



**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN  
LA LÍNEA DE ELEMENTOS 2 PARA EL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE FILTROS  
DE UNIDAD SELLADA INDUSTRIAL (USI)  
EN MANN+HUMMEL FILTRATION  
TECHNOLOGY VENEZUELA C.A.**

**Autor:** José Ángel Ramírez

Urb. Yuma II, calle n° 3. Municipio San Diego  
Teléfono (0241) 8714240 (master)-Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN  
LA LÍNEA DE ELEMENTOS 2 PARA EL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE FILTROS  
DE UNIDAD SELLADA INDUSTRIAL (USI)  
EN MANN+HUMMEL FILTRATION  
TECHNOLOGY VENEZUELA C.A.**

**Empresa:** INVERSIONES ROAR 4.16 C.A.

**Autor:** José Ángel Ramírez  
C.I. V-22.214.831  
**Tutor:** Ing. José Hernández

San Diego, agosto del 2018

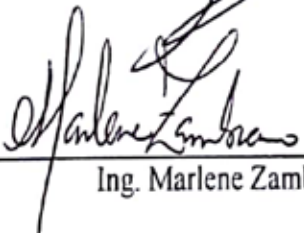


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELECTRÓNICA

PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN LA LÍNEA DE ELEMENTOS 2  
PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE FILTROS DE UNIDAD  
SELLADA INDUSTRIAL (USI) EN MANN+HUMMEL FILTRATION  
TECHNOLOGY VENEZUELA C.A.

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

  
\_\_\_\_\_  
Ing. José Hernández V-13.514.550

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Marlene Zambrano V-7.066.117

**Autor:** José Ángel Ramírez  
C. I.: V-22.214.831

San Diego, 25 de Julio del 2018



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero José Rafael Hernández, portador(a) de la cédula de identidad V-13.514.550, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por el ciudadano José Ángel Ramírez, portador de la cédula de identidad V-22.214.831, titulado “**Propuesta de Automatización en la línea de elementos 2 para el Proceso de Fabricación de Filtros de Unidad Sellada Industrial (USI) en Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A.**”, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, y acepta la tutoría del mencionado Proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes Reglamentos.

En San Diego, a los 25 días del mes de julio del año dos mil dieciocho.

---

Firma

José Rafael Hernández

C.I.: V-13.514.550



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero Marlene Zambrano, portador(a) de la cédula de identidad V-7.066.117, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por el ciudadano José Ángel Ramírez, portador de la cédula de identidad V-22.214.831, titulado **“Propuesta de Automatización en la línea de elementos 2 para el Proceso de Fabricación de Filtros de Unidad Sellada Industrial (USI) en Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, y acepta la tutoría del mencionado Proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes Reglamentos.

En San Diego, a los 25 días del mes de julio del año dos mil dieciocho.

---

Firma

Marlene Zambrano

C.I.: V-7.066.117

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente, le doy gracias a Jehová Dios por darme la sabiduría y guiarme en cada momento, sin su ayuda no habría llegado hasta acá. A Él siempre estaré agradecido.

En segundo lugar, agradezco a mis padres José Ángel y Milagros, y a mi hermana Ángela Estefanía, que me han acompañado en cada paso y siempre he contado con su apoyo incondicional. Son los principales pilares en mi vida y mi mayor inspiración. Los amo.

A mi familia, Ale, José, Valeria, Tico, Lucre, Valentina, Rossi, y a todos en general, gracias por ser mi ayuda y complemento durante mi carrera.

A mi amigo Antonio Rodríguez, por su gran apoyo y dedicación durante los últimos pasos de mi carrera.

También agradezco a mis amigos y compañeros de estudio, Marisela, Eduardo, Andy, Roismer, Antonio, Edgar, por todos esos momentos y circunstancias vividas en nuestra casa de estudios y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma fueron importantes en este largo camino.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado a mis a mis padres, y a mis hermanas, este logro es para ustedes.

## INDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp.</b>
INDICE DE FIGURAS .....	x
INDICE DE CUADROS .....	xi
RESUMEN .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I .....	3
LA EMPRESA .....	3
1.1 Reseña histórica .....	3
1.2 Misión.....	3
1.3 Visión.....	4
1.4 Ubicación actual .....	4
1.5 Valores .....	5
1.6 Descripción .....	6
1.7 Servicios.....	7
1.8 Estructura organizacional.....	7
CAPÍTULO II .....	9
EL PROBLEMA.....	9
2.1. Planteamiento del problema .....	9
2.2. Formulación del problema.....	11
2. 3. Objetivos de la investigación .....	12
2. 3. 1. Objetivo general.....	12
2. 3. 2. Objetivos específicos.....	12
2. 4. Justificación del problema .....	12
2. 5. Alcance .....	13
2. 6. Limitaciones .....	14
CAPÍTULO III .....	15
MARCO TEÓRICO .....	15
3.1. Antecedentes .....	15

3.2 Bases teóricas.....	17
3.2.1 Sistemas de combustión .....	18
3.2.2 Hornos industriales .....	18
3.2.3 Tren de gas.....	19
3.2.4 Quemadores .....	20
3.2.5 Motores modutrol .....	21
3.2.6 Instrumentos de medición para la temperatura recomendados .....	22
3.2.7 Transmisores de presión con salida 4-20 mA .....	23
3.2.8 Presostato .....	23
3.3 Definición de términos básicos.....	24
CAPÍTULO IV.....	25
MARCO METODOLÓGICO .....	25
4.1. Tipo de investigación .....	25
4.2. Diseño de la investigación.....	26
4.3. Nivel de la investigación.....	26
4.4. Fases metodológicas.....	27
CAPÍTULO V.....	29
RESULTADOS .....	29
5.1 FASE I: Diagnóstico de la situación actual del sistema de la línea de elementos dos ..	29
5.2 FASE II: Determinación de los requerimientos de hardware y software necesarios para el desarrollo de la propuesta .....	32
5.3 FASE III: Desarrollo de la lógica del sistema de control .....	38
5.4 FASE IV: Diseño de la estructura de la interfaz gráfica humano-máquina .....	48
5.5 FASE V: Determinación de la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta de automatización en la línea de elementos dos .....	52
CONCLUSIONES .....	58
RECOMENDACIONES .....	60
REFERENCIAS .....	61

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Pp.</b>
1. Organigrama estructural de la empresa INVERSIONES ROAR 4.16 C.A. ....	8
2. Partes de un tren de gas .....	20
3. Tablero principal de la línea de elementos dos .....	31
4. Sistema de hornos de la línea de elementos dos .....	31
5. Pantalla HMI .....	37
6. Diagrama de flujo general .....	39
7. Diagrama de flujo subrutina verificación de condiciones iniciales.....	40
8. Diagrama de flujo subrutina configuración de recetas .....	40
9. Diagrama de flujo subrutina de verificación de las condiciones de func.....	41
10. Diagrama de Programación 1 .....	42
11. Diagrama de Programación 2 .....	43
12. Diagrama de Programación 3 .....	43
13. Diagrama de Programación 4 .....	44
14. Diagrama de Programación 5 .....	44
15. Diagrama de Programación 6 .....	45
16. Diagrama de Programación 7 .....	45
17. Diagrama de Programación 8 .....	46
18. Diagrama de Programación 9 .....	46
19. Diagrama de Programación 10 .....	47
20. Diagrama de Programación 11 .....	47
21. Diagrama de flujo secuencia de pantallas .....	48
22. Pantalla 1 .....	49
23. Pantalla 2 .....	49
24. Pantalla 3 .....	50
25. Pantalla 4 .....	50
26. Pantalla 5 .....	51
27. Pantalla 6 .....	51
28. Pantalla 7 .....	52

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>Pp.</b>
1. Lista de entradas digitales .....	32
2. Lista de entradas analógicas .....	33
3. Lista de entradas analógicas para RTD .....	33
4. Lista de salidas analógicas .....	33
5. Lista de equipos .....	34
6. Lista de conductores y misceláneos .....	35
7. Especificaciones técnicas de pantalla HMI .....	38
8. Costos asociados al proyecto .....	39



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ CARRERA INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN EN LA LÍNEA DE ELEMENTOS  
DOS PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE FILTROS DE UNIDAD  
SELLADA INDUSTRIAL (USI) EN MANN+HUMMEL FILTRATION  
TECHNOLOGY VENEZUELA C.A.**

**Autor:** José Ángel Ramírez

**Tutor:** Ing. José Hernández

**Fecha:** Agosto, 2018

**RESUMEN**

Este trabajo es un proyecto factible con diseño de campo no experimental y transversal tipo descriptivo que tuvo como objetivo general proponer la automatización en la línea de elementos 2 para el proceso de fabricación de filtros de Unidad Sellada Industrial (USI) en Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A. En este sistema de control se utilizaron las técnicas de supervisión y registro en tiempo real de todos los parámetros presentes en el horno de la línea de elementos dos, específicamente la etapa de pre-curado. Se desarrolló la propuesta de un sistema de supervisión y control automatizado que lo hace muy amigable, con el cual, el personal involucrado con este proceso tendrá acceso a una interfaz HMI a través de una pantalla de 8", donde se visualizan los datos de interés del mismo. El resultado de este proyecto fue el desarrollo de la propuesta de un sistema de monitorización eficiente y que garantiza grandes beneficios para la empresa y el personal que labora en la misma.

**Descriptor:** Supervisión, horno, automatización, monitorización.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es un proyecto que tiene como objetivo proponer un sistema de control para la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A con la finalidad de reactivar y renovar la línea de elementos 2 e iniciar la fabricación de Filtros de Unidad Sellada Industrial (USI) de forma automatizada, diversificando y optimizando la producción de dicha empresa. Un control automatizado trae muchos beneficios a las empresas que lo implementan, traducándose en ganancias para las mismas, donde los principales beneficios son garantizar la producción, reducir costos, tener productos de alta calidad, incrementar los estándares de seguridad, entre otros aspectos.

Con la aparición de los sistemas de Automatización Industrial, junto con el avance continuo de la tecnología, las pequeñas y grandes empresas se han visto en la necesidad de implementar actualizaciones tecnológicas no sólo en un área o proceso sino en su totalidad, manteniéndose así a la vanguardia de los nuevos tiempos, con sistemas de supervisión de procesos competitivos, tanto en el mercado nacional como internacional. Si bien se conoce que la implementación de un sistema automatizado el costo puede llegar a ser muy elevado (dependiendo de su magnitud), se ha demostrado que la inversión rinde los frutos y que al implementarlo se obtienen ganancias mayores, ya sea financieras, de producción, de mantenimiento, de seguridad y de calidad.

El presente trabajo de investigación pretende diagnosticar y satisfacer las necesidades que presenta la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A en la línea de elementos 2. Para ello se propone el desarrollar un sistema de control que conecte el controlador de llama Honeywell con un PLC que contenga el software de control, las recetas de producción y se comuniquen con la HMI, permitiendo una interacción humano-máquinas más eficiente a la hora de diversificar el producto de salida.

Para llevar a cabo la propuesta del sistema automatizado en la línea de elementos 2 para la fabricación de Filtros de Unidad Sellada Industrial (USI) se desarrollaron los capítulos que se mencionan a continuación:

El Capítulo I. En el cual se realiza una descripción sobre la empresa, su historia, misión, visión, sus valores, los servicios que ofrece y su estructura organizacional.

Seguidamente se presentará el Capítulo II, en el cual se mostrará el planteamiento del problema, los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo de este proyecto, la justificación de la investigación y el alcance del mismo.

El Capítulo III está comprendido por las bases teóricas necesarias para entender el proceso y técnicas que se pretenden emplear, y la definición de los términos básicos.

En el Capítulo IV se especificará el tipo, diseño y nivel de la investigación. Es aquí donde se describirá la metodología necesaria para desarrollar la investigación y se plantearán las fases de la misma.

De igual forma, el Capítulo V presenta los recursos que serán necesarios para alcanzar los objetivos de este proyecto de investigación. Y finalmente se incluyen referencias bibliográficas que dan soporte a la presente investigación.

## **CAPÍTULO I**

### **LA EMPRESA**

#### **1.1 Reseña histórica**

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., es una empresa que se funda en octubre del año 2.009 como una empresa de servicios en el sector industrial, con la premisa de ofrecer una solución al servicio que el cliente solicite. Es una empresa con capital cien por ciento venezolano, adaptada a las necesidades del diverso mercado industrial, garantizando una excelente calidad en sus servicios, diversidad de productos y proyectos, entre otras, cumpliendo siempre con las normativas establecidas por los sistemas internacionales de seguridad y calidad.

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., está compuesta por un equipo humano altamente capacitado y comprometido con los más altos estándares de ética y profesionalismo, para ofrecerle al cliente siempre más que un servicio, el respaldo de una organización que brinda y aporta soluciones, en una relación donde el objetivo es la satisfacción del cliente.

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., ha pasado de ser una empresa emergente, a una empresa responsable y con una cartera de clientes importantes en Venezuela, brindándole servicios de calidad a grandes empresas, ya sean públicas, privadas, gubernamentales, etc.

#### **1.2 Misión**

La misión de la empresa INVERSIONES ROAR 4.16 C. A esta expresada de la siguiente manera:

Entregar un servicio integral a nuestros clientes, mejorando continuamente y expandiendo nuestras prestaciones, basado en la identificación de sus necesidades específicas.

Privilegiar la capacitación con acento en el desarrollo profesional, tecnológico y la seguridad de nuestros trabajadores, estimulando la pro actividad, el desarrollo de nuevas ideas y el sentido de pertenencia.

Consolidar una positiva relación con nuestros grupos de interés, basada en la confianza, lealtad, respeto y transparencia, comprometidos con una alta calidad de servicio y responsabilidad social empresarial.

Asimismo, buscamos apoyar e incentivar los nuevos talentos para brindarles la oportunidad de desarrollar todo su potencial y capacidad dentro de esta área.

Ofrecer al cliente un producto de calidad que cumpla con sus exigencias y necesidades, formando un sistema de calidad orientado a crear procesos eficaces.

### **1.3 Visión**

La visión de INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., es ser una empresa líder en entrega de servicios industriales y a brindar y aportar soluciones en el mismo, reconocida a nivel nacional para ofrecer un servicio de máxima calidad, realizar una gestión ética y responsable, mantener un firme compromiso con el desarrollo sostenible y generar valor para todos nuestros grupos de interés, para así consolidar a INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., como una empresa sustentable en el tiempo, manteniendo su excelencia y reconocimiento a nivel nacional, con un fuerte compromiso en la innovación, entrega de servicios asociados para brindar aportes y soluciones en el sector industrial.

### **1.4 Ubicación actual**

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., se encuentra ubicada actualmente en la Urbanización los Bucares, Local 84-19, en Valencia, Estado Carabobo.

## 1.5 Valores

En INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., los marcos de referencia fundamentales son guías que dan una orientación a la conducta y a la vida de cada persona y grupo social., los valores que representan y son pilares fundamentales en la empresa son:

- **Orientación a resultados y eficiencia:** “Somos consistentes en el cumplimiento de nuestros objetivos, al menor costo posible”.
- **Innovación:** “Actuamos oportunamente ante los cambios del entorno, siempre guiados por nuestra visión, misión y valores”.
- **Trabajo en equipo:** “Fomentamos la integración de equipos con el propósito de alcanzar metas comunes”.
- **Oportunidades de empleo sin distinción:** “Proveemos oportunidades de empleo en igualdad de condiciones”.
- **Integridad y Civismo:** “Exhibimos una actitud consistente ética, honesta responsable, equitativa y proactiva hacia nuestro trabajo y hacia la sociedad en la cual nos desenvolvemos”.
- **Relaciones de mutuo beneficio con las partes interesadas:** “Buscamos el beneficio común en nuestras relaciones con las partes interesadas del negocio”.
- **Respeto:** “Inculca a las personas que todas sus ideas cuentan y respetamos la contribución individual de cada empleado”.
- **Disciplina:** “Propiciamos a los empleados, que se comporten con sensatez en el trabajo, respetando las reglas y reglamentos e impulsándolos de forma positiva a que se cumpla con lo establecido”.
- **Generosidad:** “Impartimos la pasión por aprender y compartir ideas, orientados a obtener resultados en lo que emprendemos”.
- **Honestidad:** “Fomentamos la honestidad en la manera de actuar y de pensar, cumpliendo lo que prometemos en el tiempo adecuado”.

## **1.6 Descripción**

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., es una empresa de ingeniería y servicios eléctricos, especializada en los elementos tecnológicos, que presta servicios en el área industrial y comercial en Venezuela.

Proporciona un portafolio completo e integrado de servicios de diseño, integración, instalación y mantenimiento, desde el estudio de requisitos y el desarrollo de la solución hasta la instalación y el posterior soporte de la nueva infraestructura.

Sus servicios incluyen instalaciones eléctricas, redes de datos cableadas o inalámbricas, servicios de construcción civil, electricidad, metalúrgica, elaboración de proyectos, mantenimiento de equipos y estructuras físicas en todas sus fases y en especial, todos los elementos de confort, seguridad y automatización que pueden ofrecer las soluciones de última generación. Todo ello sin olvidar la importancia de que cualquier instalación sea lo más eficiente posible desde el punto de vista energético

Su elemento diferencial, además de la calidad de nuestros trabajos, es la ejecución de todas las instalaciones, ya sean eléctricas, automatizaciones, mantenimiento, entre otros, con un fin único responsable global y un único punto de contacto, en todos sus trabajos realizan un análisis detallado de los requisitos de sus clientes para proporcionar la solución que más se adapte a sus necesidades.

Tiene en el mercado venezolano desde 2.009, sirviendo al sector industrial sin importar su dimensión (pequeña, mediana y gran industria), ofreciendo equipos y servicios de calidad y alta tecnología, brindando siempre la mejor atención a sus clientes, y garantizando la resolución situaciones de emergencia en el menor tiempo posible.

Su equipo, conformado por vendedores, ingenieros, mecánicos, entre otros, están atentos y en constante entrenamiento para poder mantener a la empresa al día con las últimas tecnologías a nivel industrial. También cuenta con los últimos equipos para la programación de los distintos dispositivos distribuidos por sus marcas representadas.

## **1.7 Servicios**

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., ofrece una gran variedad de servicios que se adaptan a distintos tipos de necesidades. Independientemente del servicio escogido puede estar seguro que obtendrá la solución para el sector industrial y cuenta con los siguientes servicios especializados:

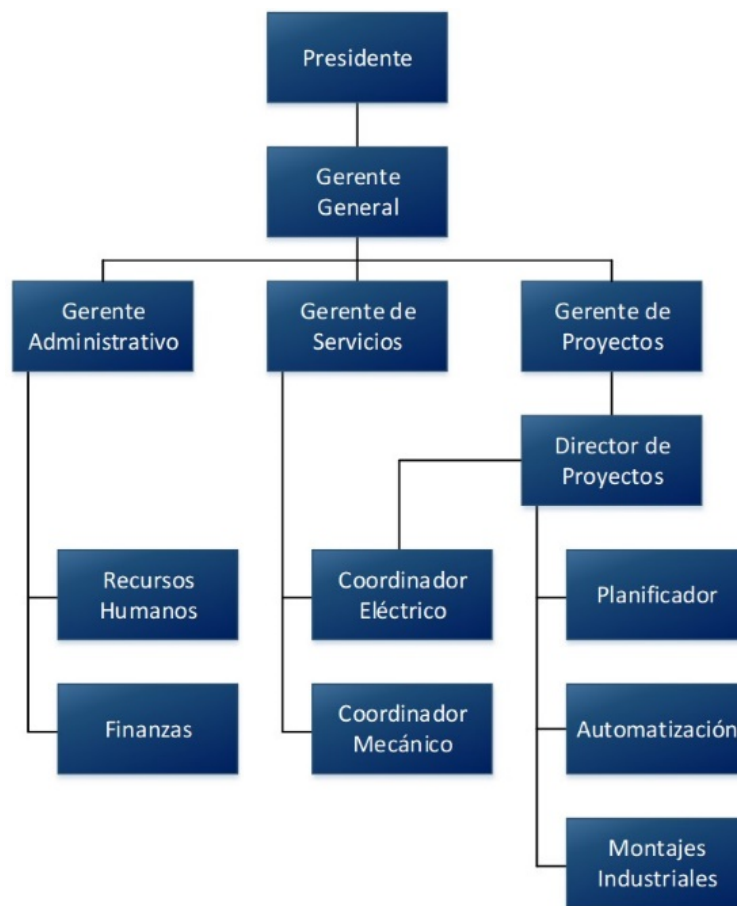
- Reparación de averías eléctricas en empresas
- Servicio Electrificación de Mobiliario en media tensión y baja tensión.
- Proyectos Eléctricos en empresas
- Productos Eléctricos para Empresas
- Contratos de servicios de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo
- Garantía extendida
- Desarrollo de propuestas de automatización de plantas industriales.
- Desarrollo de sistemas con controladores lógicos programables (PLC).
- Controles eléctricos automatizados.
- Garantía con servicio de mantenimiento
- Diseño, ingeniería y configuración de proyectos
- Implementación y puesta en condiciones de funcionamiento de soluciones de energía
- Capacitación técnica

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., dispone de una amplia red de asistencia técnica para cubrir las necesidades de gestión de soluciones para nuestros clientes.

## **1.8 Estructura organizacional**

La estructura de la empresa INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., está compuesta por un presidente y un gerente general, que ejercen la dirección de la empresa, y se encargan de dictar lineamientos para mejorar los departamentos de los gerentes encargado en el área administrativa, de servicios y de proyectos. Posee una estructura organizativa vertical, lineal y funcional, donde se muestra como están relacionados los

departamentos, incrementando la coordinación de sus esfuerzos para el logro de los objetivos en las diversas actividades que se ejecutan en ella. Uno de los aspectos de la empresa INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., es el establecimiento de departamentos, que designen las áreas o cargos que se encuentran operativas en la organización; de esta manera, se define la responsabilidad respecto del desempeño de cada una de las actividades específicas. Se puede visualizar el organigrama de la empresa en la figura 1 mostrada a continuación.



**Figura 1.** Organigrama estructural de la empresa INVERSIONES ROAR 4.16 C.A.

**Fuente:** INVERSIONES ROAR 4.16 C.A.

## **CAPÍTULO II**

### **EL PROBLEMA**

#### **2.1. Planteamiento del problema**

Los sistemas industriales de producción a nivel mundial en las últimas décadas han perfeccionado los procesos de manufactura. En el mundo empresarial sin importar la dimensión de la organización (grande, mediana o pequeña empresa), todas buscan siempre estar actualizadas en cuanto a los sistemas de producción que garanticen un mejor control en el proceso y una mayor eficacia. Debido a la competitividad del mercado, las industrias han aplicado diferentes métodos para mejorar la productividad. Una de las tendencias que ha tomado mayor fuerza a nivel mundial en las industrias es la automatización de procesos para producir más en menos tiempo y menor costo, así como también para mejorar la calidad de sus productos.

Podemos encontrar la automatización en muchos sectores de la economía, como en la Fabricación de Alimentos, Productos Químicos, en la Industria Gráfica, Petrolera, Automotriz, Plásticos, Telecomunicaciones, entre otros sectores, en los cuales generan grandes beneficios. No solo se aplica a maquinas o fabricación de productos, también se aplica la gestión de procesos, servicios, manejo de la información, mejorar cualquier proceso que con lleven a un desempeño más eficiente, desde la instalación, mantenimiento, diseño, contratación e incluso la comercialización.

El reporte desarrollado por Dtisa Automation Systems (2015) señala:

La automatización llegó a las fábricas tras la revolución industrial y empezó a sustituir al hombre en tareas de la producción, esto favorecía en el momento al hombre ya que evitaría grandes esfuerzos, favoreciendo a la producción ya que la maquinaria rinde a un nivel superior y eficaz, tanto que el encargado de producción programa la maquinaria y la misma se encarga de realizar el trabajo.

El sector de la automatización industrial es el futuro de todas las fábricas ya que no para de innovar en sistemas de producción al igual que no dejan de aparecer nuevas tecnologías. Lo que se busca con la automatización industrial es generar la mayor cantidad de producto, en el menor tiempo posible, con el fin de reducir los costos y garantizar una uniformidad en la calidad.

En base a esto se puede decir que se está observando una revolución tecnológica, la cual está presente cada día más en el mundo empresarial, aumentando su necesidad de adquirir avances tecnológicos para el mejoramiento de sus sistemas y de sus procedimientos, con el fin de garantizar un óptimo funcionamiento y así tener una adaptación a la par de las empresas líderes del mercado.

En Venezuela, muchas empresas nacionales e internacionales están luchando por mantenerse compitiendo en el mercado venezolano, y el factor de producción y reducción de costos es un determinante en los negocios ya que, con la escasez de materia prima, adquisición de divisas y problemas de importación y exportación es importante tener un control que garantice disminución de paradas, mayor calidad y por supuesto aumento en la producción.

En el estado Carabobo existen varias organizaciones que necesitan un cambio para el mejor desempeño en el área productiva ya sea a través de maquinaria, capacitación de personal o automatización de procesos. Con el fin de transformar o incrementar las propiedades de algunos materiales es necesario tener que utilizar hornos industriales para: calentar, secar, forjar, fundir, cocer, transformar superficies, endurecerlas o ablandarlas mediante tratamientos térmicos. El automatizar los hornos en las empresas ha traído gran beneficio en las líneas de producción tales como: seguridad, ahorro de tiempo, mayor producción, ajustes para la diversificación de productos de forma automática, entre otras ventajas.

Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A., es una empresa que se encarga de la producción de filtros de aceite, de gasolina, de agua, de aire, combustible para aplicaciones automotrices e industriales. En esta planta, específicamente en el área de la línea de elementos 2 se pretende fabricar Filtros de Unidad Sellada Industrial

(USI) de forma automatizada para la supervisión y control del proceso, donde anteriormente en dicha área se fabricaban otro tipo de filtros.

Es así como, “Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A.”, se encuentra con la problemática de carecer de un sistema de control automatizado en la línea de elementos 2, es por ello que consultaron a la empresa “Inversiones Roar 4.16 C.A.” para el desarrollo de una propuesta de un nuevo sistema de cocción y transportación de forma automatizada en dicha área. Cabe destacar que anteriormente el sistema de operación de ésta línea (arranques, paradas, control de temperatura, cambio de recetas) debía ser ejecutada por un operador humano; al momento de diversificar el producto, se debían hacer ajustes manuales, lo que generaba pérdida de materia prima debido a las numerosas pruebas realizadas para lograr el estado deseado en el producto, posibles errores de fabricación que afectan la calidad y retraso en la producción.

Por lo tanto, durante la pasantía se desarrollará una propuesta de un nuevo sistema de cocción y transportación con el objetivo de lograr una automatización completa en la línea de elementos 2 en la empresa “Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A.” ubicada en Valencia, estado Carabobo, mediante la implementación de distintos dispositivos de automatización, instrumentación y accionamientos eléctricos.

## **2.2. Formulación del problema**

De lo planteado anteriormente, surge la interrogante:

¿De qué manera se puede reactivar de forma automatizada la línea de elementos 2 para que opere de manera eficiente?

## **2. 3. Objetivos de la investigación**

### **2. 3. 1. Objetivo general**

Proponer la automatización en la línea de elementos 2 para el proceso de fabricación de filtros de Unidad Sellada Industrial (USI) en Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A

### **2. 3. 2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual del sistema de la línea de elementos 2.
- Determinar los requerimientos de hardware y software necesarios para el desarrollo de la propuesta.
- Desarrollar la lógica del sistema de control para la línea de elementos 2.
- Diseñar la estructura de la interfaz gráfica humano-máquina.
- Determinar la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta de automatización en la línea de elementos 2.

## **2. 4. Justificación del problema**

Esta propuesta está dirigida a desarrollar un sistema automatizado que se encargue de gestionar las acciones correspondientes al control y supervisión del proceso de la fabricación de filtros y transporte de los mismos el cual beneficie no solo a la empresa en cuestión ya sea reduciendo los tiempos de paradas, diversificando sus productos o mejorando la producción, sino que también a los operadores y empleados de esta área al disminuir las situaciones riesgosas, ajustes manuales para cambios de recetas, ofreciéndoles un ambiente de trabajo más amigable, seguro y con mayor confort. A través de la realización del informe de pasantía en la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A. se busca optimizar, por medio de un sistema automatizado, el proceso de fabricación de filtros de Unidad Sellada Industrial (USI), además evidenciar la importancia y el valor de esta técnica de trabajo con el cual se logrará un mejor desempeño laboral.

Aparte de los beneficios mencionados anteriormente, también generará otros tales como efectividad, mayor control del proceso, al reducir el riesgo para los operarios se aumenta indirectamente el desempeño laboral de los trabajadores involucrados en el proceso, este sistema será capaz de suministrar información organizada y exacta, además de dar a conocer el estado preciso de las variables a monitorear del proceso.

Por otro lado, al tener un sistema automatizado con tecnología electrónica, se reducen los costos de mantenimiento, así como también la dificultad del mismo. También al implementar un control más eficiente se alarga la vida útil de los equipos (motores, sensores, etc.). La mayoría de estos beneficios se traduce en menor gasto para la empresa, que al llevarlo a números resulta una inversión con grandes beneficios tanto para la empresa, como para sus operadores.

## **2. 5. Alcance**

El proyecto de pasantía abarca el desarrollo de una propuesta de un sistema automatizado que permita el control y supervisión del proceso de fabricación de Filtros de Unidad Sellada Industrial (USI) dividiéndose en tres etapas

- Etapa de diseño y estructura: organizar la estructura para el desarrollo de los planos de cableado eléctrico de control y de potencia, dimensionamiento de tableros y adaptar los distintos dispositivos de hardware en la superficie de los tableros.
- Etapa de control: permite la ejecución del proceso mediante el uso de un PLC para el control de las variables relacionadas con los hornos, el sistema de desplazamiento del producto, alarmas de seguridad y dispositivos periféricos.
- Etapa de supervisión: En este se percibe toda la información arrojada por el sistema como datos relevantes del manejo de variables a través de una pantalla HMI.

La culminación del proyecto tendrá lugar con la entrega del diseño de la propuesta a la empresa Inversiones Roar 4.16, C.A.

## **2. 6. Limitaciones**

Para la realización de esta propuesta se pueden presentar ciertas limitaciones como lo son el acceso a información confidencial detallada del proceso de producción de filtros documentación denominada por la empresa como información estratégica , el poco personal técnico con la suficiente experticia como para transmitir los conocimientos necesarios para llevar a cabo la labor investigativa y el limitado tiempo del personal responsable por la empresa para el asesoramiento respecto a los factores básicos de producción.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Antecedentes

En todo proceso investigativo se hace una recolección de material bibliográfico, relacionado con el problema planteado, lo cual permite tener fuentes de apoyo y de comparación para el desarrollo de dicho estudio. Luego de consultar diferentes bibliografías y constatar la existencia de otras publicaciones basadas en las mismas áreas, se consideraron aquellas que más se acercan a los fines que persigue la presente investigación. A continuación, se muestran algunos trabajos que tienen relación con el tema de estudio de este proyecto, los cuales servirán como base para la elaboración de informe.

Así Yip, M. (2016) en el trabajo especial de grado titulado “**Desarrollo de un sistema de control para el proceso de atomización de pasta y transporte de masa para la fabricación de baldosas en la empresa Cerámica Carabobo S. A. C. A. planta Piemme**”, presentado para optar por el título de Ingeniero Electrónico en la Universidad José Antonio Páez (UJAP). Realizó una investigación que estuvo concebida bajo la modalidad de proyecto factible, tuvo como objetivo general desarrollar el sistema para el control del proceso de atomización de pasta y transporte de masa para la fabricación de baldosas en la empresa mediante la utilización de técnicas principales tales como programación de Controlador Lógico Programable (PLC) y el control PID. En este proyecto se desarrolló un sistema de control automatizado amigable, donde el personal involucrado con este proceso tendrá acceso a una interfaz HMI a través de un panel táctil, donde se mostrarán los datos de interés

del proceso. Este proyecto desarrolló un sistema de control eficiente que garantiza grandes beneficios para la empresa y el personal dentro de ella.

Éste trabajo realiza aportes fundamentales para soportar la línea de investigación relacionada con la propuesta a desarrollar ya que abarca la programación de un PLC Siemens modelo S7-300 con un cpu 314 2 dp, en dicha programación se empleó el lenguaje FUP/FBD el cual aparentemente logra extraer todas las cualidades de los bloques de funciones especialmente empleados en las aplicaciones de control avanzado. De igual forma se realizó la comunicación entre un controlador de llama marca Honeywell con el PLC mencionado anteriormente.

De igual manera, Meza, L y Puig, C (2011), en el trabajo de grado titulado **“Diseño e implementación de un sistema automatizado para una banda transportadora de la C. A. Sucesora de José Puig & CIA mediante la aplicación de controladores lógicos programables (PLC)”**, presentada para optar por el título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Nueva Esparta (UNE), trabajaron en la automatización mediante el uso de dispositivos lógicos programables (PLC), para la línea de producción VICARS, presente en la C. A. Sucesora de José Puig & CIA cuyos objetivos son reducir el costo de funcionamiento de la máquina, conseguir mayor eficiencia en la velocidad de producción y mayor seguridad para el personal.

Se toma este trabajo como apoyo ya que la ejecución de esta automatización trajo consigo mejoras significativas en la velocidad de producción y ahorro en el mantenimiento del sistema (eliminación de lubricación de partes móviles y la sustitución de las mismas por desgaste), lo cual es una meta que se persigue con esta investigación.

En este trabajo de indagación se tomaron como referencias los principios de operación de los PLC y las diversas indicaciones técnicas, que conformarán un aporte en los datos técnicos, en las instalaciones eléctricas del dispositivo, periféricos, montaje mecánico y el conocimiento requerido para estructurar la disposición del sistema, tanto interno como externo del PLC.

También, Oñate C. y Pinta O. (2013), en su trabajo de grado titulado **“Diseño e implementación de un módulo para el proceso de clasificación de piezas controlado mediante un PLC siemens s7-1200”** presentado como requisito para optar al título de Ingeniero en Electrónica, Control y Redes Industriales en la Escuela Superior Técnica de Chimborazo, desarrollaron este proyecto el cual tiene como objetivo diseñar e implementar un módulo para la simulación de un proceso de clasificación de piezas controlado por medio de un PLC Siemens S7-1200. El proceso de clasificación de piezas está diseñado en base a un modelo industrial. El proceso permitirá la separación de piezas según el tipo y color del material, mediante la señal entregada de los sensores, según la elección realizada procederá a dirigirse a una de las dos rampas o sino continuará en banda transportadora previamente implementadas.

De dicho trabajo se podrá tomar como aporte que, el control de procesos industriales mediante el uso de autómatas programables (PLC) permite incrementar la seguridad de operación, la calidad y el rendimiento de una máquina para garantizar la operatividad de la misma y por ende la producción de la línea. En la estructura de este proyecto se puede visualizar la realización de un diseño de control automatizado y de su implementación mediante equipos de instrumentación industrial, lo cual sirve como base para la comprensión de los procedimientos necesarios para la investigación, elaboración e implementación de actividades similares en este proyecto, además de dar un ejemplo para la generación de resultados y errores.

### **3.2 Bases teóricas**

Para la realización de este trabajo es indispensable conocer aquellas definiciones, y/o etapas que conforman el proceso de cocción de hornos, las consideraciones para la incorporación de equipos y el manejo de variables necesarias para poder desarrollar un sistema eficiente.

Primeramente, se describirá cómo funcionan los sistemas de combustión para así comprender el sistema de trabajo de los hornos industriales.

### **3.2.1 Sistemas de combustión**

Los sistemas de combustión son reacciones químicas entre un material que puede ser quemado como un combustible y los compuestos químicos que se encuentran en oxidantes, que son sustancias de los átomos de oxígeno de transferencia. El propósito principal de la combustión es la creación de algún tipo de energía para producir la definición de la ciencia física de trabajo. Esencialmente, es la producción de una cierta cantidad de energía transferida por la fuerza de calor y el fuego. Los ejemplos más comunes de los diferentes tipos de sistemas de combustión incluyen calderas, chimeneas, hornos, quemadores de gas y otros sistemas de calefacción.

Los hornos, tradicionalmente diseñados para la fabricación de cerámicas o metales, utilizan una fuente de combustible para calentar materiales o el propio aire. Del mismo modo, los quemadores de gas utilizan el gas natural o propano mezclado con el aire para generar una llama, la cual se puede utilizar para cocinar o quemar sustancias. Hay un número de diferentes tipos de técnicas de combustión utilizados en estos sistemas, y cada uno requiere diferentes niveles de combustible y oxidantes. La combustión completa esencialmente quema el combustible, generalmente un hidrocarburo, y produce muy poco material secundario. La pirolisis de combustión se produce cuando el oxidante no está fácilmente disponible o es limitado, haciendo que el sistema de combustión se desactive parcialmente.

Luego de haber detallado el proceso de combustión, a continuación, se procede a explicar el elemento principal que conforma la línea de elementos 2, los hornos industriales.

### **3.2.2 Hornos industriales**

Un horno industrial es un equipo que calienta, a una temperatura muy superior a la de ambiente, materiales o piezas situadas dentro de un espacio cerrado. Con el calentamiento se pueden fusionar metales, ablandarlos, vaporizarlos o recubrir piezas con otros elementos para crear nuevos materiales o aleaciones. Las partes que lo componen y los distintos diseños y funciones especiales que incorporan según el tipo

de uso para el que fueron diseñados. Su diseño y estructura está planeada para alcanzar una temperatura determinada y permitir a los usuarios realizar procesos industriales específicos. Aunque cada horno industrial cuente con particularidades, todos presentan una serie de elementos constructivos en común, los cuales se describirán a continuación.

Todos los hornos cuentan con válvulas, difusores y otro tipo de cierres que permiten regular las corrientes de los gases en el horno y sus conductos, a este conjunto de elementos se les denominan tren de gas y se explicará a continuación.

### **3.2.3 Tren de gas**

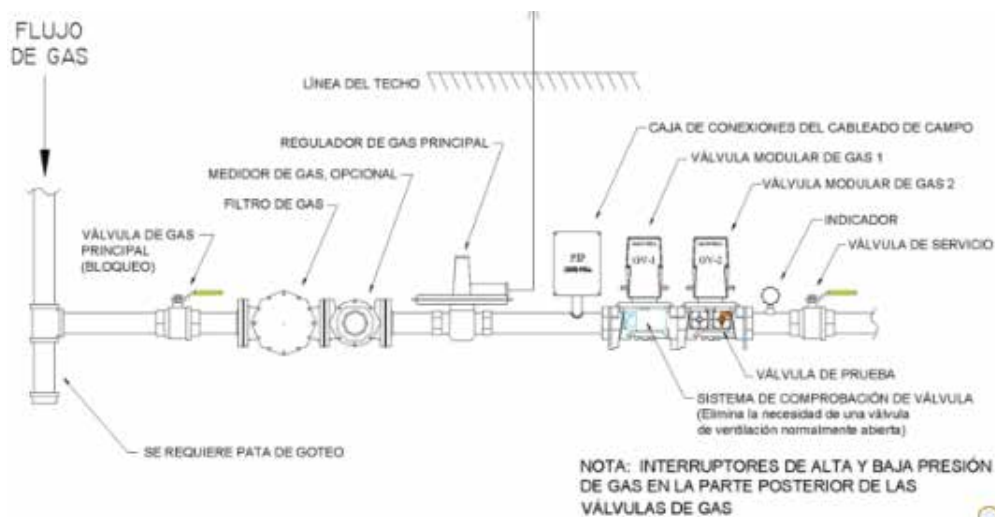
Los trenes de gas para hornos, automáticos y semiautomáticos, están diseñados para adaptarse a la capacidad de calentamiento, presiones de gas disponibles y requerimientos de seguridad de su horno específico.

#### **3.2.3.1 Partes de un tren de gas**

- Válvulas de cierre de seguridad de gas automáticas o de candado y accionadores con interruptores auxiliares
- Válvula de ventilación normalmente abierta
- Válvula de cierre supervisada que cumple con las regulaciones de la OSHA para la válvula de ventilación.
- Sistema de comprobación de válvula (opcional, alternativa a la válvula de ventilación normalmente abierta).
- Interruptor de presiones altas de gas, restablecimiento manual (sin mercurio).
- Interruptor de presión baja de gas, restablecimiento automático (sin mercurio).
- Válvula principal de gas, tipo bola de paso integral con aditamento de bloqueo.
- Válvula de servicio, tipo bola de paso integral.
- Indicadores de presión de gas.
- Válvulas de prueba con certificación OSHA.

- Regulador de la presión principal de gas (opcional).
- Filtro de la línea de gas.
- Medidor de gas con lectura remota (opcional).
- Preentubado, cableado y probado (opcional).

Se puede observar el esquema de las partes de un tren de gas en la figura 2 que se muestra a continuación:



**Figura 2. Partes de un tren de gas**

**Fuente:** [www.banner-day.com/mx/index.php/soluciones-de-panificacion/componentes/trenes-de-gas](http://www.banner-day.com/mx/index.php/soluciones-de-panificacion/componentes/trenes-de-gas)

Luego de detallar los elementos que conforman un tren de gas, es importante conocer el elemento que genera calor en los hornos industriales, es el caso de los quemadores.

### 3.2.4 Quemadores

Están encargados de producir el fuego dentro del horno para calentar el aire y las piezas que se fabrican, éstos permiten el paso de gas y aire. Poseen unas válvulas eléctricas que se activan o desactivan para que las temperaturas alcanzadas sean las adecuadas en las zonas de cocción, permitiendo la recuperación de calor en zonas independientes y la optimización del flujo de calor.

El quemador está compuesto por una etapa de inyección de aire y una etapa de combustión. La etapa de inyección generalmente tiene un ventilador proporcionará aire fresco rico en oxígeno para lograr una buena combustión. La etapa de combustión está formada por la boquilla de gas, las bujías de ignición y los detectores de flama. Ahí se genera la combustión del gas (o algún otro combustible). El quemador deberá tener elementos de seguridad que permitan detectar la presencia de flama y apagar cerrar las válvulas en caso de detección de falta de flama.

Es importante mencionar que para entre los elementos de regulación de entrada y salida de aire en los hornos industriales se encuentran los motores modutrol que se describe a continuación

### **3.2.5 Motores modutrol**

Son motores de muelle de recuperación y sin muelle de recuperación utilizados para controlar reguladores y válvulas. Los motores aceptan una corriente o señal de voltaje de un controlador electrónico para colocar el regulador o la válvula en cualquier punto entre abierto y cerrado. Es un motor de aspecto cuadrado el cual posee integrado un mecanismo para girar sobre su eje hacia un lado y hacia otro a velocidad reducida, siendo controlado eléctricamente para encender o detener el motor en cualquier momento. Se utiliza para abrir o cerrar compuertas de entrada de aire del quemador, así como también para abrir o cerrar una válvula de combustible. El modutrol es controlado por el controlador central de la caldera.

Entre las variables que deben contemplarse en estos procesos se tiene la temperatura y la presión. Para el control de las mismas, se deben implementar en el sistema instrumentos de medición que contemplen el rango de trabajo de cada variable, para la temperatura, se recomienda el uso de sensores que se mencionarán a continuación.

### **3.2.6 Instrumentos de medición para la temperatura recomendados**

Existen diversos instrumentos para la medición de la temperatura. Las termocuplas son los medidores más importantes y más utilizados debido a su buen rendimiento al usarse tanto para temperaturas bajas como altas. Se utilizan cuando se necesita enviar la información de la medida a sitios remotos. Constan principalmente de dos metales distintos, unidos en un extremo, un voltímetro y una escala graduada. Entre los distintos tipos de termocuplas, para este proceso debido a su rango de trabajo se recomiendan los siguientes:

#### **3.2.6.1 Termopar tipo E (cromel-constatán)**

Puede usarse en vacío o en una atmosfera inerte o medianamente oxidante o reductora. Este termopar posee la f.e.m. más alta por variación de temperatura y puede usarse para temperaturas de 200°C a 900°C.

#### **3.2.6.2 Termopar tipo J (hierro-constatán)**

Es adecuado para atmósferas con escaso oxígeno libre. La oxidación del hilo de hierro aumenta rápidamente por encima de 550 °C, siendo necesario un mayor diámetro del hilo hasta una temperatura límite de 750 °C

#### **3.2.6.3 Termopar tipo K (cromel-alumel)**

Se recomienda en atmósferas de oxidantes y a temperaturas de trabajo entre 50 y 1500 °C. No debe ser utilizado en atmósferas reductoras ni sulfurosas a menos que esté protegido con un tubo de protección.

Para el manejo de la variable presión, se utilizan instrumentos de precisión fabricados para medir los gases en tuberías o tanques de almacenamiento y la presión atmosférica, a grandes rasgos, teniendo para cada uso diversos equipos disponibles de acuerdo a las necesidades.

### **3.2.7 Transmisores de presión con salida 4-20 mA**

Estos tipos de transmisores son conocidos también como transmisores de presión. Dado que una señal de 4-20mA está menos afectada por el ruido eléctrico y la resistencia en los cables de señal, estos transductores se utilizan mejor cuando la señal debe ser transmitida a largas distancias.

Al trabajar con presión se recomienda el uso de presostatos para tener un control sobre la misma, el cual se describe a continuación.

### **3.2.8 Presostato**

Para este tipo de proceso se recomienda el uso de presostato o también conocidos como presoswitch o interruptores de presión, éstos cierran o abren un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja, un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado.

No deben ser confundidos con los transductores de presión (medidores de presión); mientras estos últimos entregan una señal variable con base al rango de presión, los presostatos entregan una señal apagado/encendido únicamente.

#### **3.2.8.1 Tipos de presostatos**

Los tipos de presostatos varían dependiendo del rango de presión al que pueden ser ajustados, temperatura de trabajo y el tipo de fluido que pueden medir. Puede haber varios tipos de presostatos:

### **3.2.8.2 Presostato diferencial**

Funciona según un rango de presiones, alta-baja, normalmente ajustable, que hace abrir o cerrar un circuito eléctrico que forma parte del circuito de mando de un elemento de accionamiento eléctrico, comúnmente motores.

### **3.2.8.3 Alta diferencial**

Cuando se supera la presión estipulada para el compresor, el rearme puede ser manual o automático.

### **3.2.8.4 Baja diferencial**

Cuando la presión baja más de lo estipulado para el compresor, el rearme puede ser manual o automático.

## **3.3 Definición de términos básicos**

- Cocción: Operación que consiste en poner en un horno algún tipo de masa para que con la acción del calor pierda humedad y adquiera determinadas propiedades.
- Filtros USI: Los Filtros Automotrices de Unidad Sellada Industrial son fabricados específicamente para maquinaria y/o vehículos pesados como Camiones y Tractores Agrícolas.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se describen los métodos, técnicas y procedimientos que serán empleados para el logro de los objetivos propuestos en el estudio que se desarrolla. El marco metodológico según Arias (2006) explica el marco metodológico como el “conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (P.16).

#### **4.1. Tipo de investigación**

Se puede considerar la siguiente investigación como un proyecto factible, el cual consiste en un modelo operativo, descriptivo, analítico y evaluativo de una unidad de acción. La definición de un proyecto factible según la UPEL (2011), “Consiste en la elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable, o una solución posible a un problema de tipo práctico para satisfacer de una institución o grupo social. La propuesta debe tener apoyo, bien sea en una investigación de campo o en una investigación documental; y puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.”

De lo antes planteado, para llevar a cabo el proyecto factible, lo primero que debe realizarse es un diagnóstico de la situación planteada; en segundo lugar, es plantear y fundamentar con basamentos teóricos la propuesta a elaborar y establecer, tanto los procedimientos metodológicos, así como las actividades y los recursos necesarios, para llevar a delante la ejecución. Aunado a esto, se realizará el estudio de factibilidad del proyecto y, por último, la ejecución de la propuesta con su respectiva evaluación.

Este proyecto se apoya en necesidades detectadas en el campo para luego realizar una ratificación mediante la investigación documental y bibliográfica que permitirá finalizar con una propuesta, por tanto, consiste en la investigación, elaboración, desarrollo e implementación de una propuesta de un sistema de automatización en la línea de elementos 2 para la fabricación de Filtros de Unidad Sellada Industrial (USI) en Mann+Hummel Technology Venezuela C.A.

#### **4.2. Diseño de la investigación**

El estudio se fundamenta en una investigación de campo, que según el autor Arias, (2012) define: “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental.” La investigación de campo, al igual que la documental, se puede realizar a nivel exploratorio, descriptivo y explicativo. (p.31)

#### **4.3. Nivel de la investigación**

El nivel de esta investigación es descriptivo, ya que consiste en la caracterización de un sistema con el fin de establecer su estructura para su estudio, como es el caso del sistema de automatización para la fabricación de filtros automotrices. Los resultados se ubican en un nivel intermedio en cuanto a profundidad de conocimientos.

Según Arias (2012), “la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere”. (p.24).

#### **4.4. Fases metodológicas**

Las fases metodológicas constituyen un seguimiento detallado y minucioso de los objetivos específicos planteados anteriormente en este informe, que servirán de guía en el cumplimiento del objetivo general, el cual es la meta principal de esta investigación.

##### **Fase I. Diagnóstico de la situación actual del sistema de la línea de elementos 2.**

Esta fase se realizará con el propósito de diagnosticar la situación del proceso en la línea de elementos 2, así como delimitar la problemática que se presenta. En la misma, se realizarán actividades para la recopilación de información por medio de observación, la recolección de toda la documentación técnica impresa o digital referente al proceso, para lo que se requiere del apoyo de los departamentos de ingeniería y de archivo de la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A., así como encuestas a los operadores, técnicos, ingenieros y supervisores que se relacionaban anteriormente con el área donde se encuentra el proceso en cuestión.

Por otra parte, se analizarán las ventajas y desventajas, así como las consecuencias que puedan traer la implementación de este proyecto, se establecerán los beneficios y el alcance que ofrecerá a la empresa, y se definirán las variables a estudiar.

Actualmente en la empresa, hay una variedad de hornos en estado de operación, de los cuales se puede decir que su sistema de control es semi-automático o manual.

##### **Fase II. Determinación de los requerimientos de hardware y software necesarios para el desarrollo de la propuesta.**

En esta fase se estudiarán todas las variables y los factores influyentes en el proceso, así como también se estudiarán los criterios necesarios para la elección de equipos e instrumentos a instalar, así como los métodos de programación y control para lograr así un diseño que logre integrar todas las necesidades captadas en la fase anterior.

Esta tarea abarcará la selección de equipos fundamentales como la marca de PLC y HMI a proponer como la determinación de las cantidades y tipos de conductores a emplear, los tableros detallando el nivel de IP y las dimensiones de éstos.

### **Fase III. Desarrollo de la lógica del sistema de control para la línea de elementos 2.**

Para esta etapa se contempla el desarrollo de la lógica que cumplirá la función de controlar el proceso de producción y que será programada en el PLC ya previamente seleccionado, dicha lógica debe comprender el control de las variables críticas relacionadas al proceso, empleando las técnicas universales de control y definiendo el tipo de lenguaje a emplear para la programación del PLC. También se trabajará en la distribución de cableado para la conexión de los equipos involucrados y la posterior inclusión de toda la información en los planos de cableado del proyecto.

### **Fase IV. Diseño de la estructura de la interfaz gráfica humano-máquina.**

Diseñar y establecer la cantidad de pantallas y la información que se va a contemplar en ellas mediante el uso de técnicas y normas de diseño de HMI. Esto con el fin de presentar la información de la mejor manera para el personal involucrado en las labores productivas de la línea de elementos 2 tales como: personal de ingeniería, personal de calidad, operadores y técnicos responsables en mantener el perfecto funcionamiento en la línea de producción

### **Fase V. Determinación de la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta de automatización en la línea de elementos 2.**

Luego de haber realizado el diseño en la fase anterior, se pondrá en marcha la quinta fase con la finalidad de determinar la factibilidad del diseño para saber si el proyecto es viable. Se aplicarán estrategias de ingeniería económica como forma de sustento de los cálculos que se realizarán.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1 FASE I: Diagnóstico de la situación actual del sistema de la línea de elementos dos.**

Inicialmente es necesario conocer la realidad actual de las instalaciones y el proceso productivo en el sistema de la línea de elementos dos de la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A.

Para la obtención de la información requerida se realizaron visitas a la línea en donde una de las principales limitantes que se presentaron al momento de recabar toda la información necesaria, se produjo al momento de solicitar los planos eléctricos y de potencia de la línea, los cuales, debido al tiempo algunos se encontraban deteriorados y otros extraviados, por lo que se tuvo que recurrir a entrevistar a todo el personal que estaba involucrado directamente con la línea de elementos dos, como personal de ingeniería, jefes de turnos, mecánicos y operadores para así saber de qué forma operaba.

Entre las variables que se encuentran vinculadas con este proceso de cocción se tiene en primer lugar la temperatura del horno y la presión del mismo. Actualmente la línea de elementos dos, cuenta con dos hornos que tienen relación entre sí mediante una cinta transportadora; el primer horno pertenece a la etapa de pre-curado y el segundo horno pertenece a la etapa de curado.

El modo de operación en la línea de elementos dos es de forma semi-automática, debido a que su ejecución se realiza a través de los controladores de temperatura; Los motores de inyección y extracción de aire operan a una velocidad constante, lo que ocasiona que el flujo de aire debe ser manipulado de forma mecánica a través de las compuertas de inyección y escape de aire, las cuales se encuentran aseguradas y

posicionadas a unos grados de apertura específicos que son ajustadas por el operador y según requiera el tipo de filtro; El motor de circulación de aire, de igual manera, opera a una velocidad constante y es el encargado de esparcir el aire caliente a través de todo el horno; asimismo, el motor traslación trabaja a velocidad constante, lo que impide que la velocidad de tránsito del producto dentro del horno sea modificada de una manera fácil y efectiva.

El sistema de medición de temperatura está compuesto por cuatro RTD, las cuales son utilizadas para la obtención de la magnitud de la variable temperatura en las cuatro zonas específicas del horno, estas zonas están divididas en cuatro cuadrantes y las RTD se encuentran ubicadas en el punto central de cada cuadrante en una secuencia lógica de contactos que permiten la activación o desactivación del quemador.

Las variables involucradas en este proceso no poseen ningún tipo de alarma visual en tiempo real, así como tampoco se tiene un registro de variaciones con respecto al tiempo del comportamiento de cada variable de interés (temperatura, presión).

El tablero principal contiene los elementos de visualización y maniobra que permiten el control semi-automático del proceso de cocción; Éste cuenta con tres luces piloto, las cuales reflejan la parada de emergencia del sistema, funcionamiento del sistema y disparo térmico, a su vez, dispone de un interruptor de parada de emergencia y un selector de dos posiciones en donde se inicia y detiene el sistema, así como también se puede visualizar el valor de la temperatura detectado en el horno en tiempo real. A continuación, se observa en la figura 3 como se encuentra actualmente el tablero principal de la línea de elementos dos.



**Figura 3. Tablero principal línea de elementos dos**

Fuente: Ramírez 2018



**Figura 4. Sistema de hornos línea de elementos 2**

Fuente: Ramírez 2018

**5.2 FASE II. Determinación de los requerimientos de hardware y software necesarios para el desarrollo de la propuesta.**

Luego de haber obtenido toda la información referente al proceso, se procede a evaluar y describir cuáles son las variables que deben tomarse en cuenta para el desarrollo de la propuesta, las cuales se detallan a continuación en las siguientes tablas:

**Tabla 1. Lista de entradas digitales**

<b>Entradas Digitales</b>	
<b>Nº</b>	<b>Variables</b>
1	Pulsador para marcha del proceso
2	Selector automático del proceso
3	Parada del proceso
4	Parada de emergencia
5	Supervisión de tensión
6	Estatus variador AC-AC 1 Inyección
7	Estatus variador AC-AC 2 Extracción
8	Estatus variador AC-AC 3 Circulación
9	Estatus variador AC-AC 4 Traslación
10	Presión tren de gas alto
11	Presión tren de gas bajo
12	Burner control
13	Compuerta 1 abierta
14	Compuerta 1 cerrada
15	Compuerta 2 abierta
16	Compuerta 2 cerrada
17	Sensor de traslación
18	Sensor para contaje de entrada
19	Sensor para contaje de salida

**Fuente:** Ramírez (2018)

**Tabla 2. Lista de entradas analógicas**

<b>Entradas Analógicas</b>	
<b>Nº</b>	<b>Variable</b>
1	Velocidad motor de Inyección
2	Velocidad motor de Extracción
3	Velocidad motor de Circulación
4	Velocidad motor de Traslación

Fuente: Ramírez (2018)

**Tabla 3. Lista de entradas analógicas para RTD**

<b>Entradas Analógicas para RTD</b>	
<b>Nº</b>	<b>Variable</b>
1	Temperatura zona 1
2	Temperatura zona 2
3	Temperatura zona 3
4	Temperatura zona 4

Fuente: Ramírez (2018)

**Tabla 4. Lista de salidas analógicas**

<b>Salidas Analógicas</b>	
<b>Nº</b>	<b>Variable</b>
1	Velocidad salida motor inyección tacómetro
2	Velocidad salida motor extracción tacómetro
3	Velocidad salida motor circulación tacómetro
4	Velocidad salida motor traslación tacómetro

Fuente: Ramírez (2018)

Para cubrir las necesidades presentadas luego del análisis de la situación del proceso y en función a las variables de entradas y salidas, se requiere la adquisición de

un PLC que cumpla con las siguientes características: alta velocidad de procesamiento de datos y comunicación en tiempo real; posibilidad de comunicación con otros protocolos conocidos (PROFIBUS, ETHERNET, PROFINET); capacidad de memoria de trabajo superior a los 100KB; memoria extraíble integrada; facilidad de expansión, preferiblemente el modelo modular.

De acuerdo a los requerimientos expuestos en el párrafo anterior y tomando en cuenta que en el inventario de la empresa cuentan con un PLC de la marca Siemens modelo S7-300 CPU 314C-2 DP, se decide desarrollar la propuesta con este equipo en particular, ya que cumple con lo antes exigido.

Debido a que la empresa a nivel general posee equipos marca Siemens y continuando con su estandarización con la marca, se presentarán a continuación los equipos principales necesarios de adquirir para llevar a cabo la propuesta de automatización en la línea de elementos dos, en la tabla 5 que se muestra a continuación:

**Tabla 5. Lista de equipos**

<b>Cant.</b>	<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>
1	PLC Siemens S7300 CPU 314C – 2DP 6ES7 314-6CH04-OABU v3.3	Controlador Lógico Programable
1	Módulo Siemens SM331 AI 8xRTD 6ES7 331 7PFOU OABU	Módulo de entradas para RTD
1	Módulo Siemens SM332 AO 8 x16bit 6ES7 332-7NDOO-OABU	Módulo de salidas analógicas
1	Controlador de Procesos Honeywell DC1000 / Comunicación RS232/485	Controlador de temperatura del horno
1	Motor 5HP 8A 440V	Motor para circulación de aire caliente
2	Motor 10HP 14A 440V	Inyección y Extracción de aire

Continuación Tabla 5

1	Motor 15HP 21A 440V	Motor para Traslación de la cinta transportadora
4	Variador AC/AC Siemens Sinamics v20 6SL3210-5BE25-5UV0	Variadores de velocidad para motores
4	4 Transmisores de Temperatura Tipo RTD – PT100 Clase A: $\pm 0,15$ (-50 a 600°C)	RTD para las 4 zonas del horno
1	Relé Supervisor de Tensión Siemens 3UG4616-2CR20. Sal1:250VCA/3A	Supervisor de tensión en caso de fallas energéticas
4	Contactador Siemens 3 polos Sirius. 40A, 220v	Contactador para cada uno de los motores
1	Sensor inductivo Siemens Simatic PX1-200	Sensor para detectar falla o ruptura en la cinta transportadora
1	Relé de ocho pines bobina 220v Sassin MK2P-i	Relé de doble contacto
1	Base para relé de ocho pines	Base para relé de doble contacto

Fuente: Ramírez (2018)

Seguidamente, para la conexión entre los equipos y misceláneos se deben consignar aquellos conductores y elementos tales como los que se presentan en la tabla 6 a continuación.

**Tabla 6. Lista de conductores y misceláneos**

Cant.	Descripción
2500 mts.	Cable THW # 12 AWG Color rojo, azul y negro

**Continuación Tabla 6**

900 mts	Cable THW # 12 AWG Color Verde
600 mts.	Cable THW #16 AWG Color Rojo
600 mts.	Cable THW #16 AWG Color Negro
300 mts.	Cable THW #18 AWG Color Negro y Rojo
106 mts.	Cable para RTD 2 hilos.
500 mts	Cinta amarracable 2,5 mm x 100 mm
500 mts	Cinta amarracable 3,5 mm x 200 mm
500 mts	Cinta amarracable 4,8 mm x 400 mm
400 unid	Terminal de punta, color azul
400 unid	Terminal de punta, color rojo
20 unid	Canaletas
20 unid	Bandejas portacables
4	Topes de retención
6 paq.	Enumeraciones de borneras apilables
4 paq.	Marquillas
60	Borneras apilables de 4mm
6	Tapa Borne 4mm

**Fuente:** Ramírez (2018)

Para el desarrollo de la interfaz humano-máquina se requiere un equipo que permita visualizar las variables del proceso tales como: temperatura, presión, velocidad de los motores y ejecutar las maniobras de mando y control que el proceso requiera.

Este dispositivo debe contar con características de robustez, simplicidad y estabilidad, un puerto de comunicación estándar, preferiblemente ETHERNET o PROFIBUS, con una superficie de trabajo de aproximadamente 8”.

La empresa dispone de una pantalla HMI marca Kinco, modelo MT4403T de 8” y una resolución de 800\*600 pixeles (ver figura 5 y tabla 7 para especificaciones de la pantalla), la cual cumple con las necesidades descritas anteriormente y en la cual será desarrollada la interfaz para la interacción con el operador.



**Figura 5. Pantalla HMI**

**Fuente:** <https://es.aliexpress.com/item/MT4523TE-Kinco-HMI-Touch-Screen-10-4inch-800-600-Ethernet-1-USB-Host-1-SD-Card/32596751448.html>

**Tabla 7. Especificaciones técnicas de pantalla HMI**

Pantalla	8 "TFT	
Resolución	800*600	
Color	65536	
Retroiluminación	LED	
Brillo	250cd/m <sup>2</sup>	
La vida de luz de fondo	50000 horas	
Panel táctil	4-red de resistencia de precisión de alambre	
Procesador	32bit 400 MHz RISC	
Memoria	8 M flash + 32 m SDRAM	
U disco	Ninguno	
Tarjeta SD	Ninguno	
Receta de memoria y RTC	256KB + RTC	
Puerto de impresora	DB25/puerto serie	
Ethernet	Ninguno	Apoyo
Programa de descarga	Esclavo USB/puerto serie	
Puerto COM	COM0: RS232/RS485-2/RS485-4, COM1: RS232/RS485-2/RS485-4, COM2: RS232	

**Fuente:** <https://es.aliexpress.com/item/MT4523TE-Kinco-HMI-Touch-Screen-10-4inch-800-600-Ethernet-1-USB-Host-1-SD-Card/32596751448.html>

Una vez determinados los componentes de hardware que se deben adquirir para llevar a cabo dicha propuesta, también es necesario conocer y manejar el software para la programación del PLC a utilizar. Para el desarrollo de la programación del PLC SIMATIC S7 de Siemens y continuando con la licencia del software que posee la empresa, se continuará con el uso del software Simatic Step 7 v5.5 de Siemens, éste domina el mercado de lenguajes de programación, disponiendo de 3 lenguajes: FUP, KOP y AWL. Para el desarrollo de las pantallas se utilizará el software Simatic WinCC 2008 de Siemens.

### **5.3 FASE III. Desarrollo de la lógica del sistema de control para la línea de elementos dos.**

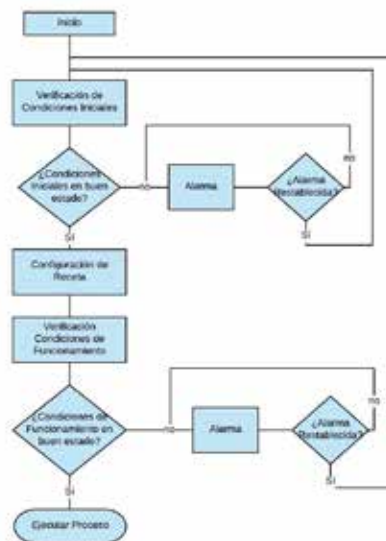
Realizado ya los estudios previos en cuanto a los requisitos técnicos, seguridad del sistema, levantamiento de los componentes de hardware necesarios y el estudio del sistema de comunicación que se empleará, se dispone al desarrollo del software necesario para la presentación de la propuesta.

Dicho software se desarrolló en la plataforma de Siemens Simatic Step 7 v5.5 y WinCC 2008, ya que los mismos soportan el equipo PLC y HMI a programar que fueron seleccionados. Éstos ambientes de trabajo son amigables a un programador con experiencia ya que se manejan en un ambiente Windows, similar al de marcas como, por ejemplo: Allen Bradley.

Para el desarrollo del programa del PLC, ambiente de navegación y manejo de información, se tomaron los datos obtenidos en la primera fase, en la cual mediante la investigación se tomaron aportes técnicos y de ingeniería necesarios para la realización del programa, dando como resultado en primer lugar los siguientes diagramas de flujo.

### 5.3.1 Diagrama de flujo general

En el diagrama de flujo general, está representado el funcionamiento global del programa en el cual destacan las etapas de monitoreo y visualización de las variables que corresponden al sistema de hornos en la línea de elementos dos, específicamente la etapa uno, correspondiente a la etapa de pre-curado.



**Figura 6. Diagrama de flujo general**

Fuente: Ramírez (2018)

### 5.3.2 Diagrama de flujo subrutina verificación de condiciones iniciales

En el siguiente diagrama de flujo, se muestra de forma más específica cuáles son las condiciones iniciales que el sistema debe cumplir para continuar con el proceso.

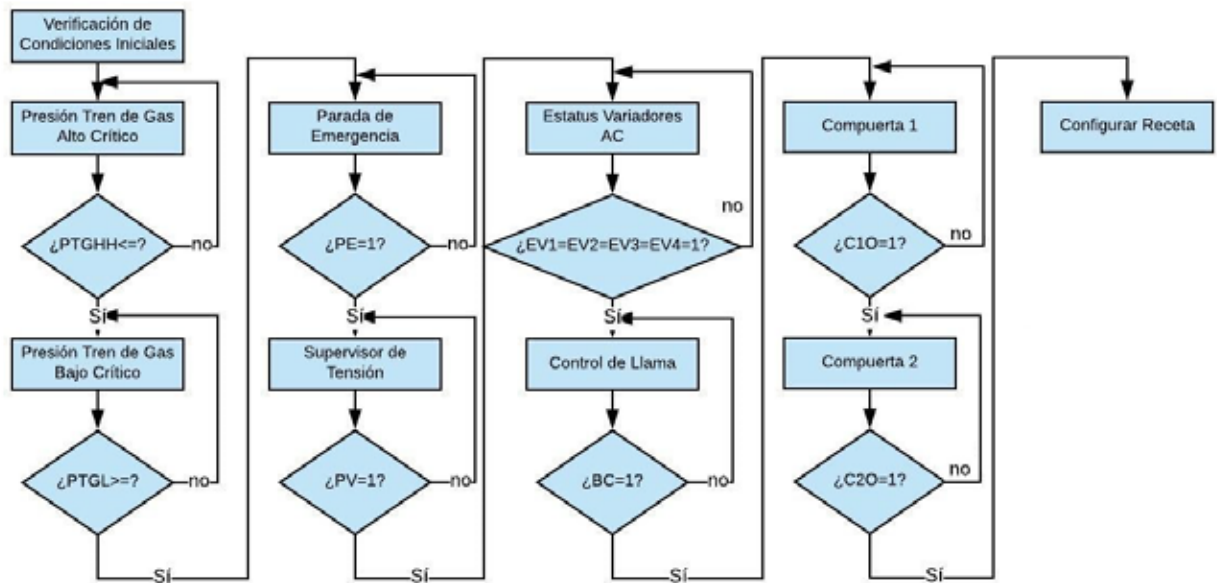


Figura 7. Diagrama de flujo subrutina verificación de condiciones iniciales

Fuente: Ramírez (2018)

### 5.3.4 Diagrama subrutina configuración de recetas

Seguidamente, puede observarse en el diagrama a continuación, cuáles son los parámetros que deben configurarse según cada tipo de filtro a fabricar.

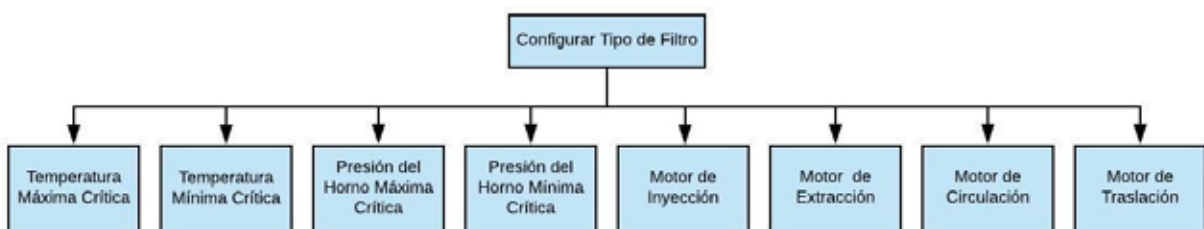


Figura 8. Diagrama de flujo subrutina configuración de recetas

Fuente: Ramírez (2018)

### 5.3.4 Diagrama de flujo subrutina verificación de condiciones de funcionamiento

En el siguiente diagrama de flujo, se muestra de forma más específica cuáles son las condiciones de funcionamiento que se deben cumplir para llevar a cabo el proceso

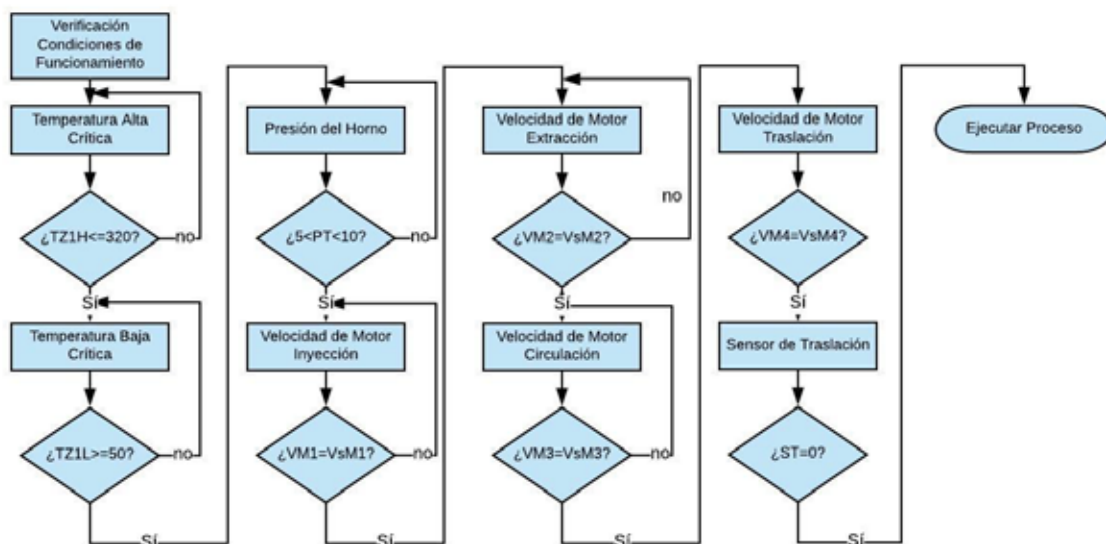


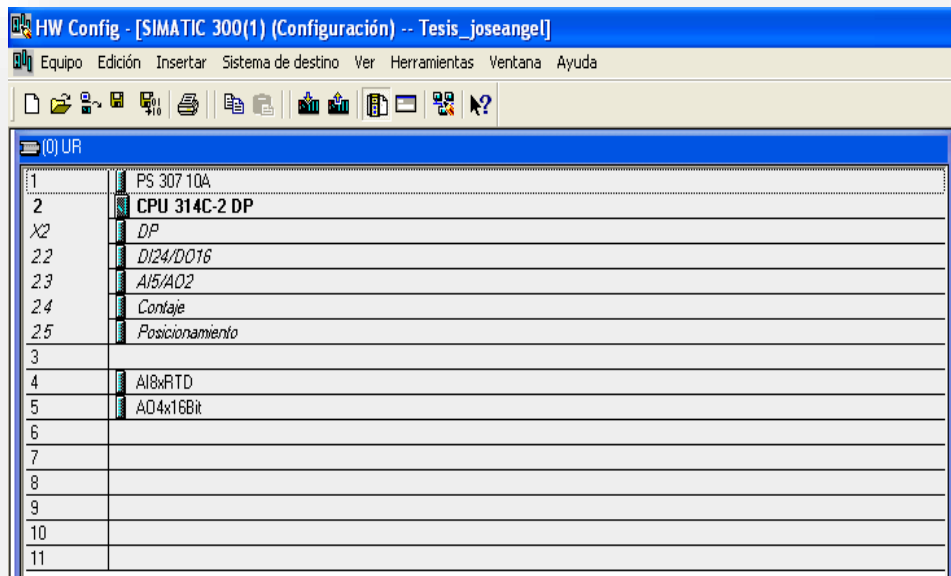
Figura 9. Diagrama de flujo subrutina de verificación de las condiciones de funcionamiento

Fuente: Ramírez (2018)

### 5.3.6 Esquema de control

El diseño del esquema de control fue desarrollado bajo la plataforma que ofrece el fabricante Siemens con el nombre Simatic Step7 v5.5; dicha herramienta permitió desplegar la lógica de una forma muy amigable y también permitió combinar dos maneras de programar como lo son escalera y funciones por bloque para integrar lo fácil de programar y entender del lenguaje escalera y lo eficiente de la programación de bloques de funciones.

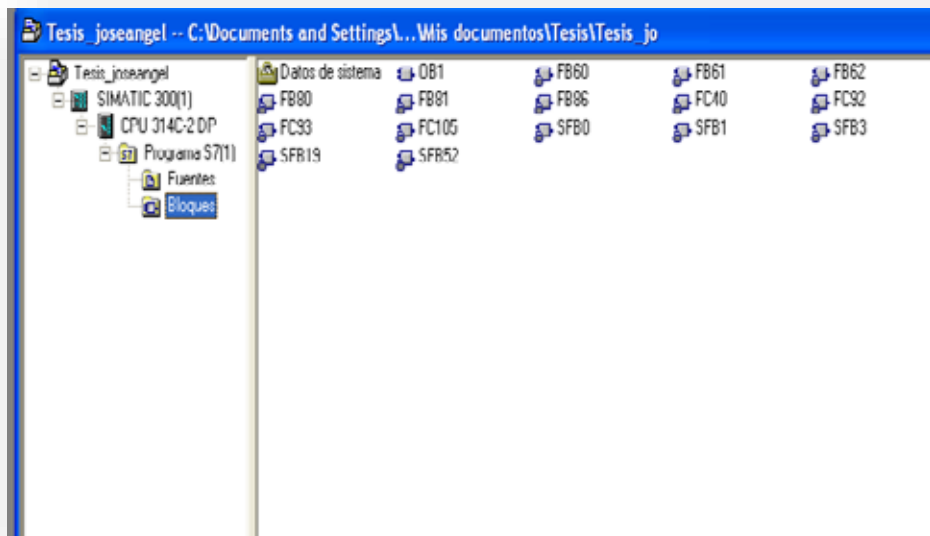
A continuación, se reflejarán varias secciones que dividen el programa de manera que la detección de errores, mejoras o adiciones futuras, así como la resolución de fallas se puedan realizar sin mayores inconvenientes.



UR	
1	PS 307 10A
2	CPU 314C-2 DP
X2	DP
2.2	DI24/DO16
2.3	AI5/AO2
2.4	Contaje
2.5	Posicionamiento
3	
4	AI8xRTD
5	AO4x16Bit
6	
7	
8	
9	
10	
11	

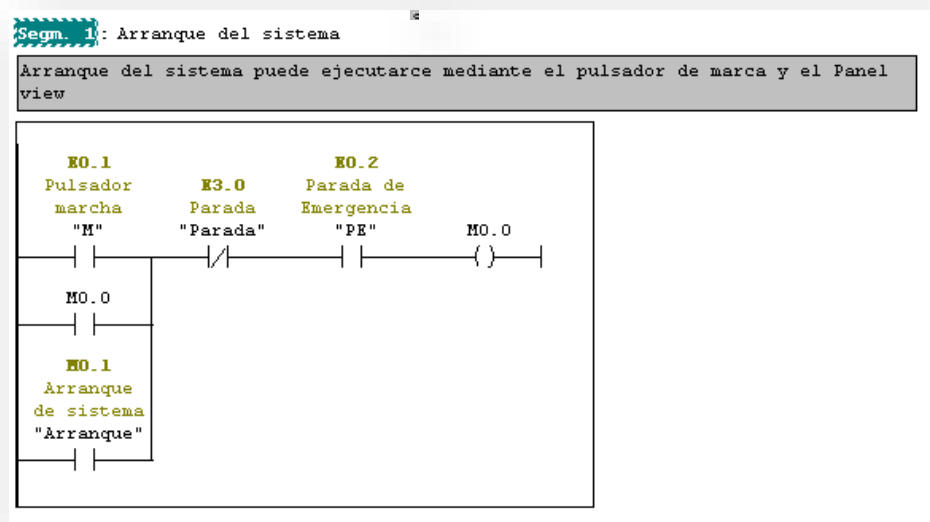
**Figura 10. Diagrama de Programación 1.**

Fuente: Ramírez (2018)



**Figura 11. Diagrama de Programación 2.**

Fuente: Ramírez (2018)

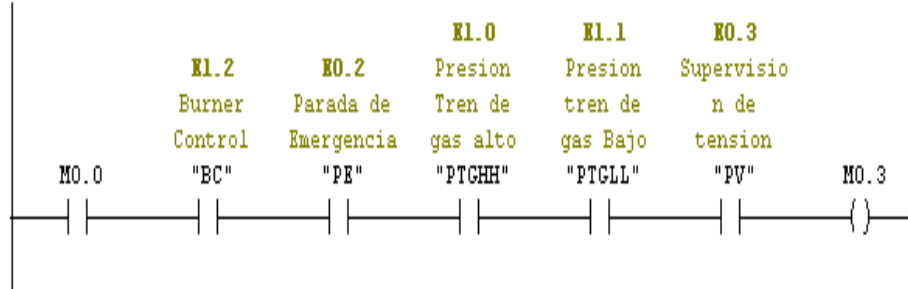


**Figura 12. Diagrama de Programación 3.**

Fuente: Ramírez (2018)

**Segn. 2: Verificación de condiciones Iniciales**

Después de puesta en marcha se verifican las condiciones iniciales para dar arranque al proceso de precurado

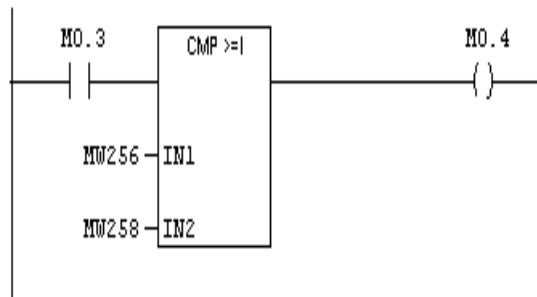


**Figura 13. Diagrama de Programación 4.**

Fuente: Ramírez (2018)

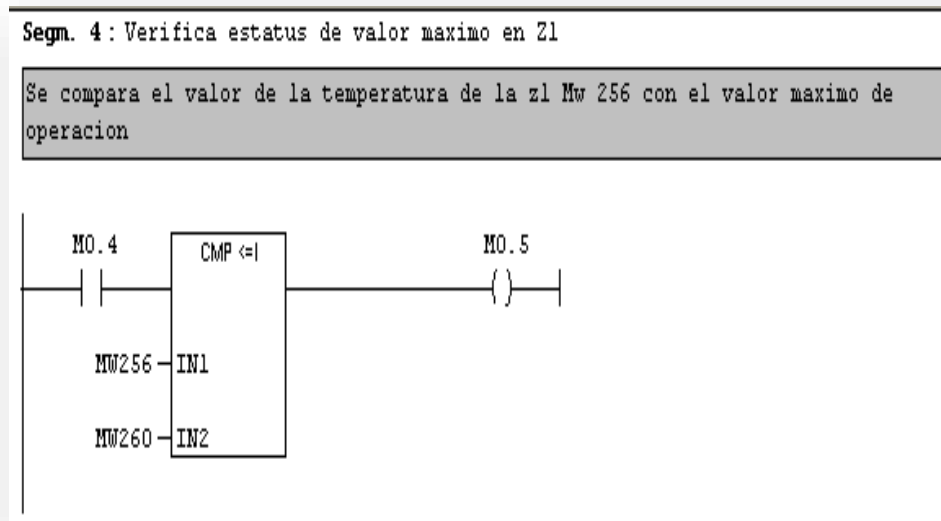
**Segn. 3: Verifica estatus de valor minimo en Z1**

Se compara el valor de la temperatura de la z1 Mw 256 con el valor minimo de operacion



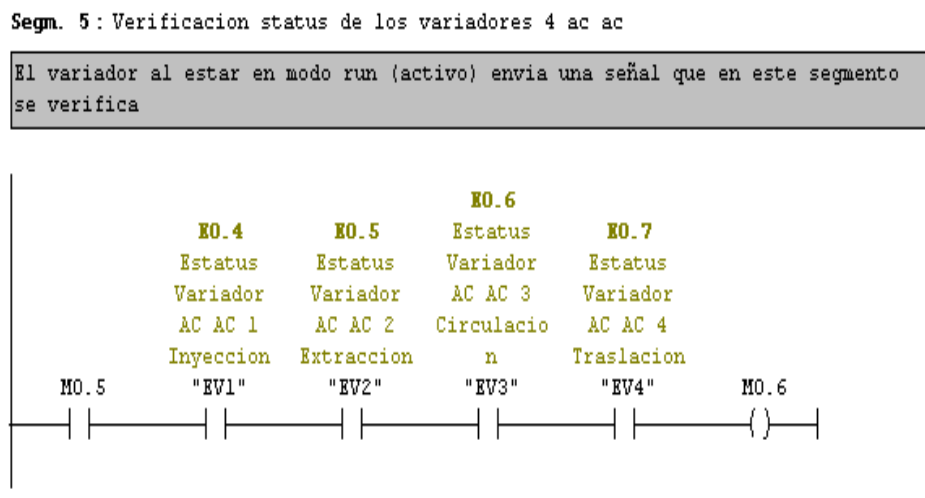
**Figura 14. Diagrama de Programación 5.**

Fuente: Ramírez (2018)



**Figura 15. Diagrama de Programación 6.**

Fuente: Ramírez (2018)



**Figura 16. Diagrama de Programación 7.**

Fuente: Ramírez (2018)

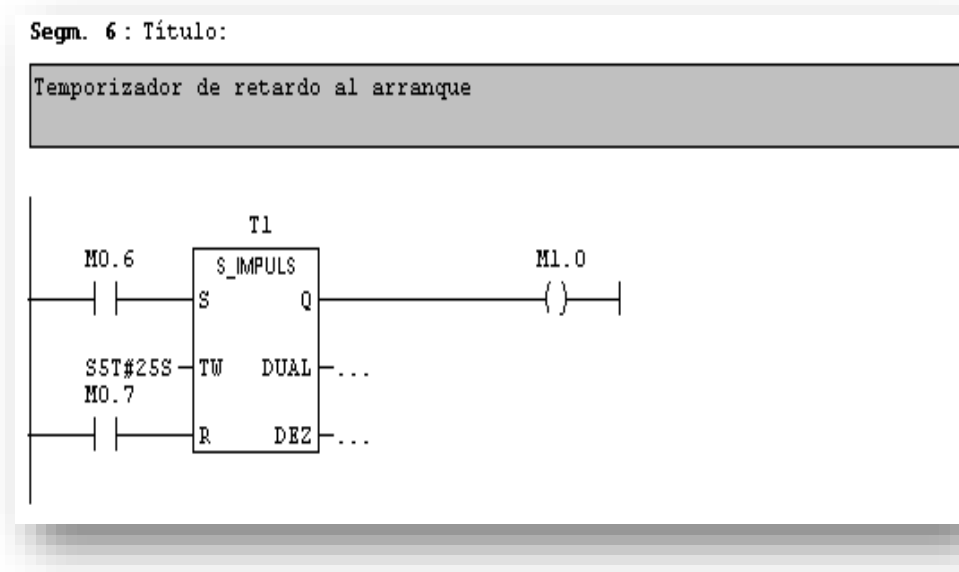


Figura 17. Diagrama de Programación 8.

Fuente: Ramírez (2018)

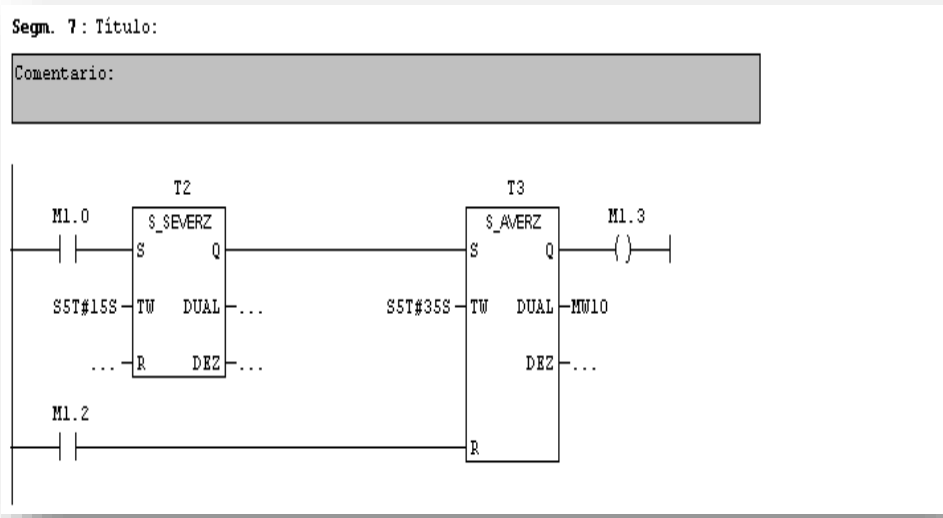


Figura 18. Diagrama de Programación 9.

Fuente: Ramírez (2018)

Segm. 8: Título:

Etapas de conversión BCD a Real

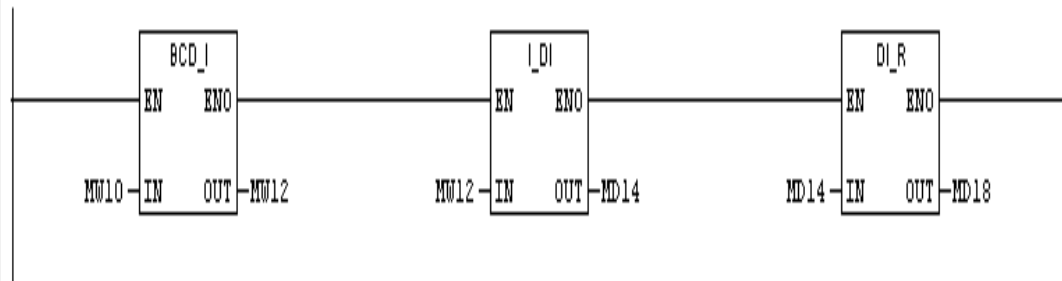


Figura 19. Diagrama de Programación 10.

Fuente: Ramírez (2018)

Segm. 9: Título:

Comentario:

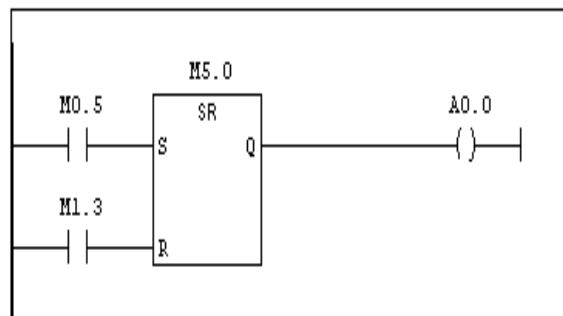


Figura 20. Diagrama de Programación 11.

Fuente: Ramírez (2018)

## 5.2 FASE IV. Diseño de la estructura de la interfaz gráfica humano-máquina.

La propuesta contempla la utilización de 7 pantallas que se dividen en: 1) Pantalla de Acceso, la cual permitirá tener un nivel de acceso ya sea de un operador, supervisor o administrador, ver figura 22. 2) Pantalla de Inicio, necesaria para acceder a la etapa de pre-curado o curado según sea el caso, ver figura 23. 3) Pantalla de Visualización, aquella que permitirá observar los valores instantáneos de las variables fundamentales y el tipo de receta que se está fabricando, ver figura 24. 4) Pantalla de Configuración, aquella que permitirá asignarle los valores necesarios que el operador considere, ver figura 25. 5) Pantalla de Tipos de Filtros, en ésta se podrá n visualizar, editar y eliminar los tipos de filtros, ver figura 26. 6) Pantalla de Nuevo Filtro, se podrán crear un nuevo tipo de receta y asignar los valores de las condiciones que éste debe poseer, ver figura 27. 7) Pantalla de Gráficas, la cual permitirá visualizar y seguir las variables de interés en el transcurso del tiempo, ver figura 28.

A continuación, se muestra un diagrama de flujo de la secuencia de las pantallas

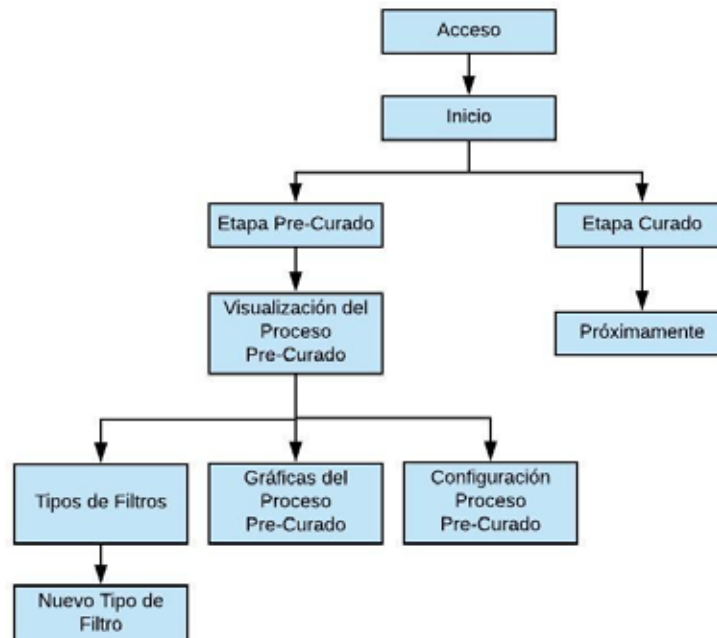


Figura 21. Diagrama de flujo secuencia de pantallas.

Fuente: Ramírez (2018).



**Figura 22. Pantalla 1.**

Fuente: Ramírez (2018)



**Figura 23. Pantalla 2**

Fuente: Ramírez (2018)

Filtros Wix		Línea de Elementos II	
Visualización del Proceso Pre-Curado			
Estado del Proceso:	<input type="text"/>		
Filtro Tipo:	<input type="text"/>		
Temperatura:	<input type="text"/>	°C	
Presión del Horno:	<input type="text"/>	mmH2O	
Motor de Inyección:	<input type="text"/>	rpm	
Motor de Extracción:	<input type="text"/>	rpm	
Motor de Circulación:	<input type="text"/>	rpm	
Motor de Traslación:	<input type="text"/>	rpm	
<input type="button" value="Tipos de Filtros"/> <input type="button" value="Gráficas del Proceso"/> <input type="button" value="Configuración"/> <input type="button" value="Inicio"/>			

**Figura 24. Pantalla 3.**

Fuente: Ramírez (2018)

Filtros Wix		Línea de Elementos II	
Configuración Proceso Pre-Curado			
Filtro Tipo:	<input type="text"/>		
Temperatura Máxima Crítica:	<input type="text"/>	°C	
Temperatura Mínima Crítica:	<input type="text"/>	°C	
Presión del Horno Máxima Crítica:	<input type="text"/>	mmH2O	
Presión del Horno Mínima Crítica:	<input type="text"/>	mmH2O	
Motor de Inyección:	<input type="text"/>	rpm	
Motor de Extracción:	<input type="text"/>	rpm	
Motor de Circulación:	<input type="text"/>	rpm	
Motor de Traslación:	<input type="text"/>	rpm	
<input type="button" value="Guardar"/> <input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/> <input type="button" value="Proceso Pre-Curado"/> <input type="button" value="Inicio"/>			

**Figura 25. Pantalla 4.**

Fuente: Ramírez (2018)

Filtros Wix	Línea de Elementos II	
<b>Nuevo Tipo de Filtro</b>		
Filtro Tipo:	<input type="text"/>	
Temperatura Máxima Crítica:	<input type="text"/>	°C
Temperatura Mínima Crítica:	<input type="text"/>	°C
Presión del Horno Máxima Crítica:	<input type="text"/>	mmH2O
Presión del Horno Mínima Crítica:	<input type="text"/>	mmH2O
Motor de Inyección:	<input type="text"/>	rpm
Motor de Extracción:	<input type="text"/>	rpm
Motor de Circulación:	<input type="text"/>	rpm
Motor de Traslación:	<input type="text"/>	rpm
<input type="button" value="Guardar"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Proceso Pre-Curado"/> <input type="button" value="Inicio"/>		

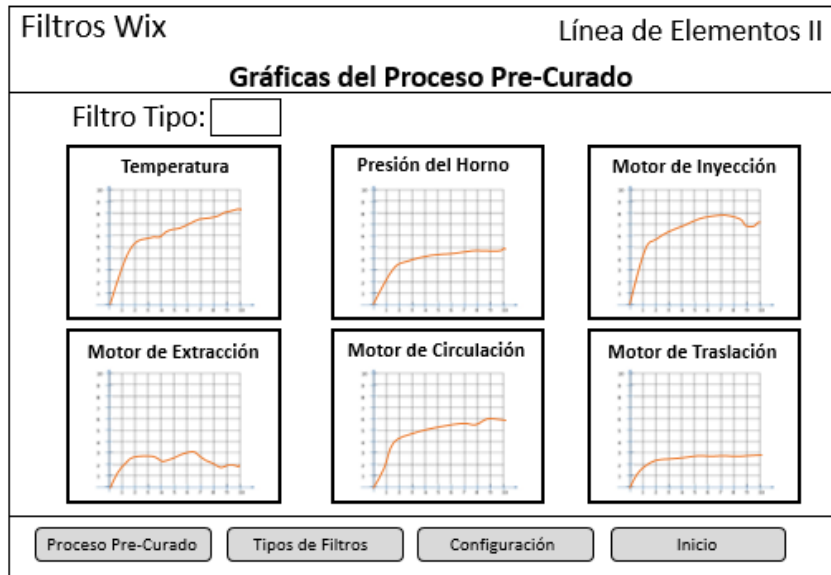
**Figura 26. Pantalla 5.**

Fuente: Ramírez (2018)

Filtros Wix	Línea de Elementos II	
<b>Tipos de Filtros</b>		
<input type="button" value="Tipo A"/> <input type="button" value="Tipo B"/> <input type="button" value="Tipo C"/>		
<input type="button" value="Tipo D"/> <input type="button" value="Tipo E"/> <input type="button" value="Tipo F"/>		
<input type="button" value="Nuevo Filtro"/> <input type="button" value="Proceso Pre-Curado"/> <input type="button" value="Gráficas del Proceso"/> <input type="button" value="Inicio"/>		

**Figura 27. Pantalla 6.**

Fuente: Ramírez (2018)



**Figura 28. Pantalla 7.**

**Fuente:** Ramírez (2018)

### **5.3 FASE V. Determinación de la factibilidad técnica, operativa y económica de la propuesta de automatización en la línea de elementos 2.**

Según Varela, “se entiende por factibilidad las posibilidades que tiene de lograrse un determinado proyecto”, así pues, la factibilidad es el estudio que realiza una empresa para estipular si el negocio que se propone será provechoso para la misma, y cuáles serán las estrategias que se deben desarrollar para que sea exitoso, próspero y cumpla con las necesidades solicitadas por parte de la organización.

#### **5.3.1 Factibilidad Técnica:**

A continuación, se presentan las especificaciones que permitieron seleccionar el software a utilizar para el diseño del sistema de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del horno en la línea de elementos dos de la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela, C.A.

Para describir estas especificaciones, se tomaron en cuenta las variables del proceso, así como los equipos actuales empleados en el mismo. A su vez, se consultaron diferentes catálogos de marcas de dispositivos, para emitir cada una de las características necesarias de la especificación.

Para llevar a cabo el sistema de monitoreo y registro, es necesario hacer uso del software WinCC, en el cual se realice la interfaz HMI y la programación de las variables, en este caso, los parámetros de funcionamiento del horno de la etapa pre-curado. Por otra parte, el sistema de monitoreo y registro propuesto requiere de elementos que permitan la comunicación entre los equipos de campo y la interfaz HMI a una velocidad mínima de 100 Mbps, para visualizar la información en tiempo real. La pantalla debe permitir una resolución mínima de 1360x768 debido a la resolución en la que se desarrolló el sistema de supervisión y control.

Cabe considerar, que en el mercado existen diferentes softwares para desarrollar sistemas de supervisión y control, los cuales podrían cumplir con las especificaciones mencionadas; no obstante, cada software tiene sus ventajas y desventajas, algunos poseen mejor interfaz de visualización, facilidad para la programación, menor costo, simplificación de los requerimientos (menos componentes necesarios para el desarrollo), conectividad ilimitada, requisitos del sistema, entre otras cosas.

Uno de ellos es el software de Siemens WinCC, el cual corresponde a la Interfaz Hombre-Máquina (HMI) y al software de visualización de procesos más avanzado y conocido en el mundo. Este ofrece una innovación de primer nivel, gráficos brillantes, máxima facilidad de uso y una conectividad inigualable. Siemens se ha convertido en la tecnología gráfica más sofisticada y el producto más intuitivo del mercado para visualización de procesos. Es por ello, que se utilizó dicho software para desarrollar el sistema de monitoreo y registro propuesto.

Una vez expuesto el análisis y habiendo demostrado la facultad del sistema para ponerse en marcha, se puede determinar que existe la tecnología necesaria para implementarlo y la posibilidad para una ampliación del mismo, corroborando así, que el sistema funciona a la perfección, por ende, es un proyecto factible técnicamente.

### **5.3.2 Factibilidad operativa.**

La dinámica de trabajo del personal encargado del horno antes de implantar el proyecto era muy rudimentaria y poco amigable, el personal no se encontraba en la capacidad para operar un sistema de supervisión y control avanzado, ya que el método de supervisión del horno y el chequeo de las temperaturas en las diferentes zonas del mismo, se encontraba basado en sólo un visualizador digital de temperatura en tiempo real, donde el operador o supervisor de turno tenían no tenía una guía del comportamiento de la misma a través del tiempo. Debido a esto la capacidad de aprendizaje y percepción por parte de algunos operadores no era la mejor, su proyección al momento de detectar una falla en el horno se encontraba limitada por el sistema anterior. Por tales motivos se tuvo que capacitar, apoyar y concientizar a los trabajadores al manejo del sistema de supervisión y control avanzado, ya que el sistema no es complejo, pero si es nuevo para el personal encargado de la supervisión del horno de bizcocho.

Se realizó un diseño para evitar que el usuario interactúe con el sistema de manera que pueda ocasionar errores o darle un uso indebido, simplificando las funciones y proporcionando una observación a gusto y muy moderna. Cabe destacar, que un cambio repentino puede ocasionar un lento aprendizaje, por ende, una vez que la propuesta sea llevada a cabo, se debe proceder a capacitar al personal para permitirles adaptarse al nuevo sistema con la tranquilidad y el apoyo necesario por medio de manuales y charlas de concientización con respecto al sistema de control y supervisión avanzado.

Implantar un sistema amigable y comprensible a simple vista para los operadores impidió el rechazo de los usuarios al nuevo sistema, ya sea porque se sientan desplazados de sus obligaciones o por la costumbre al uso del sistema anterior. Éstos sistemas son creados para solucionar todos los problemas antes descritos, en este proceso la implementación de uno, garantiza mejoras tanto para la empresa como para sus trabajadores. Esta implementación les brinda un mejor ambiente de trabajo a los operadores, percepción de las variables de interés presentes en el horno a simple vista,

menor mantenimiento en equipos y producción continua a la empresa, por lo tanto, este es un proyecto operativamente factible.

### 5.3.3 Factibilidad económica.

La factibilidad económica exige el cálculo económico, para determinar si es conveniente invertir en el desarrollo del proyecto. Es así que al iniciar un proyecto de producción o fortalecerlo significa invertir recursos como tiempo, dinero, materia prima y equipos. El estudio de factibilidad es un análisis que busca principalmente determinar si el negocio que se propone será bueno o malo, y en cuales condiciones se debe desarrollar para que sea exitoso y si el negocio propuesto contribuye con la conservación, protección o restauración de los recursos naturales y el ambiente.

En la mayoría de los proyectos de implementación, los recursos son limitados, es por ello que se hace imprescindible la toma de decisiones. Estas decisiones deben ser tomadas en base a cálculos correctos y evidencias de ellos, de manera que se tenga certeza de que el negocio se libraré correctamente y que generará ganancias a la empresa superiores a los costos.

Según el análisis y cálculos realizados, la inversión entre los equipos principales descritos anteriormente y sumando los conductores y misceláneos, los costos asociados al proyecto se reflejan en la tabla 8 mostrada a continuación:

**Tabla 8. Costos asociados al proyecto.**

Costo total asociado en dólares	\$US 3662,12
Tasa cambiaria DICOM para la fecha 25/07/2018	Bs.F/\$ 172.800
Costo total asociado en bolívares	632.814.336

**Fuente:** Ramirez (2018).

La tasa cambiaria de Dicom para la fecha del análisis es 172.800Bs.F., por lo tanto la inversión sería de Bs 632.814.336. Ésta línea, debe estar operativa las 24 horas del día los 7 días de la semana, siempre debe estar funcionando, para garantizar la máxima producción, debido al gran tiempo que tarda en llegar a las temperaturas deseadas una vez apagado todo el sistema. Por lo tanto, la supervisión de todo el horno es muy importante ya que al realizar una mala lectura de la temperatura o al ajustar como no es debido el setpoint para la misma, produce una curva de quema inadecuada, lo cual afecta la cocción del filtro directamente y por ende pérdida de material y disminución en la producción.

La baja producción de filtros de primera calidad afecta directamente a la empresa. Es necesario mencionar que, si no se monitorea correctamente el horno y se detallan específicamente la lectura de temperatura que conforma la curva de quema, el filtro siempre va a salir con deformaciones, de aquí la importancia de garantizar una visualización global y detallada de cada termocupla presente en el horno, tomando en cuenta todas las variables y los parámetros que comprende el mismo. Sin el sistema avanzado, solo se visualizarán un cierto número de temperatura en el indicador digital que se encuentra en el tablero principal, el cual no permite ver el gráfico de la curva de quema del horno; con la implementación del nuevo sistema se puede visualizar de manera eficaz, tanto la variable de temperatura y su curva de quema, como la presión interna del horno y las velocidades de los motores con sus respectivas curvas cada uno.

Ésta línea, tiene la capacidad de hornear 180 piezas por hora, pero debido a malas interpretaciones de la lectura de temperaturas, por lo poco amigable del sistema anterior, anudado a la introducción de los setpoint, el horno solo sacaba en buen estado alrededor del 70% de todas las piezas que ingresaban al mismo. Con la implementación de este proyecto se pretende disminuir el número de piezas de filtros que se dañan, por la poca precisión, eficacia para supervisar, pruebas de nuevas recetas, ente otros aspectos, y así poder mantener la curva de quema óptima para el horneado de los filtros dentro de los márgenes establecidos.

La implementación de este proyecto será capaz de aumentar, indirectamente, la producción de piezas de filtros al sumar 1.576.800 piezas anuales. Sin embargo, se deben tener presentes los siguientes aspectos:

- No se puede estimar las ganancias económicas totales debido a la inestabilidad del mercado. De esta forma no se pueden estimar precios de producto o la cantidad de filtros vendidos.
- A pesar de la disminución de las ventas, la empresa ha logrado mejorar sus productos al conseguir filtros casi exactos en el rango establecido, cumpliendo así con los estándares de calidad propuestos.
- Se aumenta el número de piezas de filtros, que se traduce en mayor producción de la empresa. Esto es beneficioso para la empresa ya que aumenta la cantidad de ingresos brutos y garantiza la continuidad de la producción.

Expuesto el análisis, se puede decir que la propuesta del desarrollo de un sistema de supervisión y control avanzado en la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela, C.A., exhibe que la propuesta de esta, representa una mejora económica para la empresa al garantizar una mejor supervisión de las variables y monitoreo de los diferentes estados de funcionamiento de los equipos asociados que conforman el horno de la línea de elementos dos.

Por ende, se reducen las fallas y el tiempo para detectarla, ya que las decisiones tomadas serán muy específicas al momento de resolver los inconvenientes, mejorando así la supervisión de la curva de quema del horno, obteniendo la concavidad deseada para cada filtro. Por estas razones, y las antes expuestas, hacen que la propuesta de esta implementación sea factible económicamente.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron luego del desarrollo de los objetivos, se puede concluir que se logró de forma efectiva cumplir con cada una de las fases propuestas.

En la fase I, se logró diagnosticar las condiciones en las que se encontraba la línea de elementos dos, identificando así la problemática que ésta presenta y dando lugar a generar un informe de cuáles son las variables que necesitan visualizarse y controlarse.

Luego, en la fase II, se consiguió determinar los requerimientos de hardware y software necesarios para la creación y el funcionamiento de una aplicación moderna, esto, gracias a la información analizada de los mismos y el asesoramiento de los técnicos y profesionales en el área que conocen el funcionamiento de dicha línea.

Seguidamente, en la fase III, se desarrolló la lógica de programación para la línea de elementos dos, generando así diagramas de flujos del sistema y cono este sustento, realizar la programación en lenguaje escalera bajo el ambiente de Siemens Simatic Step 7.

Por otra parte, en la fase IV, se cumplió con el propósito del diseño simple de las pantallas HMI, determinando la función de cada una y observando variables y de qué forma pueden manipularse, las cuales deben ser desarrolladas al momento de implementar la propuesta bajo el ambiente del software de Siemens WinCC.

Por último, en la fase V, se logró realizar el estudio de la factibilidad técnica, operativa y económica del sistema, el cual dio como resultado que el proyecto es factible en todos los aspectos, generando un compendio de ventajas para la próxima implementación del mismo.

Luego de haber culminado con la propuesta, se puede concluir que todo proceso a nivel industrial puede ser mejorado y que toda automatización repercute positivamente en los niveles de producción de la empresa y en el confort los trabajadores. Al principio puede haber una resistencia al cambio, pero luego, al pasar

el tiempo, los cambios se acogen con el personal involucrado lo cual influye de forma positiva.

## **RECOMENDACIONES**

Luego de haber realizado la propuesta y mostrados los resultados en base a la propuesta de los nuevos enfoques del sistema de trabajo de la línea de elementos dos, se recomienda lo siguiente:

- Dictar seminarios de capacitación al personal técnico involucrado en la labor productiva, con el fin de maximizar los beneficios del sistema a implementar.
- Adquirir e instalar un controlador de procesos marca Honeywell que posea puerto de comunicación estándar para conexión y control con el PLC
- Crear y activar planes de mantenimiento preventivo y correctivo a cada uno de los equipos involucrados en el proceso, con la finalidad de alargar su vida útil y garantizar así un mejor y continuo funcionamiento del mismo.
- Replicar este tipo de sistemas tecnológicos a otros procesos del área en los que aún no existen sistemas automatizados.

## REFERENCIAS

### BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2012). **El proyecto de Investigación: Introducción a la investigación científica (6ta. Ed.)**. Caracas: Editorial Espiteme.

Creus, A. (2005). **Instrumentación industrial (8va. Edición)**. México DF, México. Editorial Alfaomega.

Arias, F. (2006). **El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica (6ta. Edición)**. Caracas, Venezuela. Editorial Espiteme.

Yip, M. (2016). **Desarrollo de un sistema de control para el proceso de atomización de pasta y transporte de masa para la fabricación de baldosas en la empresa Cerámica Carabobo S. A. C. A. planta Piemme**. Trabajo de grado de Universidad José Antonio Páez (UJAP, Venezuela).

### ELECTRÓNICAS

Meza, L y Puig, C (2011), en el trabajo de grado titulado. **Diseño e implementación de un sistema automatizado para una banda transportadora de la C. A. Sucesora de José Puig & CIA mediante la aplicación de controladores lógicos programables (PLC)**. Trabajo de grado de la Universidad Nueva Esparta (UNE). Extraído el 16 de febrero del 2018.

Oñate C. y Pinta O. (2013). **Diseño e implementación de un módulo para el proceso de clasificación de piezas controlado mediante un PLC siemens s7-1200**. Trabajo de grado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador. Extraído el 17 de febrero del 2018.

Dtisa Automation Systems (2015). **El impacto de la automatización industrial en el mundo.** Extraído el 7 de enero del 2018 desde [www.dtisa.com/blog/2015/11/04/el-impacto-de-la-automatizacion-industrial-en-el-mundo](http://www.dtisa.com/blog/2015/11/04/el-impacto-de-la-automatizacion-industrial-en-el-mundo)