son%20las%20siglas%20de,para%20las%20de%20entornos%20industriales.>

- [7] Lavandería Kenia. (2022, agosto 22). Secadoras de ropa industrial: Tipos y características. [Online] Disponible en: <https://lavanderiakenia.es/secadoras-ropa-industrial-tipos-caracteristicas/>
- [8] Gemlsa. (2021, agosto 12). Secadoras industriales y su importancia. [Online] Disponible en: <https://www.gemlsa.com/secadoras-industriales-y-su-importancia>
- [9] Catálogo No.BI-OD-P20-175-ES. Secadoras Proseries II para lavandería industrial. Girbau Inc.
- [10] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Los beneficios de las normas técnicas en tu vida diaria. [Online] Disponible en: <https://www.icontec.org/normalizacion/los-beneficios-de-las-normas-tecnicas-en-tu-vida-diaria/>
- [11] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Código eléctrico colombiano. NTC 2050:2019.
- [12] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Electrotecnia – Tableros eléctricos NTC 3475:1996.
- [13] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Grados de protección dados por encerramientos de equipo eléctrico (código IP). NTC-IEC 60529:2020.
- [14] Catálogo No.70421201sp. Secadoras de tambor industriales - Manual de operación y mantenimiento. UniMac.
- [15] Catálogo No.70532501ESR8. Secadoras – Instalación. Alliance Laundry Systems LLC.
- [16] Catálogo No.7054901ESR5. Secadoras – Operación/Mantenimiento. Alliance Laundry Systems LLC.
- [17] Catálogo No. 70265601. Despiece y partes. Primus Laundry.
- [18] Siemens (2022, marzo 23). Artículo FAQ ID 56348902 ¿Cómo se puede establecer una conexión entre un LOGO! y un panel HMI? [Online] Disponible en:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/56348902/%C2%BFc%C3%B3mo-se-puede-establecer-una-conexi%C3%B3n-entre-un-logo!-y-un-panel-hmi-?dti=0&lc=es-CO>

[19] Catálogo No.EP-S-03-3120F. Controlador de temperatura serie TZN4S. Autonics Corporation

Apéndices

Apéndice A. Cronograma de actividades para el desarrollo de la práctica.

Actividad	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Inducción a la planta, equipos y proceso de producción y mantenimiento de la sede Floridablanca.	■	■																						
Documentación de los manuales de montaje y operación, y de las hojas de vida que poseen las distintas secadoras de vapor de la planta de producción.			■	■	■	■	■																	
Realizar tabla donde se plasmen las especificaciones y características del apartado electromecánico de las secadoras.					■	■	■	■																
Selección de secadora a la cual se le modificará el apartado eléctrico de potencia y control para adaptar LOGO y panel HMI.							■	■																
Establecer lógica de operación y control de los distintos modos de trabajo de la secadora.									■	■	■	■												
Programar LOGO según lo establecido en la lógica de operación y control de la secadora y realizar simulaciones de operación.										■	■	■	■											
Definir las variables a modificar con el panel del HMI dado los modos de trabajo de la secadora.										■	■	■	■											
Plantear y programar apartado visual del HMI dado las especificaciones establecidas.											■	■	■	■										
Modificación y adaptación de plano eléctrico conforme a la implementación del LOGO y pantalla HMI a la secadora.													■	■	■	■								
Selección de componentes para el tablero eléctrico.															■	■	■	■						

Montaje de componentes en tablero eléctrico para las etapas de potencia y de control.	
Realizar pruebas de funcionamiento sin carga eléctrica para comprobar correcto funcionamiento de modos de trabajo, lógica de programación y aplicación de correcciones según lo observado.	
Pruebas de funcionamiento con carga eléctrica para observar comportamiento de operación de los distintos modos de trabajo con y sin carga en la secadora.	
Pruebas de funcionamiento de modos de trabajo con modificaciones de parámetros por medio del HMI con y sin carga en la secadora.	
Documentación de procesos y resultados obtenidos.	