



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE  
FORMULACIÓN DE MAYONESA  
DEL TANQUE DISPENSADOR  
HOMOGENEIZADOR DEL  
DEPARTAMENTO DE MAYONESA  
DE LA PLANTA SALSAS Y UNTABLES  
DE ALIMENTOS POLAR**

Autor: Richard Quijada  
C.I:13.820.859

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 INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE  
FORMULACIÓN DE MAYONESA  
DEL TANQUE DISPENSADOR  
HOMOGENEIZADOR DEL  
DEPARTAMENTO DE MAYONESA  
DE LA PLANTA SALSAS Y UNTABLES  
DE ALIMENTOS POLAR**

**AUTOR: Richard Quijada  
C.I:13.820.859**

**SAN DIEGO, JUNIO DE 2017**



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

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FORMULACIÓN DE  
MAYONESA DEL TANQUE DISPENSADOR HOMOGENEIZADOR DEL  
DEPARTAMENTO DE MAYONESA DE LA PLANTA SALSAS Y  
UNTABLES DE ALIMENTOS POLAR**

EMPRESA: APC Salsas y Untables

AUTOR: Richard Quijada  
C.I:13.820.859

SAN DIEGO, JUNIO DE 2017



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSE ANTONIO PAEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA INGENIERIA ELECTRONICA

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FORMULACIÓN DE MAYONESA  
DEL TANQUE DISPENSADOR HOMOGENEIZADOR DEL DEPARTAMENTO  
DE MAYONESA DE LA PLANTA SALSAS Y UNTABLES DE ALIMENTOS  
POLAR**

**CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN**

MARLENE ZAMBRANO CI: 7.066.117

Nombre, firma y cédula de identidad del tutor académico

LUIS CHAVEZ CI: 17.930.117

Nombre, firma y cédula de identidad del tutor empresarial

Alimentos Polar Comercial, C.A.  
Planta Salsas y Untables

AUTOR: RICHARD QUIJADA  
C.I:13.820.859

SAN DIEGO, JUNIO DE 2017



## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo representa la culminación de una etapa en mi vida, y a su vez el comienzo de otra aún más importante. Sin duda no hubiese podido realizarlo sin la ayuda y el apoyo de tantas personas que quizás sin saberlo aportaron su granito de arena para que pudiera seguir adelante con mi formación académica y así poder ver hoy este logro realizado.

A Dios Por siempre guiar mis pasos.

A mis abuelos y tíos Por estar siempre ahí con sus mejores consejos en los momentos indicados.

A mi mamá por ser pilar fundamental para mí y estar a cada momento brindándome su apoyo.

A mi hermano yostin por siempre estar muy pendiente durante el desarrollo de mi carrera brindándome su amistad y ayuda.

A mi esposa e hijas por estar en mi vida haber obtenido juntos la satisfacción de ver este logro materializado.

Al Ing. Luis Chaves por aceptar sin dudar la tutoría a nivel empresarial de este trabajo.

A mi tutora metodológica la profesora Marlene Zambrano por asumir junto a mí el reto de documentar toda la información de una manera clara y efectiva, y además por ser más que mi tutora y profesora una amiga que con sus palabras de aliento me motivaba a hacer las cosas cada vez mejor.

A los profesores Dinorah Jiménez y Cesar Peraza porque además de sus conocimientos, siempre tuvieron un sabio consejo que darme en su debido momento.

A todos y cada uno de mis compañeros de estudio, los que iniciaron esta travesía conmigo y los que hoy la terminan, ya que de cada uno de ustedes queda una anécdota, algún conocimiento y lo más bonito y preciado una sincera amistad.

A mis compañeros de trabajo por apoyarme con esos cambios de turno para que pudiera asistir a cumplir con mis evaluaciones a lo largo de mis estudios, sin esa valiosa ayuda esto no hubiese sido posible.

A todos mil Gracias de corazón.

*Richard Eduardo Quijada Reverón*

## **DEDICATORIA**

A mi esposa y mis hijas por estar presentes en mi vida, apoyándome en todo momento, y ser la mayor motivación para alcanzar las metas propuestas. Este logro alcanzado es para ustedes de todo corazón.

## INDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Pp.</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITULO I. LA EMPRESA</b>	
1.1 Razón Social y Ubicación.....	3
1.2 Historia de Empresas Polar.....	4
1.3 Principios de APC Planta Salsas y Untables.....	6
Misión.....	6
Visión.....	7
Objetivos.....	7
Valores.....	7
1.4 Estructura Organizativa de APC. Planta Salsas y Untables.....	8
<b>CAPITULO II. EL PROBLEMA</b>	
2.1 Planteamiento del Problema.....	11
2.2 Formulación del Problema.....	12
2.3 Objetivos del a investigación.....	13
2.3.1 Objetivos generales.....	13
2.3.2 Objetivos específicos.....	13
2.4 Justificación del problema.....	13
2.5 Alcance de la investigación.....	14
<b>CAPITULO III. MARCO TEÓRICO</b>	
3.1 Antecedentes.....	15
3.2 Bases teóricas.....	16

3.2.1 Emulsión.....	16
3.2.2 Mayonesa.....	16
3.2.3 Molécula Tensioactiva.....	17
3.2.4 Características de las fases de la mayonesa.....	18
3.2.5 Fabricación de mayonesa.....	19
3.2.5.1 Procesos para la fabricación de mayonesa.....	19
3.2.5.2 Proceso de fabricación de mayonesa en batch.....	20
3.2.5.3 Fabricación de mayonesa en proceso continuo.....	21
3.2.5.4 Tipos de mayonesa.....	22

#### **CAPITULO IV. MARCO METOLÓGICO**

4.1 Tipo de Investigación.....	24
4.2 Diseño de la investigación.....	25
4.3 Nivel de la investigación.....	25
4.4 Fases Metodológicas.....	26

#### **CAPITULO V. RESULTADOS**

5.1 Fase I: Estudio del proceso de formulación de mayonesa del tanque dispensador homogenizador de Alimentos Polar planta salsas y untables.....	28
5.1.1 Recopilación de datos sobre el proceso de formulación de mayonesa con el Koruma.....	28
5.1.2 Secuencia de preparación de mayonesa del tanque dispensador homogenizador de Alimentos Polar planta Salsas y Untables.....	33

5.1.3 Inspección del tablero de control del tanque dispensador homogenizador de Alimentos Polar planta Salsas y Untables.....	33
5.2. Fase II: Identificar los requerimientos básicos para el desarrollo del sistema de control automatizado para el proceso de formulación de mayonesa del tanque Koruma de Alimentos Polar planta Salsas y Untables.....	36
5.3. Fase III: Implementación del sistema de control automatizado para el proceso de formulación de mayonesa de Alimentos Polar planta Salsas y Untables.....	38
5.3.1. Descripción del sistema.....	42
5.3.2. Descripción de botones y selectores del tablero de control.....	50
5.3.3. Interfaz grafica del sistema de control y adquisición de datos.....	52
5.3.3.1. Pantalla principal del sistema supervisorio.....	52
5.3.3.2. Barra general de botones.....	54
5.3.3.3. Resumen de Receta.....	58
5.3.4. Botones de comando de la Pantalla de visualización detallada de la receta.....	60
5.3.5. Indicador de estado de la receta.....	61
5.3.6. Botones de receta.....	64
5.3.7. Pantalla de Control de Acceso.....	67
5.3.8. Pantalla de Modo.....	66
5.3.9. Menú de Configuración.....	70
5.4. Pantalla de tendencias.....	79
5.5. Pantalla de Histórico de Alarmas.....	81
5.6. Pantalla Alarmas.....	82
5.7. Ventanas de alarmas emergentes.....	82
5.7.1 Alarma de falla de potencia.....	83

5.7.2 Alarma de falla de comunicación.....	83
5.7.3 Alarma de máximo y mínimo peso.....	84
5.7.4 Alarma de máxima y mínima presión.....	85
5.7.5 Alarma de disparo magnetotérmico.....	86
5.7.6 Falla de arranque.....	86
5.7.7 Falla de apertura y cierre de válvulas.....	87
5.8. Ventanas de accionamientos.....	87
5.8.1 Ventana de arranque y parada en modo manual de motores.....	87
5.8.2 Ventana de apertura y cierre en modo manual de válvulas.....	88
5.9. Pantalla de leyenda.....	89
5.10. Pantalla de topología de elementos de comunicación.....	89
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
Conclusiones.....	91
Recomendaciones.....	94
<b>REFERENCIAS</b>	
Bibliográficas.....	95
Electrónicas.....	96
<b>ANEXOS</b>	
A. Conexión de los módulos de entradas digitales.....	97
B. Conexión de los módulos de salidas digitales.....	102
C. Conexión de los módulos de entradas analógicas.....	105

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Pp.</b>
1.	Receta típica para la elaboración de mayonesa.....	19
2.	Receta para la elaboración de mayonesa light.....	22
3.	Listado de tanques del proceso de formulación.....	30
4.	Listado de instrumentación del proceso de formulación de mayonesa Koruma.....	31
5.	Listado de válvulas.....	31
6.	Listado de motores.....	32
7.	Especificaciones del controlador lógico programable (PLC).....	37
8.	Equipos constitutivos del tablero de control Koruma.....	41
9.	Entradas digitales del PLC.....	44
10.	Salidas digitales del PLC.....	47
11.	Entradas analógicas del PLC.....	48
12.	Descripción de la botonería del tablero de control Koruma.....	51
13.	Función de los Botones de comando de la pantalla de visualización detallada de la receta.....	61
14.	Estados de la receta.....	62

## INDICE DE FIGURAS.

<b>Figura</b>		<b>Pp.</b>
1.	Planta Salsas y Untables.....	4
2.	Organigrama de producción y mantenimiento de APC planta salsas y Untables.....	9
3.	Mezcla de aceite y huevo para obtener mayonesa.....	17
4.	Composición de una Molécula Tensioactiva.....	17
5.	Mezcla homogénea de mayonesa.....	18
6.	Proceso de fabricación de mayonesa en Batch.....	20
7.	Fabricación de mayonesa en Proceso Continuo.....	21
8.	Esquema de preparación de almidón.....	23
9.	Diagrama del proceso de formulación de mayonesa con el Koruma.....	29
10.	Parte frontal del tablero de control del Koruma.....	34
11.	Vista lateral interna de los tableros de las balanzas digitales y cuerpo de electroválvulas del Koruma.....	35
12.	Estado de las conexiones internas del tablero de control del Koruma.....	36
13.	Parte interna del nuevo tablero de control del Koruma.....	39
14.	Diagrama de implantación tablero de control del Koruma.....	40
15.	Topología de la red.....	43
16.	Arquitectura del autómata programable.....	43
17.	Diagrama de flujo del proceso de formulación del tanque Koruma...	49
18.	Parte frontal del nuevo tablero de control del Koruma.....	50
19.	Pantalla principal del sistema supervisorio.....	53
20.	Barra general de botones.....	54
21.	Botones principales.....	54
22.	Botones de navegación.....	55

23.	Botones de configuración y visualización.....	57
24.	Resumen de la Receta.....	59
25.	Pantalla de visualización detallada de la receta.....	58
26.	Botones de comando de la pantalla de visualización detallada de la receta.....	60
27.	Indicador de estados de la receta.....	61
28.	Diagrama de estados de la secuencia de acciones del sistema.....	63
29.	Botones de receta.....	64
30.	Lista de recetas.....	65
31.	Ventana de configuración de recetas.....	66
32.	Pantalla de control de acceso.....	67
33.	Pantalla de modo con operación automático seleccionado.....	68
34.	Pantalla de modo con operación semiautomático seleccionado.....	69
35.	Pantalla de modo con operación manual seleccionado.....	70
36.	Menú de configuración del sistema.....	71
37.	Pantalla de configuración de tiempos de autómeta.....	71
38.	Pantalla de configuración de valores de operación.....	72
39.	Pantalla de configuración de alarmas analógicas.....	73
40.	Pantalla de configuración de rangos analógicos.....	74
41.	Pantalla de configuración de turnos de trabajo.....	74
42.	Pantalla de visualización de archivos de las recetas.....	75
43.	Pantalla de configuración de base de datos de las recetas.....	76
44.	Ventana de configuración de usuarios.....	77
45.	Ventana de calibración de pesaje de los ingredientes.....	78
46.	Pantalla de tendencias.....	80
47.	Leyenda de las graficas.....	81
48.	Pantalla de alarmas históricas.....	81
49.	Pantalla de alarmas actuales.....	82

50.	Alarma de falla de potencia.....	83
51.	Alarma de falla de comunicación.....	83
52.	Alarma de falla de bajo peso.....	84
53.	Alarma de alto peso.....	84
54.	Alarma de baja presión.....	85
55.	Alarma de alta presión.....	85
56.	Alarma de disparo magnetotérmico.....	86
57.	Alarma de arranque.....	86
58.	Alarma de apertura.....	87
59.	Ventana de arranque y parada en modo manual de motores.....	88
60.	Ventana de apertura y cierre en modo manual de válvulas.....	88
61.	Pantalla de leyendas del sistema.....	89
62.	Pantalla de topología del sistema.....	90
63.	Pantalla Arquitectura del PLC.....	91

## INTRODUCCIÓN

Con la aparición de los sistemas automatizados y el avance continuo de la tecnología, las pequeñas y grandes empresas se han visto en la necesidad de implementar actualizaciones tecnológicas para mejorar sus equipos y maquinarias, manteniéndose así, a la vanguardia de los nuevos tiempos, con procesos competitivos tanto en el mercado nacional como internacional. Alimentos Polar es una empresa líder en la producción de alimentos que en la última década se ha visto en la necesidad de desarrollar nuevas y mejores estrategias a fin de cumplir con la alta demanda del mercado nacional. Estrategias que se enfocan en el mantenimiento centrado en la confiabilidad, esto es, dar una mayor eficiencia a equipos y medios productivos para disponer de sus máximas capacidades dentro de la planta y dar cumplimiento a sus planes de producción sin perder la calidad de sus funciones y satisfacer la gran demanda de estos productos a sus consumidores.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y como parte de la iniciativa de empresas polar por mantener una tradición de mejora continua en todos sus procesos productivos, surge la necesidad de realizar una inversión para automatizar el proceso de preparación de mayonesa de galón en su planta salsas y untables ubicada en Valencia estado Carabobo. El estudio realizado para lograr el objetivo planteado se presenta en este informe, el cual está estructurado de la siguiente manera:

El Capítulo I, contiene un análisis detallado de la empresa, sus valores corporativos y su y su estructura organizativa.

El Capítulo II, se desarrolla la descripción y formulación del problema, se da a conocer el objetivo general y los específicos, se justifica el porqué de esta investigación y por último, cuales son los alcances de este proyecto.

El Capítulo III, se describen los antecedentes internacionales y nacionales, de manera cronológica, así como también las bases teóricas en las cuales está apoyado el objetivo principal.

El Capítulo IV, se expone el tipo, diseño y metodología de investigación en la cual se basó la elaboración de este informe, al igual que las fases de desarrollo del mismo.

En el Capítulo V se explican los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del sistema automatizado, detallando cada una de las fases en las cuales se basó dicho desarrollo hasta llegar al producto final.

## **CAPÍTULO I**

### **LA EMPRESA**

En este capítulo se describe a la empresa en la cual se realizó el trabajo. También se presentan los valores corporativos de la misma. La información suministrada a continuación fue obtenida del portal de Empresas Polar C.A: <http://empresaspolar.com/>. Así como también a través de la documentación de la coordinación de gestión de gente de APC, planta salsas y untables.

#### **1.1 Razón Social y Ubicación**

Empresas Polar es una corporación industrial venezolana de gran importancia. Sus actividades productivas están centradas en el sector de alimentos y bebidas. Está conformada por tres negocios y marcas: Cervecería Polar, Pepsi-Cola Venezuela y Alimentos Polar perteneciendo APC planta salsas y untables a este último. La Planta salsas y untables, se encuentra ubicada en la zona industrial norte II, avenida Luis Ernesto Branger, al lado de la cámara de industriales de Valencia estado Carabobo (ver figura 1). Se dedica al procesamiento de materias primas como oleaginosas, grasas, entre otras; para convertirlas en productos alimenticios de consumo masivo de alta calidad, tales como margarinas, mayonesas, salsas para pastas, quesos fundidos y aceites (Polar, 2015).

Según la documentación de la coordinación de gestión de gente de salsas y untables (2015), en particular el objetivo de la empresa es:

APC. Planta Salsas y Untables tiene como razón social dar sentido a su labor para lograr con mayor éxito el futuro en la producción y satisfacción a sus clientes. Así que el sentido de nuestro trabajo es contribuir a la calidad de la vida cotidiana de los venezolanos y sus familias, por medio de una amplia y accesible oferta de excelentes

marcas de alimentos con la mejor relación precio-valor. Cada uno de nosotros trabaja con pasión aportando al bien de las personas, de las comunidades y del país. Nuestro trabajo está al servicio del bien individual y común, en la medida en que cumplimos nuestros compromisos con los diferentes grupos relacionados y participamos solidariamente con los sectores más vulnerables de la población. (p. XX).



**Figura 1. Planta Salsas y Untables**

Fuente: Richard Quijada

## **1.2 Historia de Empresas Polar**

Polar (2015), reseña el nacimiento y trayectoria de Empresas Polar, de la siguiente manera:

El 14 de marzo de 1941, se iniciaba la historia de Cervecería Polar C. A., con capital totalmente venezolano, en la pequeña planta de Antímano, al oeste de Caracas, para la fecha apenas producía unos 30 mil litros mensuales y contaba con 50

trabajadores. A finales de los años cuarenta, Cervecería Polar ya contaba con notables alcances de producción y de ventas; y en el año 1950 y arrancan las operaciones de una segunda planta cervecera, esta vez en el oriente del país; al año siguiente, se suma otra en Los Cortijos, complementando la producción ya insuficiente de la Planta de Antímano. Contando entonces con tres plantas cerveceras en operación y siendo las hojuelas de maíz uno de los ingredientes fundamentales de la exitosa fórmula ideada por Roubicek para la cerveza Polar, la empresa decide construir su propia planta procesadora de maíz en Turmero, estado Aragua, con el fin de sustituir la importación y autoabastecerse.

En 1960 se sumaría otra planta cervecera en Maracaibo, para atender el occidente del país. Primero fue el gran éxito de cerveza Polar y de malta Polar, bebida sin alcohol que apareció en 1951 y que luego se denominaría Maltín Polar. Después, la creación de la emblemática harina P.A.N., en 1960. Este innovador producto, creado por Juan Lorenzo Mendoza Quintero y el maestro Carlos Roubicek. Se incorporaron nuevas instalaciones en puntos estratégicos del país y se amplió el portafolio de productos al incluir nuevos rubros como aceite de maíz (1966) y alimentos balanceados para animales (1967). Cervecería Polar Planta San Joaquín, que comenzó a operar en 1978. El crecimiento continuó con la incursión en los negocios de arroz (1986), pastas y helados (1987).

La organización seguía innovando. En 1990 salió al mercado la primera producción de vinos Pomar; en 1996, mediante la alianza estratégica acordada con el socio internacional PepsiCo nace lo que hoy conocemos como Pepsi-Cola Venezuela C.A. Por primera vez se establecía una estructura corporativa que integraba a todos los negocios, orientada a facilitar el cumplimiento de la estrategia fijada por la organización. Entre los acontecimientos más relevantes de esos años figuran: construcción de dos grandes plantas de Pepsi-Cola Venezuela en Caucagua y Maracaibo (1999). En principio Mavesa (Margarinas Venezolanas Sociedad Anónima) es fundada en Caracas en el año 1949 y lanza al mercado su producto emblema, la margarina. Para el año 1956, Mavesa y la empresa de jabón “Las Llaves”

se unen y tienen a su disposición una red amplia de distribución de productos. En el año 2000 queda establecida la actual configuración de la planta Valencia Salsas y Untables para entonces ya contaba con la producción de Salsas de tomate “Pampero” Mayonesa y margarina “Mavesa, aceite industrial “Chef” y queso untable “Rikesa”. En el año 2001, Mavesa es adquirida por Empresas Polar y pasa a ser parte de su división de alimentos y limpieza bajo el nombre de Alimentos Polar C.A., manteniendo sus mismas políticas de negocios y valores. Con la adquisición de una empresa tan importante en la rama de alimentos nacional y participación internacional, Empresas Polar fortalece su compromiso con Venezuela y Latinoamérica, ayudando a fortificar el aparato productivo nacional y generando empleos y bienestar. Empresas Polar continúa con la incorporación de los productos Quaker y Gatorade (2002), aparición de la identidad Alimentos Polar (2003) y la ampliación de la planta Limpieza (2009), que duplicó su capacidad de producción.

### **1.3. Principios de APC Planta Salsas y Untables**

Según la fuente ya antes mencionada (Coordinación de Gestión de Gente de APC. Planta Salsas y Untables., 2015), los principios que rigen a Planta Salsas y Untables son:

#### **1.3.1 Misión**

La misión de la empresa viene expresada de la siguiente manera:

Satisfacer las necesidades de consumidores, clientes, compañías vendedores, distribuidores, accionistas, trabajadores y suplidores, a través de nuestros productos con marcas líderes de consumo masivo y de la gestión de nuestros negocios, garantizando los más altos estándares de calidad, eficiencia y competitividad, con la mejor relación precio/valor, alta rentabilidad y crecimiento sostenido, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad de vida y el desarrollo del país.

### 1.3.2 Visión

El camino a seguir por la empresa está determinado por su visión, la cual reza de la siguiente manera:

Seremos una corporación líder en alimentos y bebidas, tanto en Venezuela como en los mercados de América Latina, donde participaremos mediante adquisiciones y alianzas estratégicas que aseguren la generación de valor para nuestros accionistas. Estaremos orientados al mercado con una presencia predominante en el punto de venta y un complejo portafolio de productos y marcas de reconocida calidad. Promoveremos la generación, difusión de conocimiento en las áreas: comercial, tecnológica y gerencial. Seleccionaremos y capacitaremos a nuestro personal con el fin de alcanzar los perfiles requeridos, lograremos su pleno compromiso con los valores de EMPRESAS POLAR y le ofreceremos las mejores oportunidades de desarrollo.

### 1.3.3 Objetivos

Los objetivos que persigue la empresa son los siguientes:

- Ø Producir y Comercializar competitivamente productos alimenticios.
- Ø Satisfacer las exigencias del consumidor tanto de los mercados internacionales, en particular aquellos del área Andina, así como también del venezolano.
- Ø Aumentar sin pausa el valor de la compañía, para así gratificar a sus accionistas y generar bienestar para su personal y las comunidades con las que interactúa.

### 1.3.4 Valores

Los valores que representan a la empresa se desglosan a continuación:

- Ø **Orientación al mercado:** “Satisfacer las necesidades de nuestros consumidores y clientes de manera consistente”
- Ø **Orientación a resultados y eficiencia:** “Somos consistentes en el cumplimiento de nuestros objetivos, al menor costo posible”.

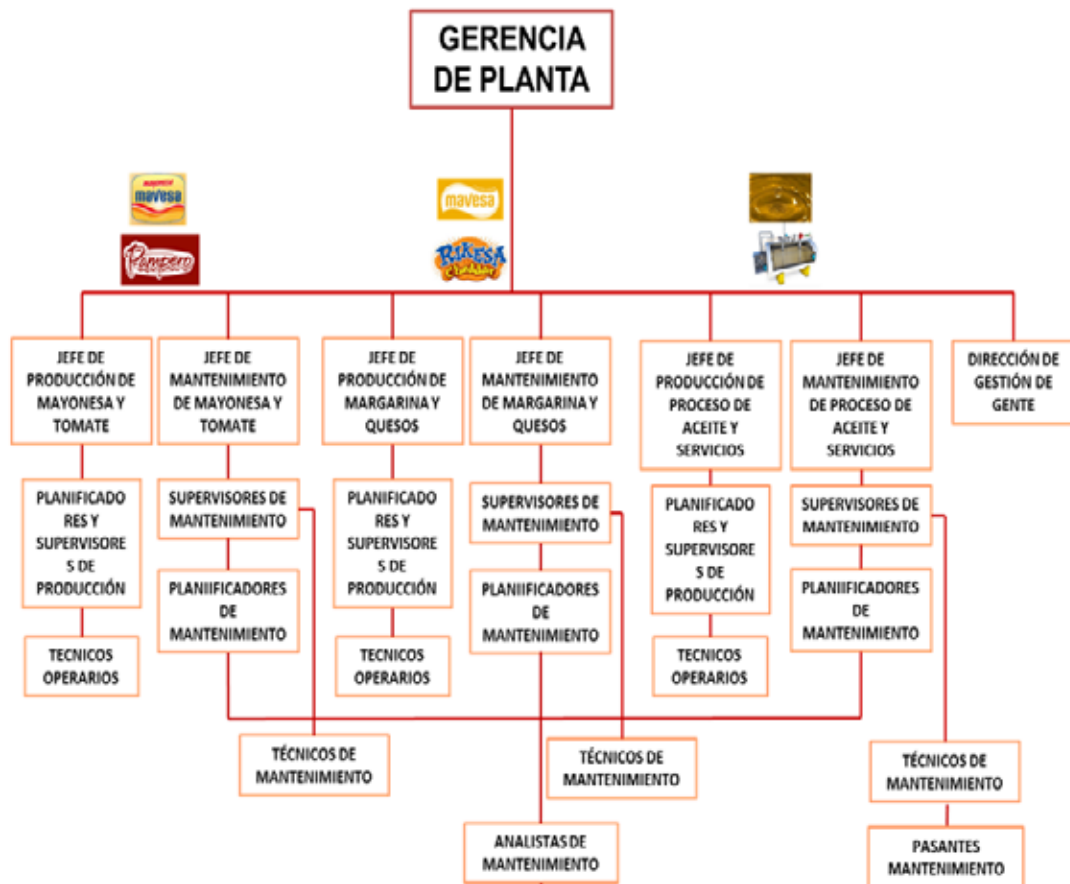
- Ø **Agilidad y flexibilidad:** “Actuamos oportunamente ante los cambios del entorno, siempre guiados por nuestra visión, misión y valores”.
- Ø **Innovación:** “Actuamos oportunamente ante los cambios del entorno, siempre guiados por nuestra visión, misión y valores”.
- Ø **Trabajo en equipo:** “Fomentamos la integración de equipos con el propósito de alcanzar metas comunes”.
- Ø **Reconocimiento continuo al logro y la excelencia:** “Fomentamos y reconocemos constantemente entre nuestros trabajadores la excelencia y la orientación al logro”.
- Ø **Oportunidades de empleo sin distinción:** “Proveemos oportunidades de empleo en igualdad de condiciones”.
- Ø **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”.
- Ø **Relaciones de mutuo beneficio con las partes interesadas:** “Buscamos el beneficio común en nuestras relaciones con las partes interesadas del negocio”.

#### **1.4 Estructura organizativa de APC planta salsas y untables**

Según Untables (2015), describe a planta salsas y untables, como parte del conglomerado industrial de Alimentos Polar. Por ser una planta independiente su organización está dirigida por el gerente general de planta, seguida su estructura se divide en tres direcciones; gerencia de margarina y quesos, gerencia de tomate y mayonesa; y gerencia de producción de aceite y servicios. Esta es una estructura organizativa piramidal, que combina una estructura organizativa de producto, en la que los departamentos están organizados por tipos de productos, pero al mismo tiempo se comporta como una estructura horizontal para tener un intercambio continuo de información entre departamentos. Para interés de este proyecto se destaca

el organigrama (figura N° 2), puesto que las actividades se desarrollan en el área de mantenimiento de la planta.

APC. Planta Salsas y Untables cuenta con una capacidad mensual para procesar 6.500 toneladas de margarina, 3.200 toneladas de mayonesas y salsas y 600 toneladas de quesos, y una nómina que asciende en estos momentos a 2.358 trabajadores, sumándose al plantel de Polar, de 14.000 puestos para un total de 16.358 personas.



**Figura 2. Organigrama de Producción y Mantenimiento de APC. Planta Salsas y Untables**

Fuente: Untables 2015

La planta se divide productivamente en cinco áreas. Cada una caracterizada por su producto de fabricación:

1. Área Proceso de Aceite y Servicios.
2. Área de Mayonesa.
3. Área de Tomate.
4. Área de Quesos.
5. Área de Margarina.

## **CAPITULO II**

### **EL PROBLEMA**

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

Alimentos Polar es una empresa líder en la producción de alimentos. En la última década se ha visto en la necesidad de desarrollar nuevas y mejores estrategias a fin de cumplir con la alta demanda del mercado nacional. Estrategias que se enfocan en el mantenimiento centrado en la confiabilidad, esto es, dar una mayor eficiencia a equipos y medios productivos para disponer de sus máximas capacidades dentro de la planta y lograr satisfacer sus planes de producción sin perder la calidad de sus funciones.

El proceso de preparación de mayonesa en presentación de envase de galón se hacía por batería (tanque de preparación de mayonesa para línea galón) y era un proceso netamente manual en cuanto a operación y al añadido de los componentes de la formula. Dentro de los planes de inversión de la Empresa, y debido a la gran demanda nacional, se adquiere y se hace el montaje de una nueva línea para envasar la presentación de mayonesa de galón. Esta línea es una de las más modernas a nivel mundial, y por tanto tiene una mayor capacidad debido a su alta velocidad de producción. Adicionalmente, este proceso es totalmente automatizado, lo que reduce considerablemente el tiempo de paradas por corrección de fallas, también aumentando considerablemente la eficiencia en cuanto al número de envases por minuto que puede producir.

Con la puesta en marcha de la nueva línea galón, se evidencia un retraso en el envío de producto desde el área de formulación hacia la llenadora, lo que genera la necesidad de mejorar los tiempos de preparación para que estén acorde con la velocidad de los nuevos equipos de envasado. Como opción principal para solventar esta situación, se toma la iniciativa de realizar pruebas de formulación de mayonesa

con el tanque dispensador homogenizador (Koruma) y hacer ajustes y modificaciones necesarias, ya que este no estaba diseñado para formular mayonesa.

Una vez realizadas dichas pruebas y ajustes se obtiene un producto que cumple con las especificaciones deseadas, pero con esto aún no es suficiente para mejorar y aumentar la velocidad de la formulación de mayonesa en una manera eficiente, que garantice la sincronía del envío de producto desde formulación hacia la llenadora de la línea galón. Aunque el tanque Koruma poseía tres tanques equipados con celdas de carga que le suministraban la materia prima, el llenado de los mismos era realizado de manera semiautomática. Una vez cargados los tanques con las cantidades necesarias de cada uno de los ingredientes, la orden de inicio para el ingreso de producto y fin del proceso de preparación de la de mayonesa se realizaba de forma manual mediante pulsadores y selectores accionados por un operador.

Por lo antes explicado, surge la necesidad de automatizar el proceso de formulación de mayonesa del tanque Koruma, implementando un nuevo tablero de control constituido por un controlador lógico programable (PLC) y un sistema supervisorio donde monitoree cada una de las fases del proceso y el estado de cada uno de los elementos sensores y actuadores. Esta automatización disminuye significativamente el tiempo de producción de mayonesa y aumenta la estabilidad del proceso, permitiendo cumplir e incrementar la capacidad de distribución y garantizar el abastecimiento del producto al mercado nacional.

## **2.2 Formulación del Problema**

En virtud de lo planteado en la sección anterior y con el objetivo de mejorar el proceso de formulación de mayonesa, surgió la siguiente interrogante: ¿Cómo se puede automatizar el proceso de formulación de mayonesa en el tanque dispensador homogenizador del departamento de mayonesa de la planta Salsas y Untables de Alimentos Polar para garantizar una mejora satisfactoria en el proceso?

## **2.3 Objetivos de la investigación**

### **2.3.1 Objetivo general**

Automatizar el proceso de formulación de mayonesa del tanque dispensador homogenizador del departamento de mayonesa de la planta Salsas y Untables de Alimentos Polar.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

- Ø Estudiar el proceso de formulación de mayonesa del tanque dispensador homogenizador.
- Ø Identificar los requerimientos básicos para el desarrollo del sistema de control automatizado para el proceso de formulación de mayonesa.
- Ø Implementar el sistema de control automatizado para el proceso de formulación de mayonesa.

## **2.4 Justificación**

Mejorar la productividad, hacer productos de excelente calidad y aumentar la capacidad de producción son unos de los compromisos que tiene Empresas polar con el país, es por ello que impulsa esta iniciativa invirtiendo en mejoras que le permitan reducir el tiempo y los costes de la producción con el fin de mejorar la calidad de la misma. Estas inversiones no solo benefician a sus clientes, al mismo tiempo se beneficia el personal que hace vida planta al mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad, en primer lugar para el personal que labora en el área y en segundo lugar para la continuidad operativa del proceso productivo.

La automatización del proceso de formulación de mayonesa en el tanque dispensador homogenizador permite realizar operaciones que anteriormente eran prácticamente imposibles de realizar manualmente, tales como: medición y representación gráfica de variables de proceso, historial de fallas para su posterior análisis y documentación continua en tiempo real de los eventos ocurridos en el

proceso, es por ello que surge la necesidad de diseñar e implementar un nuevo sistema que permita que este proceso sea netamente automático, simplificando el mantenimiento y la manipulación por parte del personal operario.

Al mismo tiempo, este proceso al ser automatizado, mejora los tiempos de producción lo que se traduce en un aumento considerable de la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.

## **2.5 Alcance**

La implementación de este proyecto de automatización abarcará, el diseño e instalación de un tablero de control que estará conformado principalmente por un controlador lógico programable y del mismo modo se desarrollará e implementará un sistema de control y adquisición de datos.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes**

En todo proceso de investigación la recolección del material relacionado con el problema planteado es de suma importancia, permitiendo ser fuente de apoyo para el desarrollo de dicho estudio. A continuación, se muestran algunos trabajos que contienen semejanzas con este proyecto, los cuales servirán como base para la elaboración del informe sobre el tema propuesto.

Esteves, M. (2015) en su trabajo titulado **“Implementación de un sistema modular de aprendizaje basado en la disciplina de la mecatrónica, integrada por tres estaciones mecánicas MecLab de Festo, un PLC Siemens S7-300 y un HMI de Wonderware”** presentado en la Universidad José Antonio Páez para obtener el título de ingeniero en electrónica, tuvo como objetivo general implementar un sistema modular de aprendizaje basado en la disciplina de la mecatrónica, integrada por tres estaciones MecLab de Festo, un PLC Siemens S7-300 y un HMI de Wonderware. Parte de su trabajo consistió en documentar y describir las funcionalidades de InTouch como sistema SCADA lo cual servirá como referencia para desarrollar el sistema SCADA que se diseñará en este proyecto.

Por su parte, Díaz, D. (2006) en su trabajo de grado titulado **“Automatización de etiquetadora de botellas Kronos bajo PLC SIEMENS”** presentado en la universidad Simón Bolívar para obtener el título de ingeniero electrónico, tuvo como objetivo diseñar e implementar la automatización de la etiquetadora de botellas de la línea #1, de Cervecería Regional, Planta Cagua, basando su control en la arquitectura de un PLC Siemens de la serie S7-300. Este trabajo se tomará como referencia para conocer las características de funcionamiento y configuración del PLC que se utilizara para esta automatización.

Por su parte Torres, L. (2010) en su trabajo de grado titulado **“Automatización de una línea de producción de envases de vidrio”** presentado ante el Instituto

Politécnico Nacional Escuela Superior De Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Azcapotzalco, para obtener el título de ingeniero en robótica industrial, realizo su investigación dirigida hacia el diseño de manera óptima, del proceso automatizado de la fabricación de envases de vidrio, para reducir tiempos de trabajo en el traslado de los mismos, desde el horno de fundición hasta el lugar de conformado de vidrio, así como asegurar un conformado de los productos con un tiempo bajo y calidad alta. Esta investigación aporta información sobre el diseño, implementación y funcionamiento de los procesos automatizados.

### **3.2 Bases teóricas**

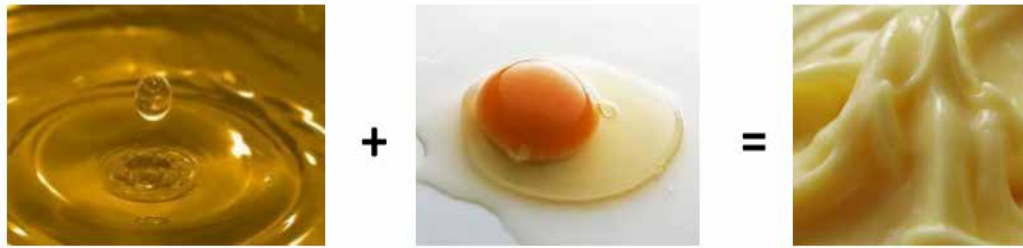
Con la finalidad de ayudar a comprender mejor el tema en estudio a continuación se presenta un conjunto de definiciones generalizadas sobre el proceso de elaboración de mayonesa.

#### **3.2.1 Emulsión**

Según la sociedad española de bioquímica y biología molecular (SEBBM), la emulsión se define como la confluencia de un líquido en otro, siendo los dos líquidos que no se pueden mezclar.

#### **3.2.2 Mayonesa**

La SEBBM, afirma que la mayonesa es una emulsión, es decir una dispersión del aceite en huevo, tal como se observa en la figura 3. El agua es aportada por la yema y la clara del huevo y, en su medida, también por el vinagre o zumo de limón que se añaden para prepararla.



**Figura 3. Mezcla de aceite y huevo para obtener mayonesa**

Fuente:[http://www.sebbm.eswebimagesarchivosarchivos\\_tinymcefichamayonesa\\_2.pdf](http://www.sebbm.eswebimagesarchivosarchivos_tinymcefichamayonesa_2.pdf)

El huevo posee dos partes claramente diferenciadas: la clara y la yema. La clara está formada principalmente por proteínas, como la ovoalbúmina y la lisozima, y agua. La yema contiene mayoritariamente lípidos (grasa) y también agua. Uno de los principales componentes lipídicos de la yema de huevo es la lecitina. El huevo está compuesto en un 50 por ciento de agua. El resto de sus componentes son moléculas tensioactivas.

### 3.2.3 Molécula tensioactiva

Una molécula tensioactiva se define como aquella que contiene una parte hidrófoba que repele el agua e interacciona con las gotas de aceite y otra hidrófila que interacciona con el agua así la describe a sociedad española de bioquímica y biología molecular. Además la SEBBM nos explica que estas sustancias recubren las grasas que se originan al dispersarse y forman micelas, tal como se observa en la figura 4.



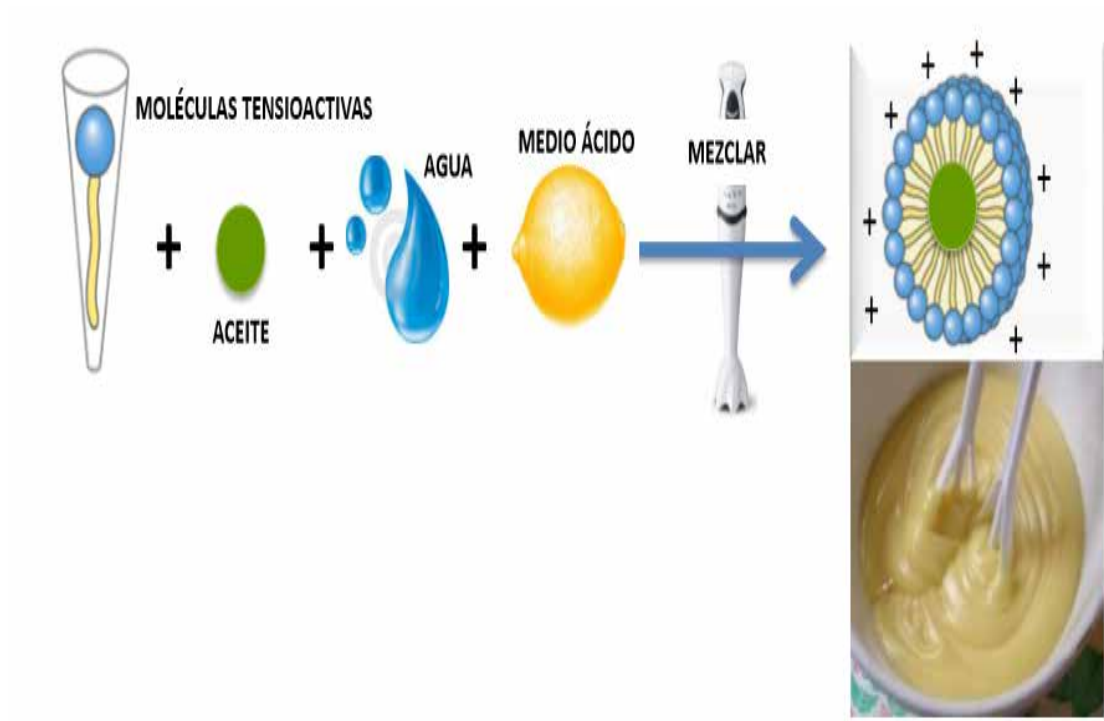
**Figura 4. Composición de una Molécula Tensioactiva.**

Fuente:[http://www.sebbm.eswebimagesarchivosarchivos\\_tinymcefichamayonesa\\_2.pdf](http://www.sebbm.eswebimagesarchivosarchivos_tinymcefichamayonesa_2.pdf)

### 3.2.4 Características de las fases de la mayonesa

La SEBBM expresa que: la mayonesa no se separa, porque al mezclarse el agua del huevo y las gotas de aceite, éstas se dispersan por el agua creando una emulsión. Las microscópicas gotas de aceite entran en contacto con las moléculas tensioactivas dando origen a las micelas y los extremos polares se cargan eléctricamente, todos con la misma carga lo que hace que se repelan entre sí, tal como se observa en la figura 5.

El limón o el vinagre provocan la desnaturalización de las proteínas de la clara y aumentan las cargas de las moléculas tensioactivas, aumentando la repulsión.



**Figura 5. Mezcla homogénea de mayonesa.**

Fuente: [http://www.sebbm.eswebimagesarchivosarchivos\\_tinymcefichamayonesa\\_2.pdf](http://www.sebbm.eswebimagesarchivosarchivos_tinymcefichamayonesa_2.pdf)

### 3.2.5 Fabricación de mayonesa

Una receta típica para la elaboración de mayonesa se puede apreciar en la tabla

1.

**Tabla 1. Receta típica para la elaboración de mayonesa**

Ingrediente	Porcentaje en la receta (%)
Aceite	70-80%
Huevo	10-11%
Agua	8-10%
Vinagre	4%
Sal	1%
Azúcar	1%
Zumo de limón	0,5%
Especias (aceites esenciales)	0,5%

Fuente: <http://www.inoxpa.com/uploads/document/Fitxes%20t%C3%A8cniques/Processos/Mayonesa/FTMY.1.ES-0505.pdf>

#### 3.2.5.1 Procesos para la fabricación de mayonesa

La fabricación de mayonesa se puede hacer en batch (proceso discontinuo) o en proceso continuo en función de la producción necesaria.

Se tiene que disponer de cinco depósitos con las cantidades necesarias de los diferentes ingredientes:

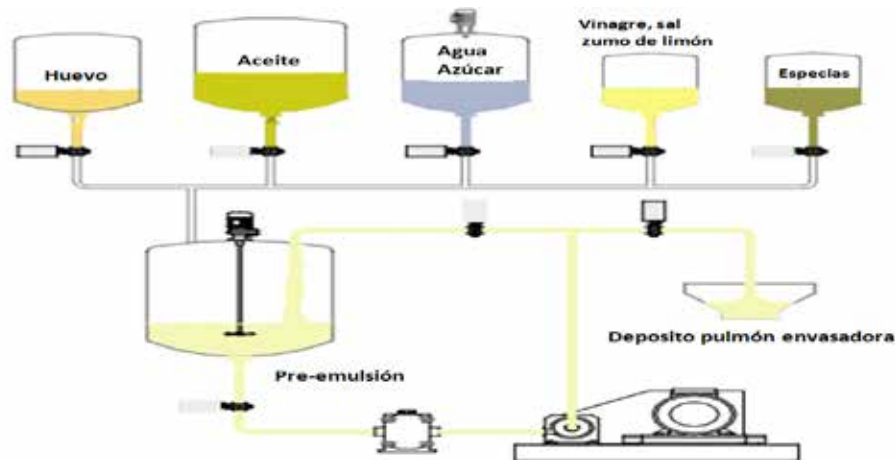
1. Aceite: este debe tener una temperatura baja (5-8°C).
2. Agua: donde previamente se haya disuelto el azúcar.
3. Vinagre: donde previamente se haya disuelto la sal y el zumo de limón.
4. Huevo: debe también estar a una baja temperatura 4°C.
5. Especies.

Se puede hacer también con tres tanques y disolver las especies en el aceite y tener la fase acuosa en un solo depósito (agua+vinagre).

### 3.2.5.2 Proceso de fabricación de mayonesa en batch

El proceso en batch es adecuado para producciones pequeñas de hasta unos 1000 Kg/h, (ver figura 6). El mismo está conformado por los siguientes pasos:

- Ø Primero se añade el huevo en el depósito de mezcla.
- Ø Seguidamente se añade el agua con el azúcar.
- Ø Posteriormente se pone en marcha el agitador del depósito de mezcla y se va añadiendo el aceite poco a poco, en el cual se va a realizar una pre-emulsión.
- Ø Seguidamente se añade el vinagre, en el cual previamente se ha disuelto la sal y el zumo de limón.
- Ø Una vez realizada la pre-emulsión, se conecta la bomba y el mixer, recirculando el producto hasta obtener la mayonesa.
- Ø Una vez preparada la mayonesa, se bombea hasta un depósito pulmón y está lista para ser envasada.



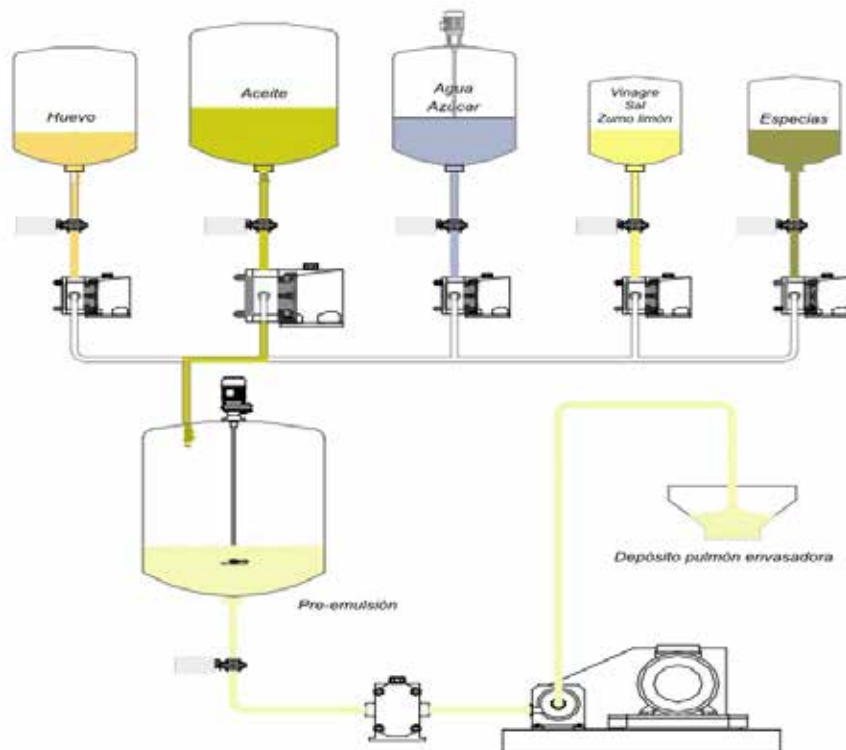
**Figura 6. Proceso de fabricación de mayonesa en batch**

Fuente: <http://www.inoxpa.com/uploads/document/Fitxes%20t%C3%A8cniques/Processos/Maionesa/FTMY.1.ES-0505.pdf>

### 3.2.5.3 Fabricación de mayonesa en proceso continuo

El proceso continuo que se puede apreciar en la figura 7 es adecuado para producciones grandes a partir de 1000 Kg/h.

- Ø Se parte de los mismos depósitos de ingredientes.
- Ø Mediante bombas dosificadoras se va añadiendo al mismo tiempo, los diferentes ingredientes a un tanque de premix en la proporción requerida.
- Ø Se bombea la mezcla a través de un mixer in-line y con una pasada se forma la mayonesa y se envía a un depósito pulmón lista para ser envasada.



**Figura 7. Fabricación de mayonesa en proceso continuo.**

Fuente:<http://www.inoxpa.com/uploads/document/Fitxes%20t%C3%A8cniques/Processos/Mayonesa/FTMY.1.ES-0505.pdf>

### 3.2.5.4 Tipos de mayonesa

Los ingredientes anteriores son para la fabricación de mayonesa normal. En el mercado también existe la mayonesa light, cuya receta típica se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2. Receta para la elaboración de mayonesa light.**

Ingrediente	Porcentaje en la receta (%)
Aceite	20-30%
Huevo	3-4%
Agua	60-70%
Almidón	4%
Vinagre	4%
Sal	1%
Azúcar	1%
Zumo de limón	0,5%
Especias (aceites esenciales)	0,5%

Fuente:<http://www.inoxpa.com/uploads/document/Fitxes%20t%C3%A8cniques/Processos/Maionesa/FTMY.1.ES-0505.pdf>

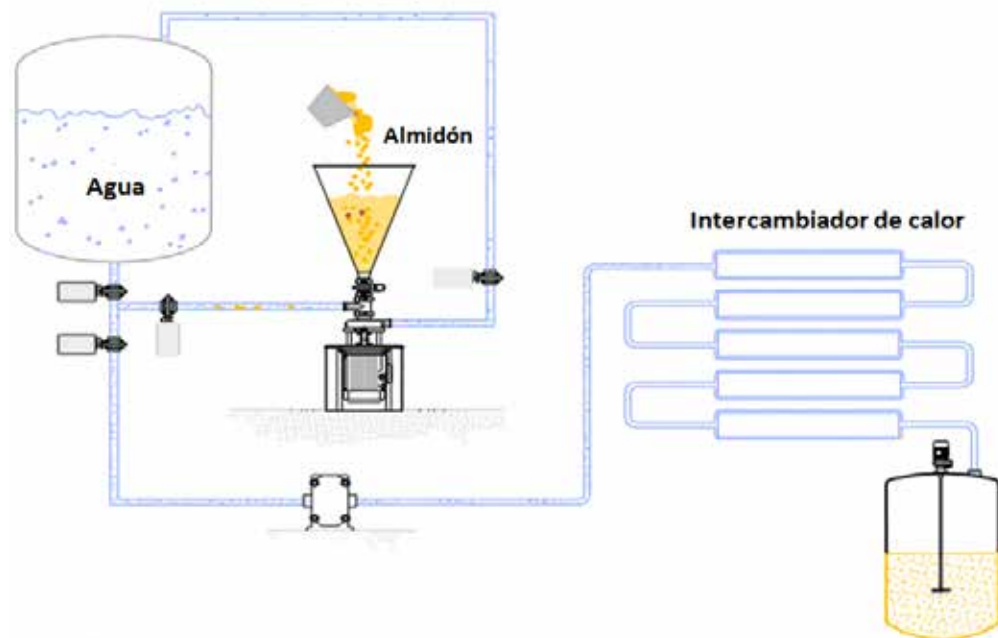
Este tipo de mayonesa también se puede preparar mediante un sistema batch o continuo, pero previamente se tiene que preparar la mezcla de agua con almidón como se observa en la figura 8. El procedimiento sería el siguiente:

- Ø Se parte de un depósito con agua, y se dispersa el almidón mediante un mezclador en línea.
- Ø Con una bomba lobular se bombea el almidón a través de un intercambiador tubular, donde se calienta hasta unos 90°C y en otra fase se enfría a unos 10°C. en este proceso el almidón se hidrata cogiéndola mezcla una viscosidad importante.

Ø Se deposita la mezcla de almidón en un depósito, a partir del cual ya se va a preparar la mayonesa.

En el mercado también se pueden encontrar otros tipos de salsas basadas en la mayonesa:

- Ø Salsa rosada, donde se añade tomate y algún tipo de licor como coñac.
- Ø Mayonesa con aceite de oliva, la cual se añade aproximadamente 1% de aceite de oliva.
- Ø Mayonesa con ajo u otros condimentos, los cuales son añadidos en polvo en la fase acuosa u oleosa de la preparación de la misma.



**Figura 8. Esquema de preparación de almidón.**

Fuente: <http://www.inoxpa.com/uploads/document/Fitxes%20t%C3%A8cniques/Processos/Mayonesa/FTMY.1.ES-0505.pdf>

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se describen los métodos, técnicas y procedimientos que fueron empleados para el logro de los objetivos propuestos en el estudio. Según Finol y Camacho (2008, p.60) el marco metodológico está referido a “como se realizará la investigación, muestra el tipo y diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad y las técnicas para el análisis de los datos”.

#### **4.1 Tipo de Investigación**

De acuerdo al problema planteado, para el cual se propuso aportar como solución, la automatización del proceso de formulación de mayonesa del tanque dispensador homogenizador del departamento de mayonesa de la planta salsas y untables de Alimentos Polar, y en función de los objetivos planteados, el tipo de investigación cumple con la estructura de un proyecto factible, tomando en cuenta lo referido por Mijares y García (2007), quienes la definen como:

... investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades... (p.5)

## **4.2 Diseño de la investigación**

Al respecto, Arias (2012) puntualiza que “el diseño de una investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado”.

Según Cázares, Christen, Jaramillo, Villaseñor y Zamudio (2000) señalan que:

La investigación de campo es aquella en que el mismo objeto de estudio sirve como fuente de información para el investigador. Consiste en la observación, directa y en vivo, de cosas, por este motivo la naturaleza de las fuentes determina la manera de obtener los datos (p.22)

Considerando lo mencionado anteriormente, la presente investigación se apoya en una investigación de campo, ya que se propone una solución al problema preparación de mayonesa con el Koruma en la planta salsas y untables de Alimentos Polar , proceso con el cual el investigador interactuó directamente para dar respuesta al problema.

## **4.3 Nivel de la investigación**

Según Arias (2012), “El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”.

En función de esto, la presente investigación se catalogó como descriptiva ya que su objetivo es la mejora del proceso de formulación de mayonesa en el tanque Koruma, mediante la descripción de los equipos que lo componen, de los procedimientos para la producción y del sistema automatizado a implementar para su control, fundamentándose en lo que señala 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)

En función de lo dicho anteriormente, la presente investigación se catalogó como descriptiva ya que su objetivo es la mejora del proceso de formulación de mayonesa con el Koruma, mediante el desarrollo e implementación de un sistema automatizado de control.

#### **4.4 Fases Metodológicas**

Las fases metodológicas comprenden un seguimiento detallado y minucioso de los objetivos específicos ya establecidos, que servirán de guía para el desarrollo sistemático del objetivo general de esta investigación.

##### **Fase I: Estudio del proceso de formulación de mayonesa del tanque dispensador homogenizador de Alimentos Polar planta Salsas y Untables**

En esta fase se realiza el estudio del proceso de preparación de mayonesa, describiendo todos los equipos utilizados durante todo el proceso. Así como también se estudia el funcionamiento de cada uno de los equipos del área para obtener información sobre sus características de trabajo. De igual forma, se especifican los instrumentos de medición y transducción adecuados para lograr la evaluación continua de cada una de las variables importantes a lo largo del proceso.

##### **Fase II: Identificación de los requerimientos básicos para el desarrollo del sistema de control automatizado para el proceso de formulación de mayonesa de Alimentos Polar planta Salsas y Untables**

Para llevar a cabo de manera exitosa el desarrollo del sistema de control automático se determinan los requerimientos mínimos de hardware del PLC a utilizar, así como también los de hardware y software del computador que se emplea para el desarrollo del proyecto, al igual que para el que usará el operador.

##### **Fase III: Implementación del sistema de control automatizado para el proceso de formulación de mayonesa de Alimentos Polar planta Salsas y Untables**

Una vez determinada la secuencia de operación del proceso, la instrumentación necesaria y cumplido con los requerimientos de las fases I y II se procede a diseñar e implementar la automatización del Koruma, así como diseñar y desarrollar la plataforma para el sistema SCADA.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a luego de aplicar las técnicas de recolección y análisis de información, con el fin de implementar la automatización del proceso de formulación de mayonesa del tanque dispensador homogenizador del departamento de mayonesa de la planta salsas y untables de Alimentos Polar. A continuación se evidencia el desarrollo de las tres fases que componen el proyecto.

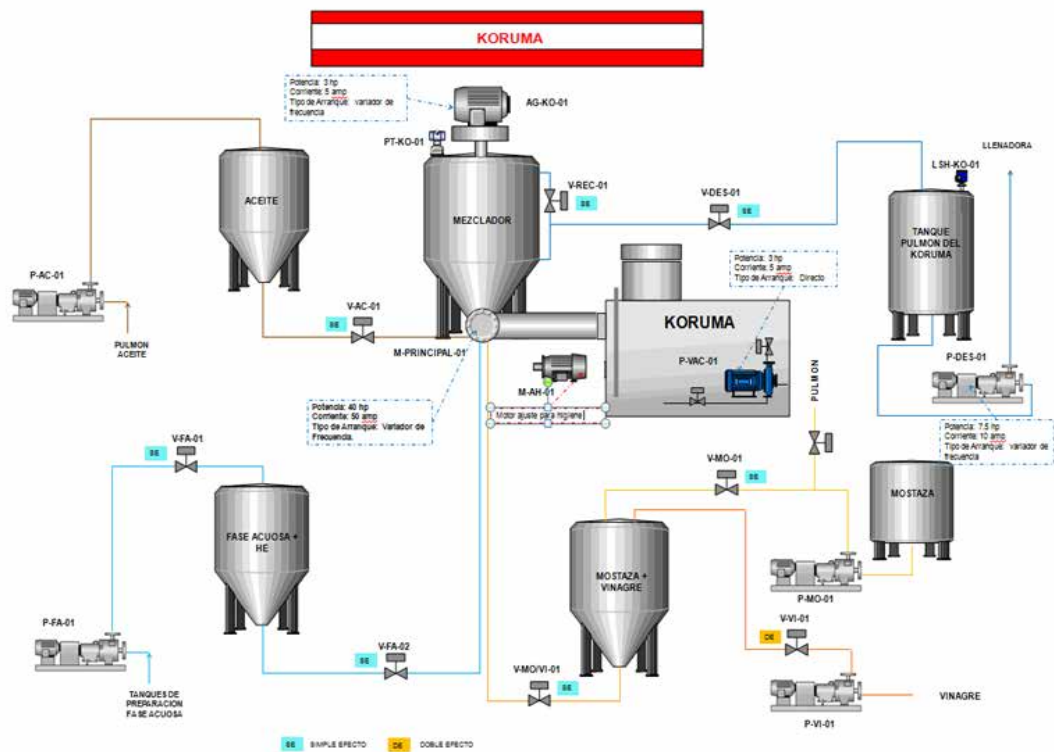
#### **5.1 Fase I: Estudio del proceso de formulación de mayonesa del tanque dispensador homogenizador de Alimentos Polar planta salsas y untables**

Para dar cumplimiento a esta fase fue necesario tomar las acciones que a continuación se describen:

##### **5.1.1 Recopilación de datos sobre el proceso de formulación de mayonesa con el Koruma**

El tanque dispensador homogenizador utilizado para la elaboración de mayonesa de galón de la planta es un equipo marca Koruma, de allí es donde viene el nombre que se le atribuye al proceso de formulación con este equipo (tanque Koruma o simplemente Koruma). La finalidad del proceso del tanque Koruma, es realizar la mezcla necesaria entre el aceite, la fase acuosa, la mostaza y el vinagre para producir mayonesa en su presentación de envase de galón. Primeramente se realizó la observación directa del proceso de preparación de mayonesa con el tanque Koruma. Adicionalmente se realizó una reunión con los operadores y supervisores del área de formulación mayonesa, para escuchar de parte de ellos, una explicación más

específica del proceso. En la figura 9, se observa el diagrama del proceso de formulación de mayonesa con el tanque Koruma, el cual posee tres tanques de materias primas (aceite, fase acuosa y mostaza-vinagre), estos están equipados con celdas de carga para realizar el pesaje de cada ingrediente según sea el requerimiento de la receta en uso. También posee un tanque mezclador, en el cual se añaden los ingredientes para preparar la mayonesa y un tanque pulmón donde se deposita el producto ya formulado para posteriormente ser enviado a la llenadora cuando está así lo solicite.



**Figura 9. Diagrama del proceso de formulación de mayonesa con el Koruma**

Fuente: Richard Quijada

También se evidencia la presencia de un tanque pulmón de mostaza que sirve de alimentación al tanque mostaza-vinagre, al igual que una serie de válvulas neumáticas

y bombas de alimentación de las diferentes materias primas utilizadas en el proceso de formulación de mayonesa con el Koruma. En la tabla 3, se observan las características de cada tanque involucrado en el proceso.

**Tabla 3. Listado de tanques del proceso de formulación**

Listado de Tanques			
Nombre	Capacidad (Kg)	Material	Descripción
Tanque Koruma	1200	Acero inoxidable	Mezcla los componentes de la fórmula para prepara la mayonesa.
Aceite	600	Acero inoxidable	Almacena la cantidad de aceite requerida por la receta.
Fase acuosa	600	Acero inoxidable	Almacena la cantidad de fase acuosa requerida por la receta.
Mostaza-vinagre	300	Acero inoxidable	Almacena la cantidad de mostaza-vinagre requerida por la receta.
Pulmón del Koruma	2000	Acero inoxidable	Almacena la mayonesa terminada para luego enviarla a la llenadora cuando esta así lo solicite.
Pulmón de mostaza	1000	Acero inoxidable	Alimenta al tanque de mostaza-vinagre la cantidad de mostaza requerida por la receta.

Fuente: Richard Quijada.

La tabla 4 muestra el listado de la instrumentación del proceso de formulación de mayonesa con el tanque Koruma.

**Tabla 4. Listado de instrumentación del proceso de formulación de mayonesa Koruma**

<b>Listado de instrumentación</b>				
Item	Nombre	Descripción	Tipo de señal	Observaciones
1	LSH-KO-01	Sensor de nivel del tanque pulmón	Digital	
2	LSL-LL-01	Sensor de nivel de la llenadora	Digital	
3	PT-KO-01	Transmisor de presión	Analógica	
4	WT-AC-01	Señal de peso tanque de aceite	Analógica	
5	WT-MO/VI-01	Señal de peso tanque mostaza/vinagre	Analógica	Mediante un Módulo de pesaje SIWAREX U.
6	WT-FA-01	Señal de peso tanque fase acuosa	Analógica	Mediante un Módulo de pesaje SIWAREX U.

Fuente: Richard Quijada

Las válvulas y motores involucrados en el proceso de preparación de mayonesa con el Koruma se detallan en la tabla 5 y 6 respectivamente.

**Tabla 5. Listado de válvulas**

<b>Listado de válvulas</b>					
Item	Nombre	Descripción	Tipo	Accionamiento	vías
1	V-AC-02	Válvula dosificadora a tanque de aceite	on-off	Simple efecto	2
2	V-VI-01	Válvula dosificadora a tanque de vinagre	on-off	Doble efecto	2
3	V-MO-01	Válvula dosificadora a tanque de mostaza	on-off	Simple efecto	2
4	V-FA-01	Válvula dosificadora a tanque de fase acuosa	on-off	Simple efecto	2
5	V-AC-01	Válvula de descarga tanque de aceite	on-off	Simple efecto	2
6	V-MO/VI-01	Válvula de descarga tanque de tanque mostaza + vinagre	on-off	Simple efecto	2

**Tabla 5. Cont.**

<b>Listado de válvulas</b>					
Item	Nombre	Descripción	Tipo	Accionamiento	vías
7	V-FA-02	Válvula de descarga tanque de fase acuosa	on-off	Simple efecto	2
8	V-VACIO-01	Válvula de vacio	on-off	Simple efecto	2
9	V-REC-01	Válvula de recirculación	on-off	Simple efecto	2
10	V-AGUA-01	Válvula de agua	on-off	Doble efecto	2
11	V-DES-01	Válvula de descarga tanque Koruma a tanque pulmón	on-off	Simple efecto	2
12	V-PUL-01	Válvula de descarga tanque pulmón a llenadora	on-off	Simple efecto	2
13	V-MO-03	Válvula dosificadora a tanque de mostaza desde el pulmón	on-off	Simple efecto	2

Fuente: Richard Quijada

**Tabla 6. Listado de motores**

<b>Listado de motores</b>							
Item	Nombre	Descripción	P (KW)	HP	Corriente (A)	Voltaje (V)	Tipo de arranque
1	P-DES-01	Motor bomba descarga Tanque pulmón	5.5	7.5	10.4	440VAC	Variador
2	P-AC-01	Bomba de carga de aceite	3.8	5.0	7.9	440VAC	Variador
3	P-VAC-01	Bomba de vacio	2.2	3.0	4.4	440VAC	Directo
4	M-AH-01	Motor de ajuste para higiene	2.2	3.0	4.4	440VAC	Directo
5	AG-KO-01	Agitador tanque Koruma	3.0	5.0		440VAC	Variador
6	M-PR-01	Molino	40	50		440VAC	Variador
7	P-VI-01	Bomba de carga vinagre	3.8	5.0	7.9	440VAC	Directo
8	P-MO-01	Bomba de carga mostaza	3.8	5.0	7.9	440VAC	Variador
9	P-FA-01	Bomba de carga fase acuosa	3.8	5.0	7.9	440VAC	Directo

Fuente: Richard Quijada

### **5.1.2 Secuencia de preparación de mayonesa del tanque dispensador homogenizador de Alimentos Polar planta Salsas y Untables**

Los pasos que conforman la secuencia de preparación de mayonesa en el tanque dispensador homogenizador son las siguientes:

1. Cargar los tanques de materias primas.
2. Enviar los ingredientes al tanque mezclador.
3. Iniciar el proceso de agitación para formar la emulsión.
4. Dar arranque al molino para proporcionar el acabado final a la mayonesa.
5. Trasegar al tanque pulmón de envió a la llenadora, la mayonesa ya lista.

### **5.1.3 Inspección del tablero de control del tanque dispensador homogenizador de Alimentos Polar planta Salsas y Untables**

Como parte del estudio del proceso de formulación, fue necesario también comprobar el estado físico y funcional de los equipos involucrados en dicho proceso, por ello se realiza la evaluación completa del tablero eléctrico de control del Koruma, para identificar las señales de control, así como también el estado del cableado y los elementos de maniobra tanto de control como de potencia del mismo. Esto se hizo con la finalidad de diagnosticar y recolectar la data necesaria para actualizar adecuadamente el sistema de control para la automatización del proceso de formulación de mayonesa con el Koruma.

En la figura 10, se muestra la parte frontal del tablero de control del Koruma, en el cual se puede observar una gran cantidad de botones y selectores para realizar las acciones de control y maniobras requeridas por el proceso de formulación; también se observa al controlador indicador del transmisor de vacío. A un lado del tablero principal, en un tablero más pequeño, se pueden apreciar tres balanzas digitales, las cuales se utilizan para el pesaje de cada uno de los ingredientes de la formula, mientras que en la figura 11, se observa la parte interna de los tableros de las balanzas digitales y cuerpo de válvulas del Koruma respectivamente.



**Figura 10. Parte frontal del tablero de control del Koruma**

Fuente: Richard Quijada



**Figura 11. Vista lateral interna de los tableros de las balanzas digitales y cuerpo de electroválvulas del Koruma**

Fuente: Richard Quijada

En la figura 12, se muestra la parte interna del tablero de control del Koruma, y se evidencia que posee elementos que no están debidamente empotrados en el mismo. Asimismo se aprecia la gran cantidad de cables que cuelgan fuera de sus canaletas (tablero despeinado), generando condiciones inseguras tanto para operadores, personal técnico y cualquier persona que pueda tener contacto con dicho tablero. Debido al desarreglo de los cables, pueden existir un sinnúmero de condiciones de falla (cables flojos en borneras, cables fracturados, puntos calientes en borneras, etc.), que ponen en riesgo la vida humana. El desorden en el cableado representa una amenaza para la continuidad operativa del proceso, puesto que las condiciones en que se encuentra el interior del tablero, dificulta ubicar y resolver una falla en el equipo rápidamente.



**Figura 12. Estado de las conexiones internas del tablero de control del Koruma**

Fuente: Richard Quijada

## 5.2 Fase II: Identificación de los requerimientos básicos para el desarrollo del sistema de control automatizado para el proceso de formulación de mayonesa del tanque Koruma de Alimentos Polar planta Salsas y Untables

Para la realización del sistema de control primeramente se tienen que identificar las variables involucradas en el proceso y la instrumentación necesaria para la supervisión del mismo. En el caso del proceso de preparación de mayonesa con el Koruma, existen tres variables principales las cuales son peso, presión y nivel, cuyos valores deben ser adquiridos directamente del proceso. Para el desarrollo del sistema de control automático se hizo uso de un controlador lógico programable de la marca Siemens para mantener un estándar en la implementación de automatismos en planta, ya que en la mayoría de estos, se utilizan autómatas programables de este fabricante. Las especificaciones del PLC seleccionado se pueden apreciar en la tabla 7.

**Tabla 7. Especificaciones del controlador lógico programable (PLC)**

Descripción	Especificación
Fuente de alimentación	PS 307 5A
CPU	315 PN/DP
Módulos de entrada	<b>Digitales:</b> 6ES7 321-1FH00-0AA0
	6ES7 321-1BH02-0AA0 <b>Analógicas:</b> 6ES7 331-7KF02-0AB0
Módulos de salida	Digitales: 6ES7 322-1HH01-0AA0 <b>Analógicas:</b> 6ES7 322-5HD01-0AB0
Enlaces de comunicaciones	ETHERNET, PROFIBUS
Tensión de control	Entradas 110VAC, 24 VDC Salidas 110VAC, 24 VDC
Frecuencia	60Hz
Software de programación del PLC	SIMATIC STEP 7

Fuente: Richard Quijada

Además, tomando en cuenta que otras áreas de la planta, están supervisadas por sistemas SCADA diseñados con el software InTouch de Wonderware, se planteó realizar el diseño del sistema de supervisión para el Koruma con el mismo software y seguir manteniendo las políticas de estandarización de procesos productivos de la planta salsas y untables de Alimentos Polar.

El computador que se utilizó para el diseño del sistema de supervisión tiene las siguientes características de hardware:

- Ø Sistema operativo Windows XP Professional versión 2002.
- Ø Procesador Pentium (R) Dual core.
- Ø CPU 2.80 GHz de velocidad.
- Ø Memoria RAM 504 Mb.
- Ø Disco duro con 150 GB de almacenamiento.

Mientras que el computador que utiliza el usuario para manipular el sistema de supervisión presenta las siguientes características:

- Ø Sistema operativo Windows XP Professional versión 2010.
- Ø Procesador Pentium (R) dual core.
- Ø CPU 2.63 GHz de velocidad.
- Ø Memoria RAM 2 GB.
- Ø Disco duro con 160 GB de almacenamiento.
- Ø Adaptador de red Ethernet de alta velocidad.

El software utilizado para el desarrollo del sistema de supervisión pertenece a la gama de productos Wonderware, específicamente el software InTouch versión 10.1.300.1412.0130.0268.0005 (s) 2009 Invensys System, Inc.

### **5.3 Fase III: Implementación del sistema de control automatizado para el proceso de formulación de mayonesa de Alimentos Polar planta Salsas y Untables**

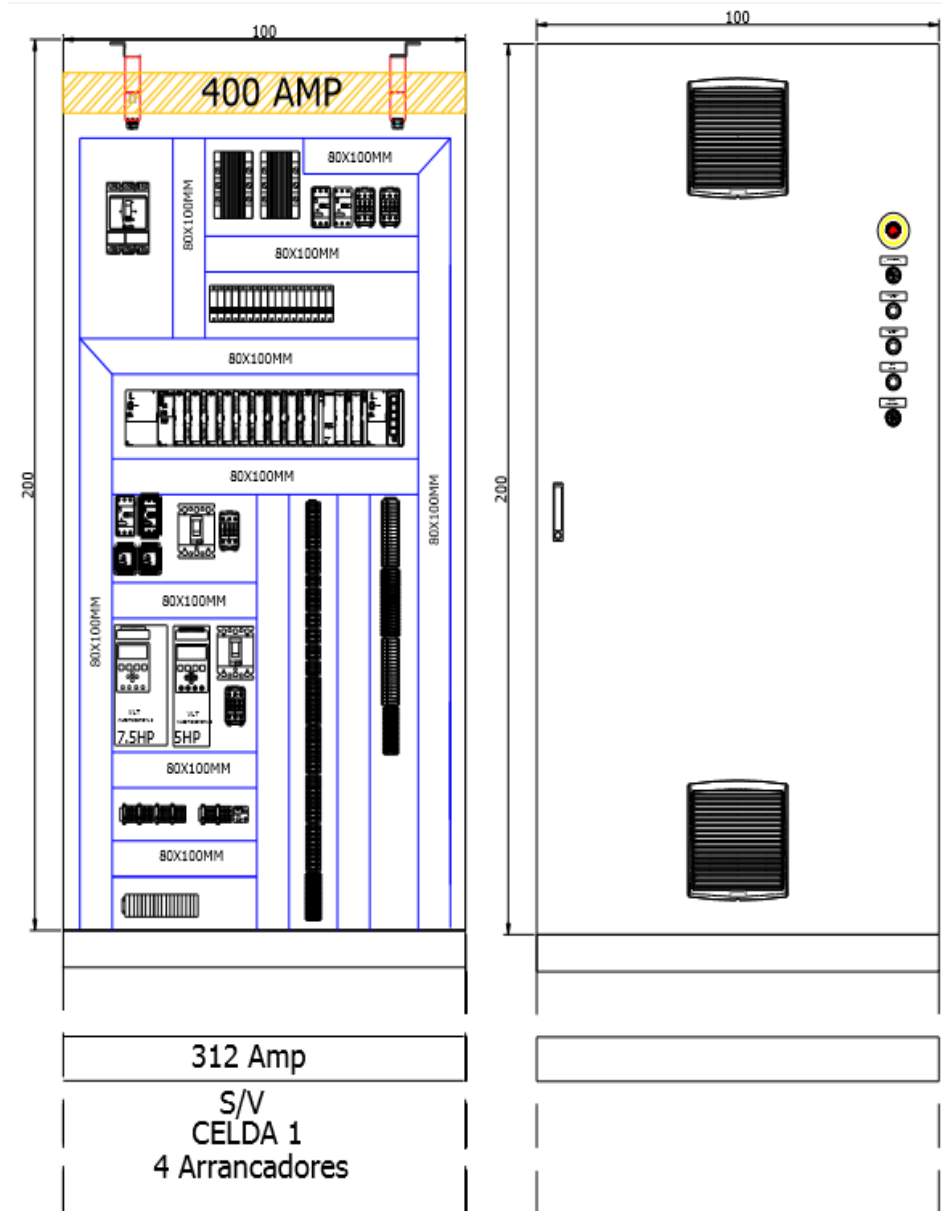
Para la implementación del sistema de control automático fue necesario en primer lugar el diseño y montaje de un nuevo tablero de control para el Koruma, en la figura 13 se puede observar la parte interna del mismo.



**Figura 13. Parte interna del nuevo tablero de control del Koruma**

Fuente: Richard Quijada

En la figura 14, se puede ver el diagrama de implantación y distribución física de los equipos en el nuevo tablero de control.



**Figura 14. Diagrama de implantación tablero de control del Koruma**

Fuente: Richard Quijada

Los elementos constitutivos del tablero de control son los que se describen en la tabla 8.

**Tabla 8. Equipos constitutivos del tablero de control Koruma**

<b>Listado de equipos instalados en el tablero de control</b>				
Nº	Código	Descripción	Cantidad	Fabricante
1	6ES7315-2AF02-0AB0	Simatic S7-300. CPU 315 PN/DP	1	Siemens
2	6ES7390-1AF30-0AA0	Rack 530mm	2	Siemens
3	6ES7307-1EA01-0AA0	Fuente 5A	3	Siemens
4	6ES7307-1BA01-0AA0	Fuente 2A	1	Siemens
5	6ES7321-1FH00-0AA0	Módulo de 16 entradas 110VAC	5	Siemens
6	6ES7321-1BH01-0AA0	Módulo de 16 entradas 24VDC	2	Siemens
7	6ES7322-1HH01-0AA0	Módulo de 16 salidas a relé	3	Siemens
8	6ES7331-7KF02-0AB0	Módulo entradas analógicas	1	Siemens
9	6ES7332-5HD01-0AB0	Módulo de salidas analógicas	0	Siemens
10	6ES7392-1AJ00-0AA0	Conector 20 polos	11	Siemens
11	6GK5204-2BB10-2AA3	Concentrador Ethernet SCALANCE X204-2	1	Siemens
12	ARC 2000-1	Transformador 2 KVA, 440/220/110 VAC	2	ARC Transform.
13	NS80HMA50	Interruptor Tripolar, Termomagnético, 50A	2	Schneider
14	24395.0000	Breaker multi 9, 1A	6	Schneider
15	24399.0000	Breaker multi 9, 6A	11	Schneider
16	24401.0000	Breaker multi 9, 10A	3	Schneider
17	24203.0000	Breaker multi 9, 16A	2	Schneider
18	3RV1011-1AG10	Guardamotor, 4,5...6,3 A	4	Siemens
19	3RT1023-1AG20	Contacto Tripolar, 9A, Bobina 110VAC	3	Siemens
20	1492-h4	Bornes porta fusible	56	Weidmuller
21	ABW235	Bornes de control	214	Schneider
22	AB1TP435U	Bornes de tierra	8	Schneider
23	XB4BG21	Selector dos posiciones con llave 22mm	1	Schneider
24	XB4BA31	Pulsador verde 22mm NA	1	
25	XB4BW34G5	Pulsador luminoso rojo 110VAC	1	
26	XB4BVG5	Luz piloto amarilla 110VAC	1	
27	XB4BS542	Stop de emergencia NC	1	
28	AZ-8111	Micro switch	1	Schneider

**Tabla 8. Cont.**

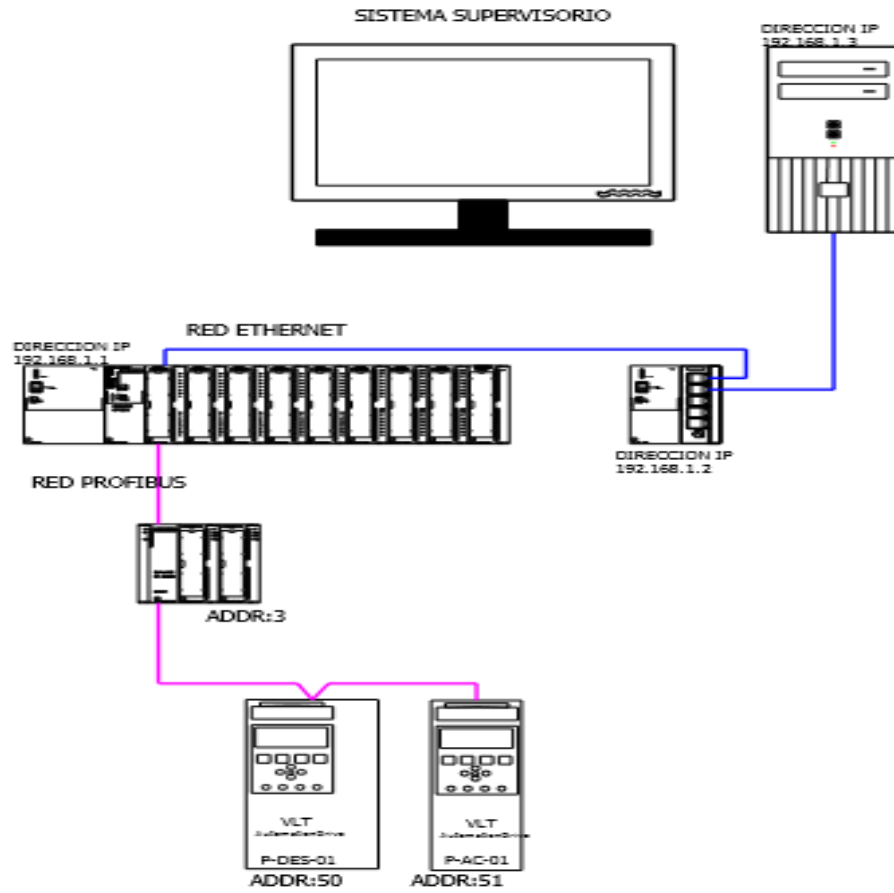
<b>Listado de equipos instalados en el tablero de control</b>				
N°	Código	Descripción	Cantidad	Fabricante
29	NSYCVF300M230PF	Ventilador 230VAC IP54	1	Schneider
30	NSYCAG223LPF	Rejilla salida mecánica 223x223mm	1	Schneider
31	NSY2SP204	Panel lateral STD 2000x400mm	1	Schneider
32	NS250HMA250	Interruptor Tripolar, Termomagnético, 250A	1	Schneider
33	3RT1035-1AG20	Contactador Tripolar, 40A, Bobina 110VAC	2	Siemens
34	7MH4950-2AA01	Módulo de pesaje SIWAREX U 2 canales	2	Siemens
35	NSUSF201040P	Tablero de control 2000x1000x400mm	1	Schneider

Fuente: Richard Quijada

### **5.3.1 Descripción del sistema**

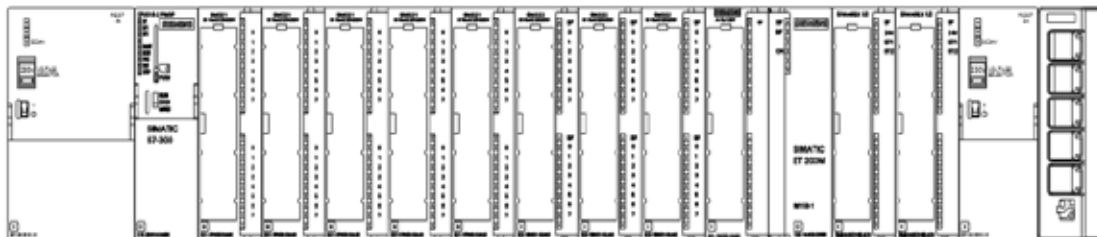
El sistema de control está basado en un controlador lógico programable Siemens 315-2DP y una estación supervisora basada en una arquitectura SCADA conformada por un computador. En el computador se ejecuta el sistema supervisorio diseñado con el software Wonderware Intouch 10.1, que se encarga de desplegar la interfaz Hombre-Máquina (HMI) y registrar los datos del proceso. En la figura 15 se puede observar la topología de la red de control y supervisión.

El controlador lógico programable (PLC), se encarga del control de la secuencia de pasos que conforman el proceso, leyendo los datos provenientes de los instrumentos, y generando las señales para los actuadores; además sube los datos del proceso al sistema supervisorio a través de un enlace de comunicación Ethernet, para ser visualizados en tiempo real, y permitiendo también almacenarlos para posteriores análisis. En la figura 16, se muestra la arquitectura del autómata programable.



**Figura 15. Topología de la red**

Fuente: Richard Quijada



**Figura 16. Arquitectura del autómata programable**

Fuente: Richard Quijada

La distribución de entradas y salidas del controlador lógico programable están establecidas como se indica en las tablas 9, 10 y 11.

**Tabla 9. Entradas digitales del PLC**

<b>Entradas digitales</b>				
Variable	Dirección	Tipo	Tensión	Descripción
SEL-P-VAC-01	E 0.0	Digital	120VAC	Selector bomba de vacío
RM-P-VAC-01	E 0.1	Digital	120VAC	Conf. Arranque bomba de vacío
PRMT-P-VAC-01	E 0.2	Digital	120VAC	Falla bomba de vacío
SEL-M-AH-01	E 0.3	Digital	120VAC	Selector bomba de higiene
RM.-AH-01	E 0.4	Digital	120VAC	Conf. Arranque bomba de higiene
PMRT-M-AH-01	E 0.5	Digital	120VAC	Falla bomba de higiene
SEL-AG-KO-01	E 0.6	Digital	120VAC	Selector de raspador
RM-AG-KO-01	E 0.7	Digital	120VAC	Conf. Arranque de raspador
PMRT-AG-KO-01	E 1.0	Digital	120VAC	Falla de raspador
SEL-M-PRINC-01	E 1.1	Digital	120VAC	Selector Disho
RM-M-PRINC-01	E 1.2	Digital	120VAC	Conf. Arranque Disho
PMRT-MPRINC-01	E 1.3	Digital	120VAC	Falla Disho
SEL-P-MO-01	E 1.4	Digital	120VAC	Selector bomba de mostaza
RM-P-MO-01	E 1.5	Digital	120VAC	Conf. Arranque bomba de mostaza
PMRT-P-MO-01	E 1.6	Digital	120VAC	Falla bomba de mostaza
RM-M-AH-02	E 1.7	Digital	120VAC	Conf. Arranque motor de higiene (hacia abajo)
SEL-P-VI-01	E 2.0	Digital	120VAC	Selector bomba de vinagre
RM-P-VI-01	E 2.1	Digital	120VAC	Conf. Arranque bomba de vinagre
PRMT-P-VI-01	E 2.2	Digital	120VAC	Selector bomba de vinagre
SEL-FA-01	E 2.3	Digital	120VAC	bomba de fase acuosa
RM-P-FA-01	E 2.4	Digital	120VAC	Conf. Arranque bomba de fase acuosa
PRMT-P-FA-01	E 2.5	Digital	120VAC	Falla bomba de fase acuosa
Reserva	E 2.6	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 2.7	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 3.0	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 3.1	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 3.2	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 3.3	Digital	120VAC	Entrada de reserva

**Tabla 9. Cont.**

<b>Entradas digitales</b>				
Variable	Dirección	Tipo	Tensión	Descripción
LSH_LL_01	E 3.4	Digital	120VAC	Suiche de alto nivel en la llenadora
stop emergencia	E 3.5	Digital	120VAC	Stop de emergencia activo
Falla_fuerza	E 3.6	Digital	120VAC	Falla de tensión
RESET	E 3.7	Digital	120VAC	Reset de alarmas
Reserva	E 4.0	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 4.1	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 4.2	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 4.3	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E4.4	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 4.5	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 4.6	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 4.7	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 5.0	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 5.1	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 5.2	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 5.3	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 5.4	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 5.5	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 5.6	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 5.7	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 6.0	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 6.1	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 6.2	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 6.3	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 6.4	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 6.5	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 6.6	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 6.7	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.0	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.1	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.2	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.3	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.4	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.1	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.2	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.3	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.4	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.5	Digital	120VAC	Entrada de reserva

**Tabla 9. Cont.**

<b>Entradas digitales</b>				
Variable	Dirección	Tipo	Tensión	Descripción
Reserva	E 7.6	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	E 7.7	Digital	120VAC	Entrada de reserva
ZSO-V-AC-01	E 8.0	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de descarga de aceite
ZSO-V-FA-01	E 8.1	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de alimentación de fase acuosa
ZSO-V-FA-02	E 8.2	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de descarga de fase acuosa
ZSO-V-MO-01	E 8.3	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de descarga de mostaza
ZSO-V-VI-01	E 8.4	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de descarga de vinagre
ZSO-V-MOVI-01	E 8.5	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de descarga de mostaza/vinagre
ZSO-V-DES-01	E 8.6	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula descarga hacia pulmón
ZSO-V-REC-01	E 8.7	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de recirculación
ZSO-V-VACIO-02	E 9.0	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de alivio vacío
ZSO-V-AGUA-01	E 9.1	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de agua para vacío
ZSO-V-AC-02	E 9.2	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de alimentación de aceite
ZSO-V-VACIO-02	E 9.3	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de liberación de vacío
ZS1-M-AH-01	E 9.4	Digital	120VAC	Posición 1 motor acondicionamiento higiene (tapa arriba)
ZS2-M-AH-01	E 9.5	Digital	120VAC	Posición 2 motor acondicionamiento higiene (tapa abajo)
ZS-M-PR-01	E 9.6	Digital	120VAC	Posición molino armado
LSH-KO-01	E 9.7	Digital	120VAC	Suiche de alto nivel tanque Koruma

Fuente: Richard Quijada

El diagrama de conexión de las entradas y salidas digitales se puede ver en anexo A y B respectivamente.

**Tabla 10. Salidas digitales del PLC**

Salidas digitales				
variable	Dirección	Tipo	Tensión	Descripción
ORD-P-VAC-01	A 0.0	Digital	120VAC	Orden de arranque bomba de vacío
ORD-M-AH-02	A 0.1	Digital	120VAC	Orden de arranque motor de higiene (hacia abajo)
ORD-AG-KO-01	A 0.2	Digital	120VAC	Orden de arranque raspador
ORD-M-PRINC-01	A 0.3	Digital	120VAC	Orden de arranque disho
ORD-P-VI-01	A 0.4	Digital	120VAC	Orden de arranque bomba de vinagre
ORD-P-MO-01	A 0.5	Digital	120VAC	Orden de arranque bomba de mostaza
ORD-P-FA-01	A 0.6	Digital	120VAC	Orden de arranque bomba de fase acuosa
ORD-M-AH-01	A 0.7	Digital	120VAC	Orden de arranque motor de higiene (hacia arriba)
Reserva	A 1.0	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A1.1	Digital	120VAC	Salida de reserva
variable	A 1.2	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	A 1.3	Digital	120VAC	Entrada de reserva
Reserva	A 1.4	Digital	120VAC	Rearme variadores
REARME_VAR	A 1.5	Digital	120VAC	Piloto alarma activa
P_ALARMA	A 1.6	Digital	120VAC	Piloto falla de comunicación
P_FALLO_COMM	A 1.7	Digital	120VAC	Alarma sonora
SIRENA	A 2.0	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula descarga de aceite
ZYO-V-AC-01	A 2.1	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula alimentación de fase acuosa
ZYO-V-FA-02	A 2.2	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula descarga de fase acuosa
ZYO-V-MO-01	A 2.3	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula alimentación de mostaza
ZYO-V-VI-01	A 2.4	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula alimentación de vinagre
ZYO-V-VI-01	A 2.5	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula descarga de vinagre
ZYO-V-MOVI-01	A 2.6	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula descarga de mostaza/vinagre
ZYO-V-DES-01	A 2.7	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula descarga hacia pulmón

**Tabla 10. Cont.**

Salidas digitales				
variable	Dirección	Tipo	Tensión	Descripción
ZYO-V-REC-01	A 3.0	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de recirculación
ZYO-V-VACIO-01	A 3.1	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de alivio de vacío
ZYO-V-AGUA-01	A 3.2	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula de alimentación de agua
ZYO-V-AC-02	A 3.3	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula alimentación de aceite
ZYO-V-VACIO-02	A 3.4	Digital	120VAC	Pos. Abierta válvula liberación de vacío
Reserva	A 3.5	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 3.6	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 3.7	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 4.0	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A4.1	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 4.2	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 4.3	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 4.4	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 4.5	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 4.6	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 4.7	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 5.0	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 5.1	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 5.2	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 5.3	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 5.4	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 5.5	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 5.6	Digital	120VAC	Salida de reserva
Reserva	A 5.7	Digital	120VAC	Salida de reserva

Fuente: Richard Quijada.

**Tabla 11. Entradas analógicas del PLC**

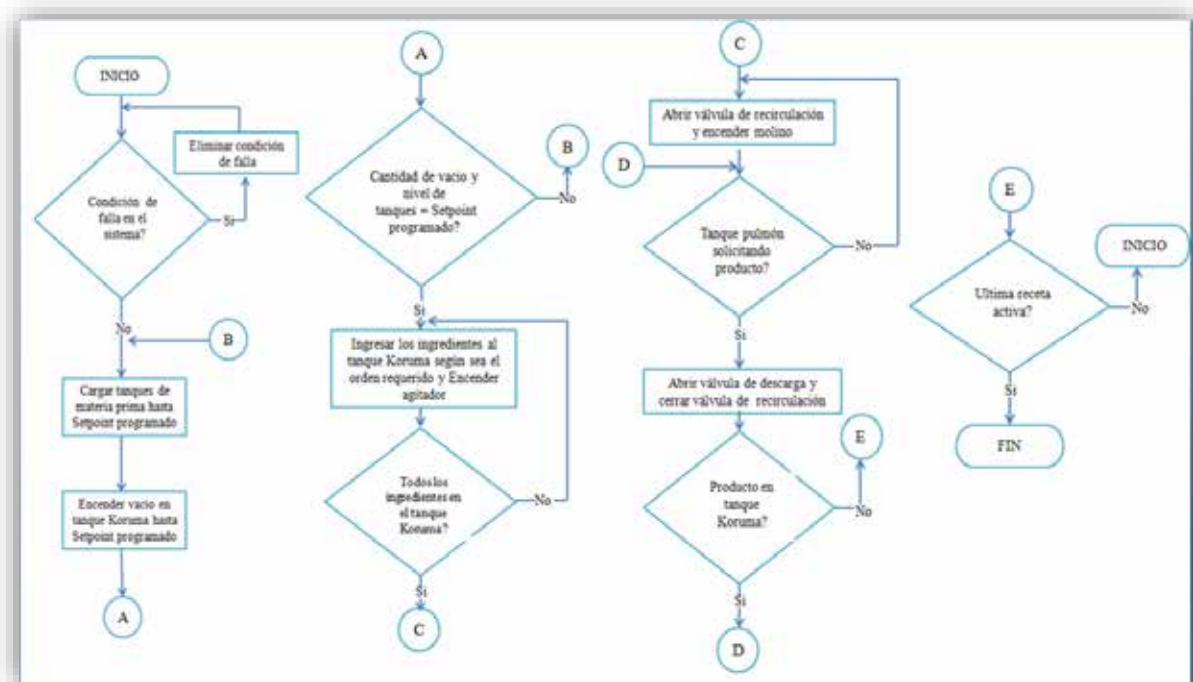
Entradas analógicas			
Variable	Dirección	tipo	Descripción
PT-KO-01	Pew 288	INT	Transmisor de presión
Reserva	Pew 290	INT	Entrada de reserva
Reserva	Pew 292	INT	Entrada de reserva

**Tabla 11. Cont.**

Entradas analógicas			
Variable	Dirección	tipo	Descripción
Reserva	Pew 294	INT	Entrada de reserva
Reserva	Pew 296	INT	Entrada de reserva
Reserva	Pew 298	INT	Entrada de reserva
Reserva	Pew 300	INT	Entrada de reserva

Fuente: Richard Quijada

De igual manera el diagrama de conexión de las entradas analógicas se puede ver en anexo C. Para comprender mejor cómo funciona el control automático en la figura 17, se presenta el diagrama de flujo que sirvió de soporte para realizar la lógica de programación del PLC, donde se describe la secuencia de acciones que debe realizar el equipo para cumplir con su objetivo final, que es obtener un producto terminado que cumpla con los más altos estándares de calidad, como es la tradición de Alimentos Polar.



**Figura 17. Diagrama de flujo del proceso de formulación del tanque Koruma**

Fuente: Richard Quijada

### 5.3.2 Descripción de botones y selectores del tablero de control

La figura 18 muestra la parte frontal del nuevo tablero de control del Koruma.


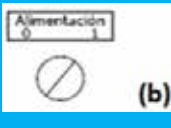
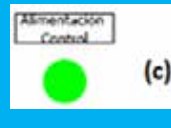





**Figura 18. Parte frontal del nuevo tablero de control del Koruma**

Fuente: Richard Quijada

Se observa que en la parte frontal del tablero de control de Koruma existen una serie de botones, selectores electromecánicos e indicadores luminosos, ubicados en la puerta del tablero de control. Esta botonería permite, entre otras cosas, energizar y desenergizar el sistema. La función de cada elemento se puede apreciar en la tabla 12.

**Tabla 12. Descripción de la botonería del tablero de control Koruma**

 <p>(a)</p>	<p><b>(a) Parada de emergencia:</b> Pulsador tipo hongo que permite desenergizar rápidamente todo el sistema, deteniendo así los equipos que se encuentren encendidos para el momento de su activación.</p>
 <p>(b)</p>	<p><b>(b) Alimentación:</b> Es un selector con llave que permite establecer el paso de energía al sistema, de manera que actúa como interruptor principal. En la posición “1” energiza el sistema y en la posición “0” corta la energía.</p>
 <p>(c)</p>	<p><b>(c) Alimentación de control:</b> Este pulsador -indicador permite energizar los equipos de control del sistema, tales como: PLC y dispositivos de comunicación, iluminándose de color verde cuando esta activado.</p>
 <p>(d)</p>	<p><b>(d) Alimentación de fuerza:</b> Este pulsador permite energizar los accionamientos de potencia, tales como: contactores, variadores de frecuencia, etc. Cuando esta accionado se ilumina de color verde.</p>
 <p>(e)</p>	<p><b>(e) Reinicio de alarma:</b> Este pulsador -indicador permite silenciar la sirena de alarma y reiniciar todas las alarmas del sistema. mientras la condición de alarma este presente permanece encendido en color rojo.</p>
 <p>(f)</p>	<p><b>(f) Piloto de comunicación:</b> Este indicador luminoso de color amarillo se enciende cuando se presenta una falla de comunicación.</p>

Fuente: Richard Quijada

### **5.3.3 Interfaz gráfica del sistema de control y adquisición de datos**

Siguiendo las nuevas tendencias en cuanto al control y monitoreo de procesos productivos en tiempo real que se viene implementando en planta, se diseñó un sistema de supervisión conformado por varias pantallas o ventanas cuya función es representar el proceso de formulación de mayonesa con el tanque Koruma, y permitir al operador ejecutar comandos de las secuencias de arranque/parada de los equipos asociados al mismo. Adicionalmente, el sistema de supervisión brinda la posibilidad de configurar parámetros, controlar el acceso al sistema, gestionar alarmas, registro de históricos, entre otras funciones, por lo que se puede decir que brinda la posibilidad de recolectar y mostrar toda la información del funcionamiento del proceso de formulación en tiempo real. Por lo anteriormente expuesto se diseñó y se implementó la interfaz gráfica para el sistema de control automático del Koruma que se describe a continuación.

#### **5.3.3.1 Pantalla principal del sistema supervisorio**

La pantalla principal del sistema supervisorio será la encargada de permitir la interacción de los operarios y supervisores del área de formulación mayonesa que estén encargados del proceso de preparación de mayonesa con el tanque Koruma, manteniéndolos informados en todo momento del estado del proceso. En esta ventana se muestran todos los equipos involucrados en el proceso de formulación de mayonesa con el tanque Koruma, se permite el control de los actuadores, el manejo de todos los parámetros de arranque y parada de motores, la apertura y el cierre de válvulas, la visualización de información sobre el estado de la receta, además contiene un conjunto de botones y objetos, que cuando son pulsados abren pantallas detalladas (tipo zoom) y una serie de ventanas emergentes que facilitan el acceso a diversos parámetros de configuración del sistema (ver figura 19).

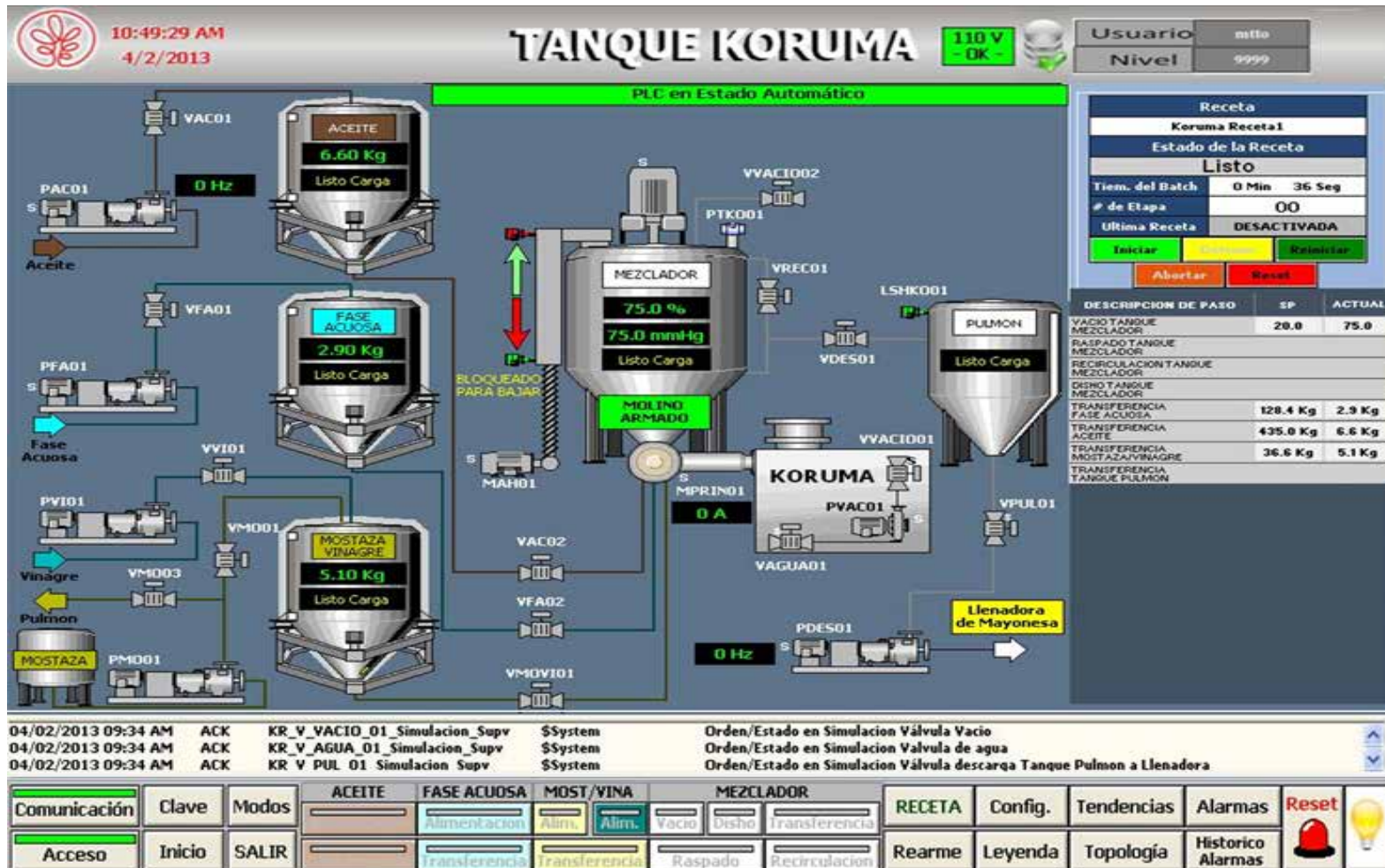


Figura 19. Pantalla principal del sistema supervisorio

Fuente: Richard Quijada

### 5.3.3.2 Barra general de botones

La barra general de botones se encuentra en la parte inferior de todas las pantallas, la misma está conformada por un grupo de botones principales (área dentro del recuadro amarillo), que permiten visualizar el estado de la comunicación con el controlador lógico programable (PLC) y el acceso al sistema, el cambio de usuario, acceder a la ventana principal, seleccionar el modo de operación para cada elemento y salir o apagar el sistema; un grupo de botones navegación (área dentro del recuadro azul), y un grupo de botones de configuración y visualización (área dentro del recuadro rojo), como se puede apreciar en la figura 20.



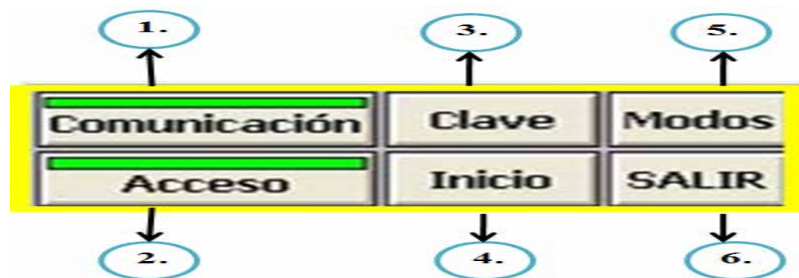
**Figura 20. Barra general de botones**

Fuente: Richard Quijada

A continuación se presenta una descripción de las funciones de cada uno de los botones de las tres áreas de la barra general de botones:

#### Ø Botones Principales

La barra de botones de principales se muestra en la figura 21.



**Figura 21. Botones Principales**

Fuente: Richard Quijada.

1. **Estado de comunicación:** indica por medio de la franja color verde si existe comunicación con el PLC y el sistema de supervisión, en caso contrario la franja se muestra de color rojo.
2. **Acceso:** indica por medio de la franja color verde que un usuario registrado ha iniciado sesión, de no ser así la franja será de color rojo.
3. **Clave:** hace llamado a la pantalla donde se introduce el nombre de usuario y la contraseña correspondiente.
4. **Inicio:** retorna a la pantalla principal, en este caso es la pantalla de inicio del sistema.
5. **Modo:** al presionar este botón, hace llamado a la pantalla que permite escoger el modo de operación de los elementos del sistema, permitiendo al usuario escoger entre tres modos de operación (automático, semiautomático y manual).
6. **Salir:** permite salir del sistema para hacer mantenimiento del mismo o del sistema operativo. Este modo solo estará activo para usuarios de tipo administrador.

### Ø Botones de Navegación

La barra de botones de navegación se muestra en la figura 22.

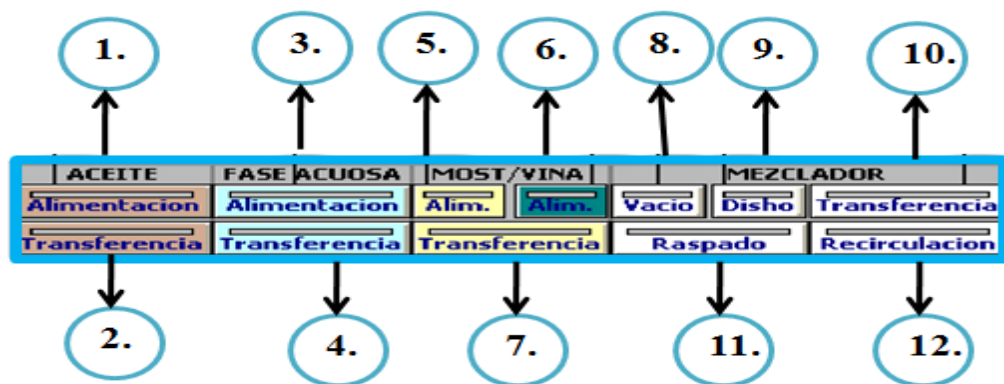


Figura 22. Botones de navegación

Fuente: Richard Quijada

- 1. Alimentación de Aceite:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque de la carga del tanque de aceite.
- 2. Transferencia de Aceite:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque de la descarga del tanque de aceite hacia el tanque mezclador.
- 3. Alimentación de Fase acuosa:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque de la carga del tanque de fase acuosa.
- 4. Transferencia de Fase acuosa:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque de la descarga del tanque de fase acuosa hacia el tanque mezclador.
- 5. Alimentación Mostaza:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque de la carga del tanque de mostaza/vinagre; pero solo con mostaza.
- 6. Alimentación Vinagre:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque de la carga del tanque de mostaza/vinagre; pero solo con vinagre.
- 7. Transferencia de Mostaza/Vinagre:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque de la transferencia del producto contenido en el tanque de mostaza/vinagre hacia el tanque mezclador.
- 8. Vacío:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque de la bomba de vacío del tanque mezclador, de lo contrario esta deshabilitado.
- 9. Disho:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque del motor principal del dispensador homogenizador.
- 10. Transferencia del Tanque Mezclador al Tanque Pulmón:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el

arranque de la transferencia del producto contenido en el tanque mezclador hacia el tanque pulmón.

**11. Raspado:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque del proceso de agitación en el tanque mezclador.

**12. Recirculación:** cuando el sistema está en modo semiautomático, muestra la pantalla para realizar el arranque del proceso de recirculación de producto dentro del tanque mezclador.

### Ø Botones de configuración y visualización

La barra de botones de configuración y visualización se muestra en la figura 23.

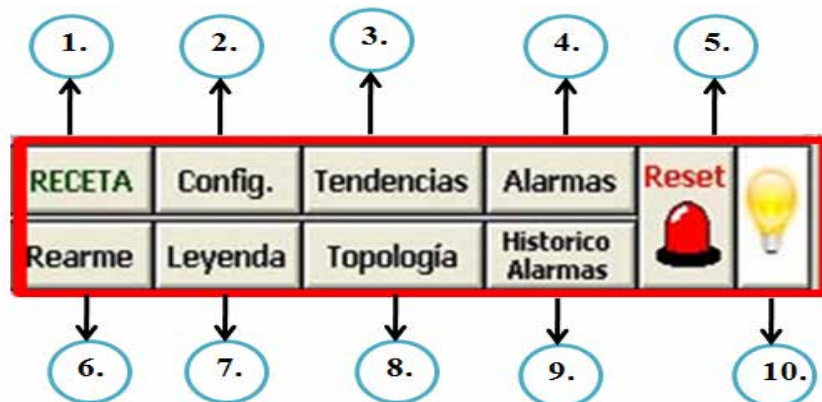


Figura 23. Botones de configuración y visualización

Fuente: Richard Quijada

**1. Receta:** Permite acceder a la pantalla de detalles de las recetas, en donde el operador podrá seleccionar las recetas e iniciar su ejecución, así como también tendrá la opción de modificarlas y crear nuevas recetas de acuerdo con los requerimientos de planta.

**2. Configuración:** Permite el acceso al menú de configuración de parámetros, desde el cual se puede ingresar a las ventanas de tiempos de autómeta, valores

de operación, alarmas analógicas, rangos de trabajo de los equipos, lazos de control, calibración operación de bombas y turnos de trabajo.

**3. Tendencias:** Despliega la pantalla donde se aprecia el comportamiento de las señales de tipo analógico.

**4. Alarmas:** Permite visualizar las alarmas presentes en tiempo real.

**5. Reset:** Permite restablecer las alarmas que estén activadas.

**6. Rearme:** Con este botón se puede iniciar (energizar) desde el supervisorio, los variadores de frecuencia de los motores cuando estos se encuentren desenergizados.

**7. Leyenda:** Permite conocer de forma resumida las principales señales del sistema de control y adquisición de datos.

**8. Topología:** Permite el acceso a la pantalla donde se visualiza la arquitectura del autómatas y el estado de los equipos asociados.

**9. Alarmas históricas:** Muestra una pantalla con todas las alarmas ocurridas en algún momento de la operación, esta información no es volátil.

**10. Documentación:** Con este botón el usuario podrá acceder a la información para el manejo del sistema y la documentación necesaria para la manipulación del tablero de control.

### 5.3.3.3 Resumen de receta

En la parte superior derecha de la pantalla principal se puede observar un resumen de la receta, donde se detalla para cada fase el estado, set point, peso dosificado de cada componente de la formula y que ingrediente se está dosificando. La figura 24, muestra la zona de la pantalla principal correspondiente al resumen de receta. En la parte superior del resumen se encuentran los botones de comando que permiten al operador el control y manejo de la receta.



**Figura 24. Resumen de la receta**

Fuente: Richard Quijada

El botón receta permite acceder a la pantalla de visualización detallada de la receta (ver figura 25), donde se puede observar el progreso de la misma y cada uno de los ingredientes que se estén dosificando. Estas barras estarán en color verde mientras el ingrediente se esté dosificando. Una vez culminada la dosificación cambiara a color amarillo; en caso de presentarse una falla se detendrá y el ingrediente o la fase comenzara a parpadear en amarillo indicando la fase que se encuentra detenida.

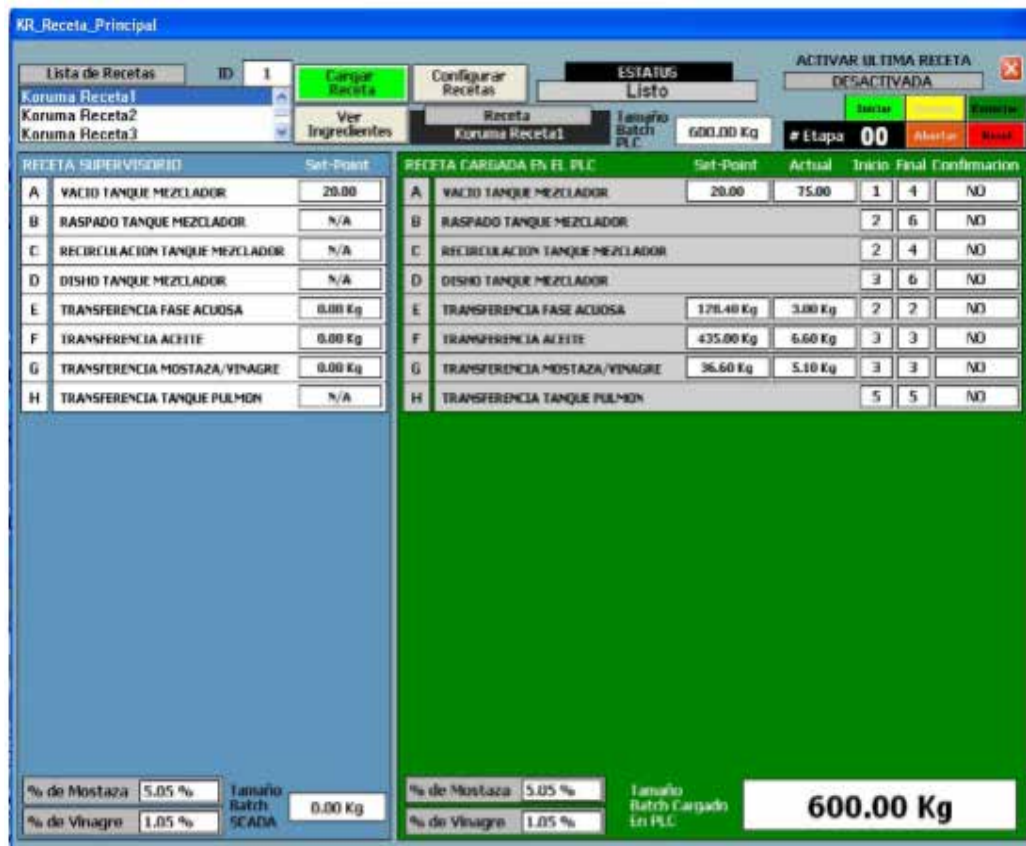


Figura 25. Pantalla de visualización detallada de la receta

Fuente: Richard Quijada

### 5.3.4 Botones de comando de la pantalla de visualización detallada de la receta






La figura 26, muestra estos botones permiten al operador el control y manejo de la receta y en la tabla 13, se describe su funcionamiento.



Figura 26. Botones de comando de la pantalla de visualización detallada de la receta

Fuente: Richard Quijada

**Tabla13. Función de los Botones de comando de la pantalla de visualización detallada de la receta**

Botón	Acción	Habilitado
	Se utiliza para realizar el arranque de la receta	Solo está habilitado cuando la receta esta en Listo.
	Se utiliza para reanudar la receta una vez que este detenida.	Solo está habilitado cuando la receta esta en Detenido.
	Se utiliza para realizar la validación de la receta, si está en abortado, listo, o bloqueado al realizar click a este botón el estado se colocara en Listo siempre y cuando las validaciones sean satisfactorias.	Cuando está Bloqueado, Abortado, Finalizado.
	Se utiliza para detener la fase, pero la mantiene en caso de que el operador decida reiniciarla.	Solo puede ser utilizado cuando la receta esta en Arrancado.
	Se utiliza para cancelar la fase en ejecución.	Solo puede ser realizado cuando la fase esta en Detenido.

Fuente: Richard Quijada

### 5.3.5 Indicador de estado de la receta

En la parte superior de pantalla de visualización detallada de la receta, podemos encontrar un indicador que nos dice el estado de la receta como se puede ver en la figura 27.



**Figura 27. Indicador de estados de la receta**

Fuente: Richard Quijada

A continuación en la tabla 14, se detallan los posibles estados que puede tener una receta:

**Tabla 14. Estados de la receta**

Estado	Descripción
Arrancado	Se muestra cuando la receta ha sido iniciada y esta ejecutándose.
Detenido	Se muestra cuando la receta ha sido detenida estando en el estado arrancado.
Bloqueado	Se muestra cuando la receta no puede seguir ejecutándose debido a que requiere usar equipos que están siendo usados para otros propósitos.
Listo	Se muestra cuando la receta ha culminado su ejecución.
Abortado	Se muestra cuando la receta ha sido abortada.

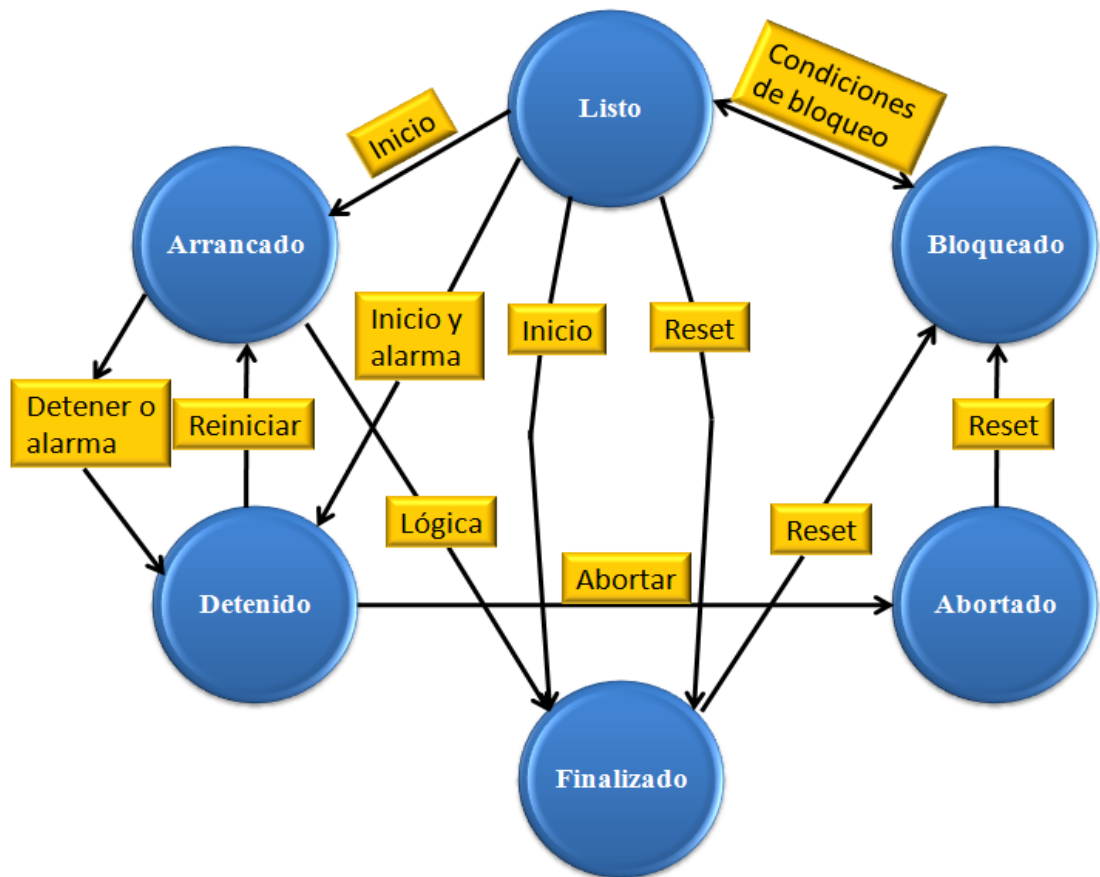
Fuente: Richard Quijada

Para comprender mejor el funcionamiento del sistema se presenta un diagrama de estados, donde se puede observar la secuencia de acciones realizadas por el sistema tomando en cuenta los posibles estados de las recetas tal y como se aprecia en la figura la figura 28. Para el manejo de las recetas el sistema obedece las siguientes transiciones entre los diferentes estados de las recetas y los comandos que interactúan con ellas. Dentro de los círculos se encuentran los estados que las recetas pueden presentar, las flechas direccionan las transiciones posibles entre un estado y otro; los comentarios son los comandos o condiciones de proceso dadas para que la transición pueda ocurrir.

A continuación se describe la lógica de funcionamiento de las fases del sistema:

1. Cuando una receta está inactiva, el estado puede ser listo o bloqueado.

2. El estado bloqueado puede darse de manera inicial para que la receta permanezca inactiva, si esta no ha sido iniciada. Además se puede presentar este estado, cuando la receta esta activa a través de las condiciones de alarma.
3. Cuando la orden de inicio es recibida por el sistema a través de los botones de comando la receta pasa al estado arrancado y ejecuta la lógica programada, desde este estado es posible para la receta pasar a las condiciones de detenido o finalizado.



**Figura 28. Diagrama de estados de la secuencia de acciones del sistema**

Fuente: Richard Quijada

4. El estado detenido puede ocurrir si una condición de alarma se presenta luego de haber ejecutado el comando iniciar.
5. El estado finalizado es mostrado una vez que la receta haya ejecutado la lógica programada.
6. El comando reiniciar normalmente retorna la receta al estado de arrancado.
7. El comando abortar coloca la receta en el estado abortado y salta la lógica programada para culminar la receta; el estado abortado solo aparecerá por cinco segundos, luego la receta se colocara en el estado finalizado. Una vez la receta este en el estado finalizado, el comando reset es habilitado. Si este comando es ejecutado la receta retorna al estado listo.

### 5.3.6 Botones de receta

En la figura 29, se muestran los botones relacionados con la configuración y selección de recetas.



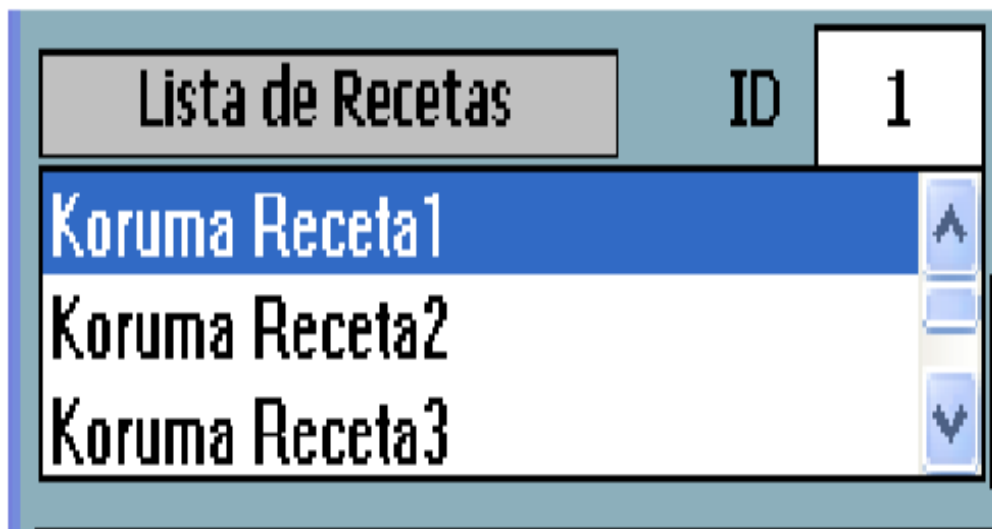
**Figura 29. Botones de receta**

Fuente: Richard Quijada

El botón correspondiente a configurar receta de la figura 29, da acceso a la pantalla de configuración de la misma. Permite realizar cambios en el orden de los ingredientes y los parámetros configurables de cada uno de ellos. Si solo se desea

visualizar la receta sin realizar cambios se puede salir de la ventana presionando el botón salir sin guardar. Los pasos para configurar una receta son:

1. Seleccionar la receta que se desea configurar de la lista que se encuentra en la pantalla de recetas (ver figura 30).



**Figura 30. Lista de receta**

Fuente: Richard Quijada

2. Presionar el botón configurar receta y a continuación se desplegará la pantalla mostrada en la figura 31.
3. Presionar el botón de fase de cada etapa para establecer los parámetros deseados.

Para eliminar una receta de igual manera se debe acceder por configuración de receta seleccionarla y luego presionar el botón eliminar receta que se encuentra en la parte inferior de la pantalla (ver figura 31).

KR\_Receta\_Config

### Recetas

Nombre de la Receta:  Numero de la Receta:

		ID	Set-Point	Pre-Setpoint	Tolerancia	Etapa INI	Etapa FIN	Confirmacion	Tipo de Accion
A	VACIO TANQUE MEZCLADOR	Fase 1	20.00			1	4	ND	I A F
B	RASPADO TANQUE MEZCLADOR	Fase 2				2	6	ND	I A F
C	RECIRCULACION TANQUE MEZCLAD	Fase 3				2	4	ND	I A F
D	DISHO TANQUE MEZCLADOR	Fase 13				3	6	ND	I A F
E	TRANSFERENCIA FASE ACUOSA	Fase 8	21.40 %	100.00 %	10.00 %	2	2	ND	I A F
F	TRANSFERENCIA ACEITE	Fase 9	72.50 %	100.00 %	10.00 %	3	3	ND	I A F
G	TRANSFERENCIA MOSTAZA/VINAGR	Fase 10	6.10 %	100.00 %	10.00 %	3	3	ND	I A F
H	TRANSFERENCIA TANQUE PULMON	Fase 11				5	5	ND	I A F
I		Fase 0				0	0	ND	I A F
J		Fase 0				0	0	ND	I A F
K		Fase 0				0	0	ND	I A F
L		Fase 0				0	0	ND	I A F
M		Fase 0				0	0	ND	I A F
N		Fase 0				0	0	ND	I A F
O		Fase 0				0	0	ND	I A F
P		Fase 0				0	0	ND	I A F
Q		fase 0				0	0	ND	I A F
R		fase 0				0	0	ND	I A F
S		Fase 0				0	0	ND	I A F
T		Fase 0				0	0	ND	I A F

% de Mostaza  % de Vinagre  **TOTAL RECETA %**

**Figura 31. Ventana de configuración de recetas**

Fuente: Richard Quijada

### 5.3.7 Pantalla de Control de Acceso

Esta pantalla permite acceder al manejo del sistema con la introducción del nombre de usuario y clave respectiva. Cada usuario registrado en el sistema posee un nivel de acceso determinado; y según el nivel de acceso asignado posee privilegios y restricciones (ver figura 32).



**Figura 32. Pantalla de Control de Acceso**

Fuente: Richard Quijada

En total hay tres niveles disponibles para los usuarios del sistema: operador, supervisor y mantenimiento.

- Ø **Operador:** Este nivel es operativo, y permite al usuario el acceso solo a pantallas relacionadas con la operación del proceso, tales como: arranque y parada de equipos, pero no a la configuración de parámetros.
- Ø **Supervisor:** Este nivel permite al usuario el acceso a las pantallas de operación y además a las de configuración de parámetros del sistema.
- Ø **Administrador y mantenimiento:** Este nivel permite al usuario tener acceso a todo el sistema, salir del mismo, configurar cuentas de usuarios y acceso a todas las pantallas del sistema SCADA.

### 5.3.8. Pantalla de modos de operación

A través de esta pantalla es posible modificar el modo de operación de cada fase del proceso: automático, semiautomático y manual. Para lo cual se debe escoger la fase deseada y luego escoger el modo.

A continuación se detalla cada modo de operación:

**1. Modo de operación automático:** En el modo de operación automático el arranque y parada de las fases se hace desde el sistema supervisorio a través de la receta. Al arrancar la receta, los equipos pertenecientes a las fases correspondientes arrancan automáticamente siguiendo la secuencia de arranque. En este modo se requiere que los selectores de los motores estén en posición automático y no deben existir fallas activas en los equipos, (ver figura 33).



Figura 33. Pantalla de modo de operación automático seleccionado

Fuente: Richard Quijada

**2. Modo de operación semiautomático:** En el modo de operación semiautomático el arranque y parada de las fases lo hace el operador desde el sistema supervisorio. Al arrancar una fase, los equipos pertenecientes a las fases correspondientes arrancan automáticamente siguiendo la secuencia de arranque. En este modo se requiere que los selectores de los motores estén en posición automático y no deben existir fallas activas en los equipos, (ver figura 34).

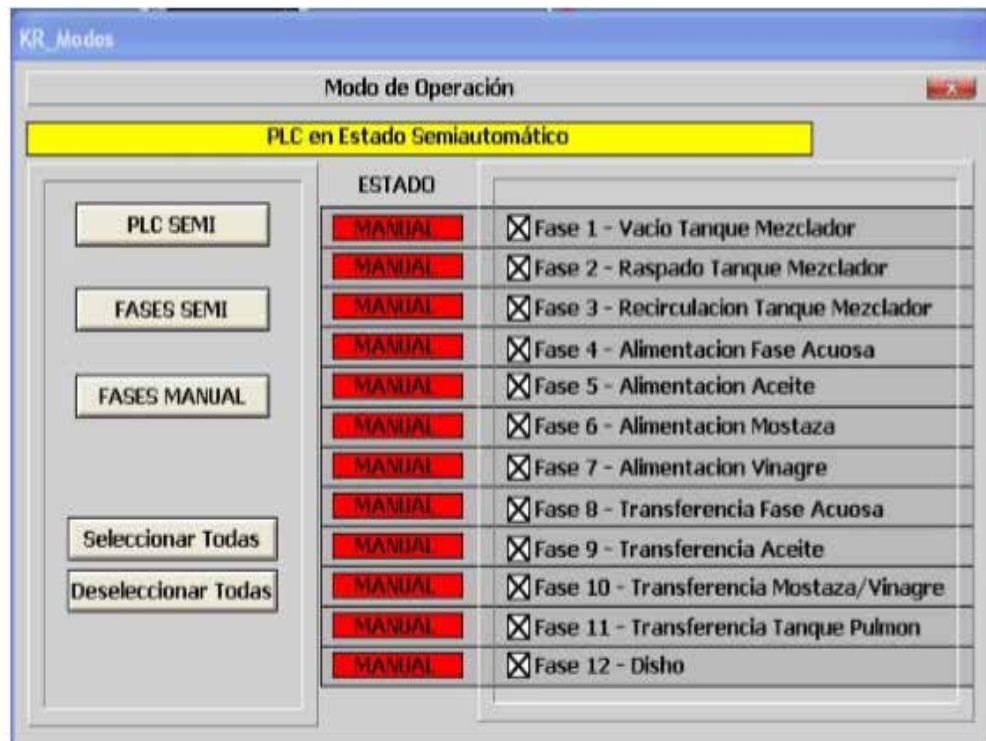


**Figura 34. Pantalla de modo de operación semiautomático seleccionado**

Fuente: Richard Quijada

**3. Modo de operación manual:** Este modo de operación se ejecuta desde el sistema supervisorio, motor por motor, respetando la secuencia de arranque de los equipos. Para arrancar o para un motor se pulsa sobre el icono del mismo, lo cual despliega la pantalla de accionamiento manual correspondiente al elemento seleccionado. En este modo se requiere que el selector del motor esté en

posición automático y no deben existir fallas activas en el equipo, (ver figura 35).



**Figura 35. Pantalla de modo de operación manual seleccionado**

Fuente: Richard Quijada

### 5.3.9. Menú de configuración

La figura 36, muestra la pantalla correspondiente al menú de configuraciones del sistema, entre la cuales se encuentran: configuración de tiempos de autómatas, valores de operación, alarmas analógicas, rangos de trabajo de los equipos, lazos de control, calibración operación de bombas y turnos de trabajo. A continuación se da una breve explicación de la función que cumple cada uno de los botones de la pantalla de configuración del sistema:



**Figura 36. Menú de configuración del sistema**

Fuente: Richard Quijada

### 1. Botón tiempos de Autómata

El botón tiempos de autómatas da acceso a la configuración de los parámetros de tiempo de detección y/o activación de sensores, activación de alarma de falla de arranque de motores y falla de posición de válvulas entre otros como se puede apreciar en la figura 37.



**Figura 37. Pantalla de configuración de tiempos de autómata**

Fuente: Richard Quijada

## 2. Botón de valores de operación

Este botón permite el ajuste de los valores operativos, tales como: tolerancia de cero de cada uno de los tres tanques de materia prima, velocidad de la bomba de suministro de aceite, ajuste de tiempo de detección de fallas en el suministro de los ingredientes de la formula, ajuste del tamaño del batch a preparar y rangos de operación de los parámetros de vacío entre otros, como se puede observar en la figura 38.

The screenshot shows a software window titled 'KR\_Configuracion\_Datos' with a sub-header 'Valores de Operacion'. The window is divided into several sections, each with a title and a list of parameters with their current values:

Tolerancia Cero	
Tolerancia Cero del Tanque de Aceite	10.00 Kg
Tolerancia Cero del Tanque de Fase Acuosa	10.00 Kg
Tolerancia Cero del Tanque de Mostaza/Vinagre	10.00 Kg

Velocidad	
Velocidad dosificación gruesa de bomba de Aceite	0.00 Hz
Velocidad de dosificación Fina Bomba de Aceite	0.00 Hz

Tiempo	
Tiempo para Falla de Suministro de Aceite	A 100 Seg
Tiempo para Falla de Suministro de Fase Acuosa	A 60 Seg
Tiempo para Falla de Suministro de Mostaza	A 60 Seg
Tiempo para Falla de Suministro de Vinagre	A 60 Seg

Cantidad	
Tamaño Estandar del Batch	600.00Kg

Rango de Operacion Arranque de Fase de Vacio	
Vacio	
Dato a Sumar al Valor de la Fase (Rango Superior)	5.00 %
Dato a Restar al Valor de la Fase (Rango Inferior)	5.00 %

Figura 38. Pantalla de configuración de valores de operación

Fuente: Richard Quijada

### 3. Botón de Alarmas Analógicas

La figura 39, muestra la pantalla que se despliega al presionar el botón de alarmas analógicas y se puede observar que esta, da acceso a la configuración de los valores de los límites inferiores y superiores que el sistema compara y de acuerdo a la medición real, despliega las alarmas correspondientes a peso de los tanques, presión y consumo de corriente del motor principal de Disho (Dispensador homogenizador).



	Minimo	Maximo
Transmisor de Presión en Tanque Mezolador	A 15.00 %	A 800.00 %
Transmisor de Peso Tanque de Aceite	A 0.00Kg	A 500.00Kg
Transmisor de Peso Tanque de Fase Acuosa	A 0.00Kg	A 500.00Kg
Transmisor de Peso Tanque de Mostaza/Yinagre	A 0.00Kg	A 500.00Kg
Corriente de Molino	A 0.00 A	A 0.00 A

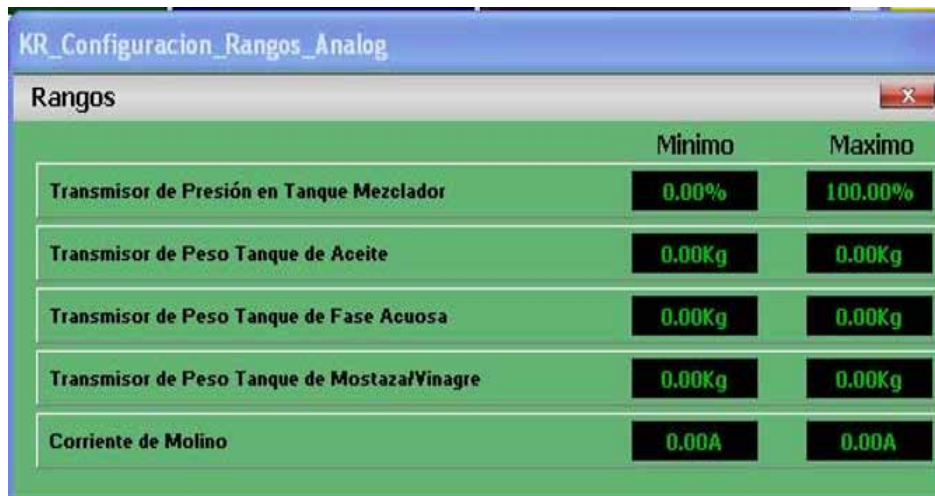
**Figura 39. Pantalla de configuración de Alarmas Analógicas**

Fuente: Richard Quijada

### 4. Botón rango de equipos

El botón de rango de equipos da acceso a la configuración de los rangos de medición de los instrumentos analógicos del sistema tales como: transmisor de presión, de nivel, de peso y consumo de corriente del Disho. Cuando un instrumento es reemplazado se debe validar que el rango de

operación del equipo sea configurado en el sistema a través de la pantalla mostrada en la figura 40.



The screenshot shows a software window titled 'KR\_Configuracion\_Rangos\_Analog' with a sub-header 'Rangos'. It contains a table with two columns: 'Minimo' and 'Maximo'. The rows represent different sensors and their configured ranges.

	Minimo	Maximo
Transmisor de Presión en Tanque Mezclador	0.00%	100.00%
Transmisor de Peso Tanque de Aceite	0.00Kg	0.00Kg
Transmisor de Peso Tanque de Fase Acuosa	0.00Kg	0.00Kg
Transmisor de Peso Tanque de Mostaza/Vinagre	0.00Kg	0.00Kg
Corriente de Molino	0.00A	0.00A

**Figura 40. Pantalla de configuración de Rangos Analógicos**

Fuente: Richard Quijada

## 5. Botón de turnos

Este botón da acceso a la configuración del inicio y final de cada uno de los turnos de trabajo como se observa en la figura 41.



The screenshot shows a software window titled 'KR\_Configuracion\_Turnos' with a sub-header 'Configuracion de Turnos'. It contains a table with columns for 'INICIO' and 'FINAL'. Each row represents a shift with a checked checkbox and specific start/end times.

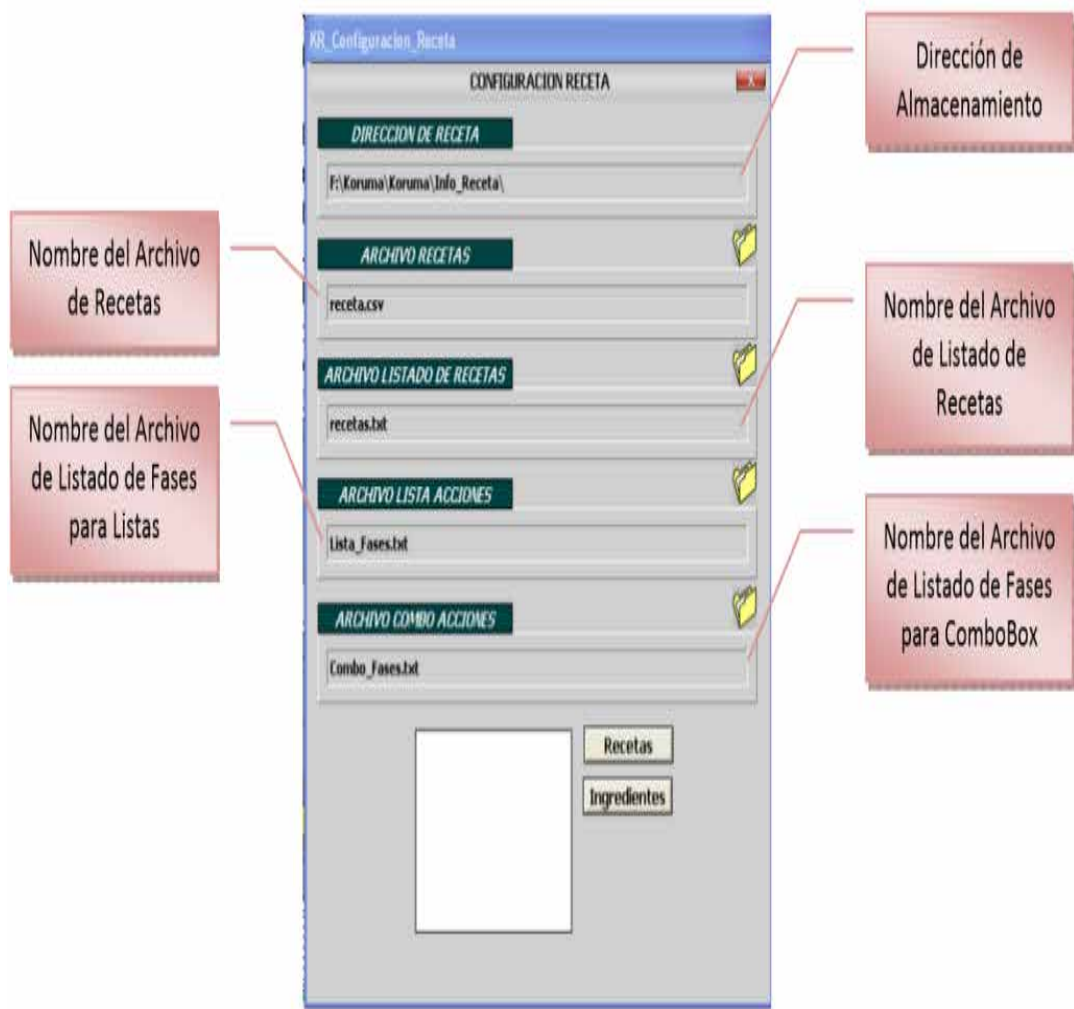
	INICIO	FINAL
<input checked="" type="checkbox"/> Primer Turno	06 01 AM	12 00 PM
<input checked="" type="checkbox"/> Segundo Turno	12 01 PM	06 00 PM
<input checked="" type="checkbox"/> Tercer Turno	06 01 PM	12 00 AM
<input checked="" type="checkbox"/> Cuarto Turno	12 01 AM	06 00 AM

**Figura 41. Pantalla de configuración de turnos de trabajo**

Fuente: Richard Quijada

## 6. Botón recetas

Este botón es utilizado para configurar donde están ubicados los archivos que se utilizan para guardar y mostrar la información sobre las recetas utilizadas como se observa en la figura 42.



**Figura 42. Pantalla de visualización de archivos de las recetas**

Fuente: Richard Quijada

## 7. Botón SQL

Este botón es utilizado para definir si el sistema trabajará con SQL; si realizara el guardado automático de las recetas realizadas, la cadena para realizar la conexión con el servidor SQL y el nombre del equipo en donde se almacenaran los datos (ver figura 43).

The screenshot shows a software window titled "KR\_Configuracion\_SQL" with a sub-header "CONFIGURACION SQL". The window contains several sections:

- Trabajar con SQL:** A checkbox that is checked. A callout box on the left says "Habilita si se Almacena la información de las" and a callout box on the right says "Indica si se va a trabajar con SQL".
- Habilitar Guardado de Recetas:** A checkbox that is checked.
- CADENA DE CONEXION:** A text field containing the connection string: `driver={SQL Server};server=localhost;database=Koruma;uid=sa;pwd=koruma;Timeout=2`. A callout box on the right says "Establece la Cadena de Conexión con el Servidor".
- INFO CONEXION:** A text field displaying "No errors occurred". A callout box on the left says "Indica si existen errores en la conexion".
- ESTATUS DE CONEXION:** A text field displaying "CONECTADA". A callout box on the right says "Indica el estado de la Conexión con el servidor".
- NOMBRE DEL EQUIPO:** A text field displaying "SCADA\_KORUMA". A callout box on the left says "Establece el nombre del equipo encargado de almacenar la información en el servidor".

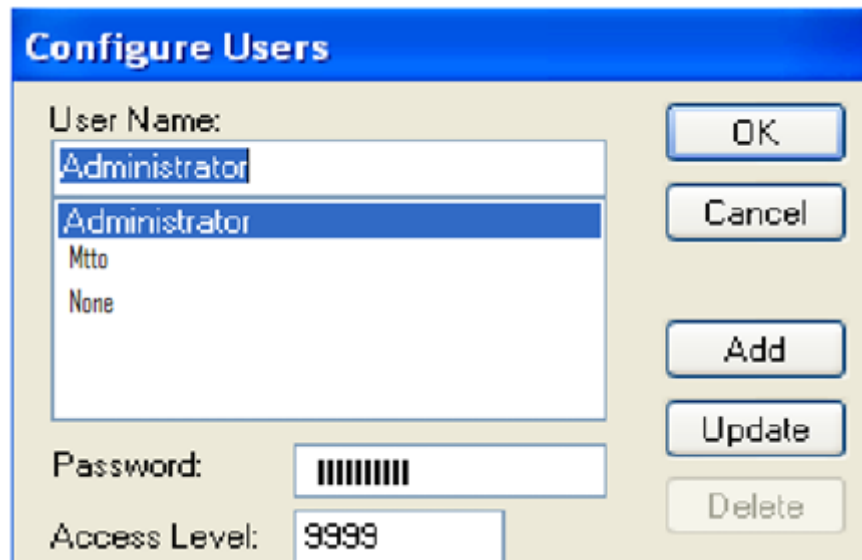
At the bottom of the window are two buttons: "Conectar" and "Desconectar".

### Figura 43. Pantalla de configuración de base de datos de las recetas

Fuente: Richard Quijada

#### 8. Botón usuarios

Este botón se utiliza para definir los usuarios, las claves y los niveles de acceso al sistema SCADA. Al presionarlo se despliega la ventana que se observa en la figura 44.



The image shows a 'Configure Users' dialog box. It features a blue title bar with the text 'Configure Users'. Below the title bar, there is a 'User Name:' label followed by a text input field containing 'Administrator'. Underneath this is a list box with three items: 'Administrator' (highlighted), 'Mtto', and 'None'. To the right of the list box are five buttons: 'OK', 'Cancel', 'Add', 'Update', and 'Delete'. At the bottom of the dialog, there are two more fields: 'Password:' followed by a masked input field (represented by ten vertical bars), and 'Access Level:' followed by an input field containing '9999'.

Figura 44. Ventana de configuración de usuarios

Fuente: Richard Quijada

#### 9. Botón calibración de pesaje

Este botón despliega una pantalla como la que se muestra en la figura 45 correspondiente a la calibración del pesaje de mostaza/vinagre; de igual manera despliega una ventana similar para el aceite y la fase acuosa, mediante la cual es posible calibrar los módulos de pesaje en el PLC. Estos parámetros solo deberían ser modificadas en caso de que ocurra un desajuste en la medición de peso de cualquiera de los componentes de la formula.



**Figura 45. Ventana de calibración de pesaje de los ingredientes**

Fuente: Richard Quijada

El sistema brinda la posibilidad de calibrar los módulos de pesaje asociados a cada tanque (aceite, fase acuosa y mostaza/vinagre), para realizar este procedimiento se deben tener privilegios de supervisor o administrador, y ejecutar los siguientes pasos para la exitosa calibración del Módulo:

- a. El peso en el tanque a calibrar debe estar en cero es decir el tanque debe estar vacío.
- b. Presionar el botón calibración de cero y se observa el recuadro ajustando cero parpadeando en rojo, cuando este fijo significa que ya se calibró el cero.

- c. Se debe introducir en el campo de la pantalla destinado para esto el peso patrón, y pulsar el botón patrón aceptado, se debe validar que el valor se haya cargado correctamente.
- d. Llevar el peso del tanque hasta la cantidad deseada y pulsar el botón calibración de span, el recuadro ajustando comienza a parpadear, cuando este fijo la calibración del span ha culminado.

El ajuste de estos parámetros es extremadamente delicado porque podría afectar el correcto funcionamiento de las recetas, solo debe realizarse por el personal autorizado y que comprenda los riesgos de la ejecución incorrecta de este procedimiento.

#### **5.4. Pantalla de tendencias**

La pantalla de tendencias permite la visualización de los registros históricos del comportamiento de las variables que el sistema maneja. A través de esta pantalla se puede visualizar el comportamiento de una determinada variable (nivel, presión, velocidad, etc.), a través de un intervalo de tiempo determinado. En la pantalla se pueden ver hasta ocho variables simultáneamente, esto ayuda a la hora de comparar tendencias o comportamientos de diferentes variables asociadas a un mismo proceso. En la figura 46, se muestra la pantalla de tendencias del sistema supervisorio.

El área de visualización y control de gráficas, es una ventana de tiempo modificable en la cual se dibujan las gráficas representativas de las variables seleccionadas. En la figura 46 se puede apreciar un área identificada como grupo de graficas; en estos botones se encuentran programados los grupos de variables que corresponden a una parte de proceso que requiera ser analizado. Las variables seleccionadas poseen una columna destinada para mostrar información sobre lo que se está graficando como se aprecia en la figura 47; aquí se muestran los nombres de las variables que están siendo graficadas en el momento. Cada recuadro muestra el nombre de una variable, color con el cual está representada en la pantalla y los valores en la escala.

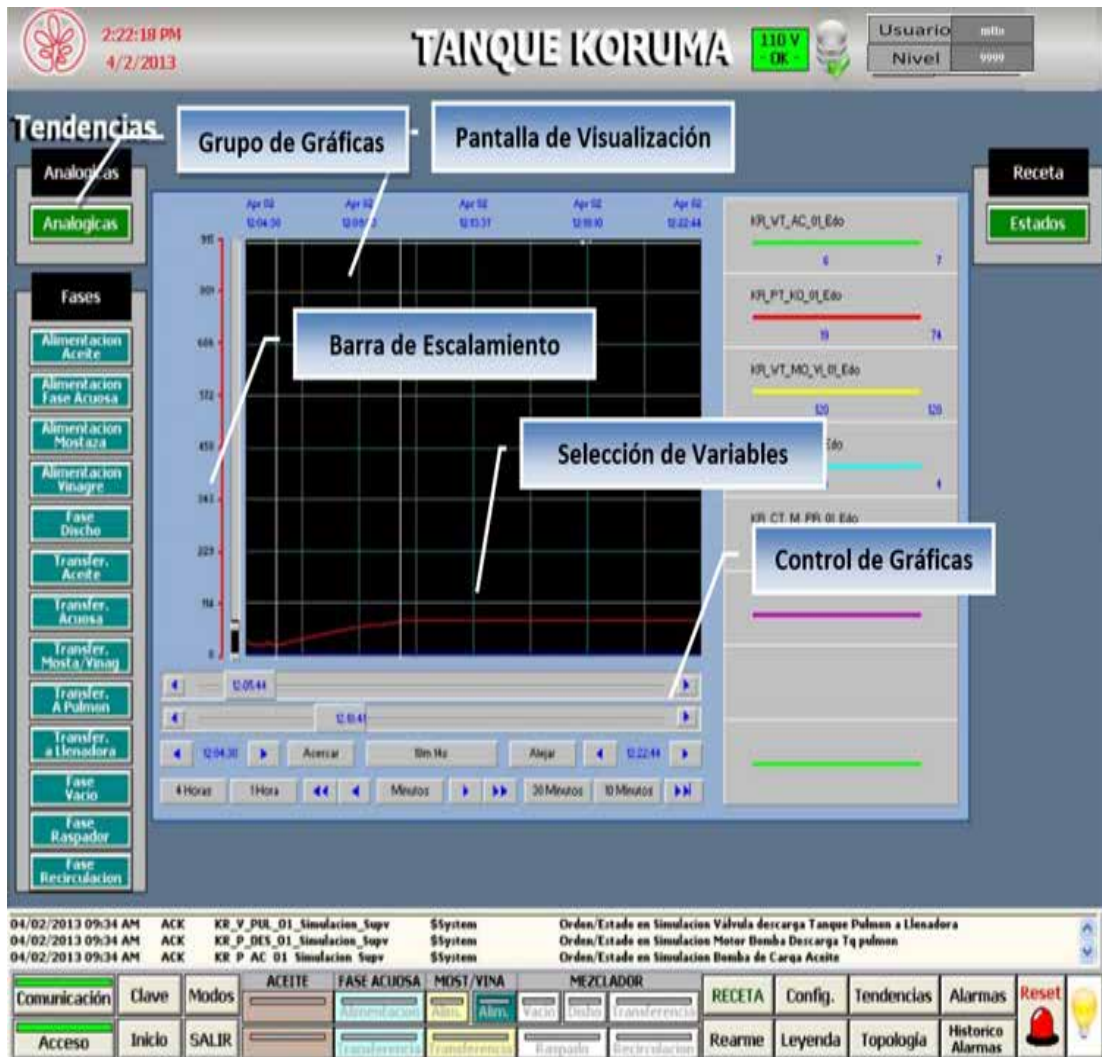


Figura 46. Pantalla de tendencias

Fuente: Richard Quijada



Figura 47. Leyenda de las graficas

Fuente: Richard Quijada

## 5.5. Pantalla de histórico de alarmas

La pantalla de histórico de alarmas todas las fallas generadas durante el proceso son registradas en una base de datos de manera permanente, a través de esta pantalla se obtienen las lecturas de esos registros, así como también el momento preciso en que se presentó la falla, cuando fue reconocida y cuando fue restablecida la condición de falla. la pantalla alarmas históricas se puede ver en la figura 48.

Time	State	Class	Type	Priority	Name	Group	Provider	Value	
04/02/2013 09:3...	Orden Estado en Simulacion Válvula descarga Tanque Pulmon a Ue...				KR_V_VLV_01_Simulacion...	ACK	DSC	\$System	ON
04/02/2013 09:3...	Orden Estado en Simulacion Motor Bomba Descarga Tq pulmon				KR_P_DES_01_Simulacion...	ACK	DSC	\$System	ON
04/02/2013 09:3...	Orden Estado en Simulacion Bomba de Carga Aceite				KR_P_AC_01_Simulacion...	ACK	DSC	\$System	ON
04/02/2013 09:3...	Orden Estado en Simulacion Bomba de Carga Fase Acuosa				KR_P_FA_01_Simulacion...	ACK	DSC	\$System	ON
04/02/2013 09:3...	Orden Estado en Simulacion Motor Ajuste para Higiene				KR_M_AH_01_Simulacion...	ACK	DSC	\$System	ON
04/02/2013 09:3...	Condicion de Simulacion de la Sonda Sensor nivel Ulenadora				KR_LSH_LL_01_Simulacion	ACK	DSC	\$System	ON

Figura 48. Pantalla de alarmas históricas

Fuente: Richard Quijada

## 5.6. Pantalla Alarmas

La pantalla alarmas permite visualizar de manera detallada la información correspondiente a las diferentes señales consideradas como alarmas que estén activas y reconocidas del proceso en tiempo real. Indicando en columnas hora, fecha, estado y descripción de alarma o falla, tal como se muestra en la figura 49.

2:26:33 PM  
4/2/2013

TANQUE KORUMA

110 V  
OK

Usuario: admin  
Nivel: Oper

### Alarmas Actuales

Time	Alarm Comment	Name	State	Type	Group	Value
04/02/2013 09:3...	Orden/Estado en Simulacion Valvula descarga Tanque Pulmon a Lis...	KR_V_PUL_01_Simulacion...	ACK	DSC	\$System	ON
04/02/2013 09:3...	Orden/Estado en Simulacion Motor Bomba Descarga Tq pulmon	KR_P_DES_01_Simulacion...	ACK	DSC	\$System	ON
04/02/2013 09:3...	Orden/Estado en Simulacion Bomba de Carga Aceite	KR_P_AC_01_Simulacion...	ACK	DSC	\$System	ON
04/02/2013 09:3...	Orden/Estado en Simulacion Bomba de Carga Fase Acuosa	KR_P_FA_01_Simulacion...	ACK	DSC	\$System	ON
04/02/2013 09:3...	Orden/Estado en Simulacion Motor Ajuste para Higien	KR_M_AH_01_Simulacion...	ACK	DSC	\$System	ON
04/02/2013 09:3...	Condicion de Simulacion de la Sonda Sensor nivel Llenadora	KR_LSH_LL_01_Simulacion	ACK	DSC	\$System	ON

Displaying 1 to 6 of 6 alarms. Default Query 100% Complete

04/02/2013 09:34 AM ACK KR\_V\_PUL\_01\_Simulacion\_Supv \$System Orden/Estado en Simulacion Valvula descarga Tanque Pulmon a Llenadora  
 04/02/2013 09:34 AM ACK KR\_P\_DES\_01\_Simulacion\_Supv \$System Orden/Estado en Simulacion Motor Bomba Descarga Tq pulmon  
 04/02/2013 09:34 AM ACK KR\_P\_AC\_01\_Simulacion\_Supv \$System Orden/Estado en Simulacion Bomba de Carga Aceite

Comunicación Clave Modos ACETE FASE ACUOSA MOST/VENA MEZCLADOR Config. Tendencias Alarmas Reset  
 ALCERNO Inicio SALIR

**Figura 49. Pantalla de alarmas actuales**

Fuente: Richard Quijada

### 5.7. Ventanas de alarmas emergentes

Las ventanas de alarmas emergentes son desplegadas por el sistema supervisorio cuando el autómata detecta la ocurrencia de alguna falla. Estas alarmas pueden ser de diversos tipos tales como: disparo magnetotérmicos, niveles altos, niveles bajos, presiones altas, presiones bajas, etc.

### 5.7.1 Alarma de falla de potencia

Se activa cuando se produce una baja de tensión en la línea de 110 VAC del tablero de control, (ver figura 50).



**Figura 50. Alarma de falla de potencia**

Fuente: Richard Quijada

### 5.7.2 Alarma de falla de comunicación

Se activa cuando ocurre una falla de comunicación entre el PLC y el sistema supervisorio, (ver figura 51).



**Figura 51. Alarma de falla de comunicación**

Fuente: Richard Quijada

### 5.7.3 Alarma de máximo y mínimo peso

Se activa cuando el peso del producto indicado por el transmisor (WT), es diferente a la referencia establecida, tanto para el máximo como para el mínimo peso configurado en los parámetros de trabajo del sistema.(ver figuras 52 y 53).



**Figura 52. Alarma de falla de bajo peso**

Fuente: Richard Quijada



**Figura 53. Alarma de alto peso**

Fuente: Richard Quijada

#### 5.7.4 Alarma de máxima y mínima presión

Se activa cuando la presión del tanque Koruma, indicada por el transmisor, es diferente a la referencia establecida, tanto para la máxima como para la mínima presión configurada en los parámetros de trabajo del sistema. (ver figuras 54 y 55).



**Figura 54. Alarma de baja presión**

Fuente: Richard Quijada



**Figura 55. Alarma de alta presión**

Fuente: Richard Quijada

### 5.7.5 Alarma de disparo magnetotérmico

Se activa cuando la corriente de un motor determinado, excede el límite establecido, (ver figura 56).



**Figura 56. Alarma de disparo magnetotérmico**

Fuente: Richard Quijada

### 5.7.6 Falla de arranque

Se activa cuando se le da arranque a un motor y cierto tiempo después el motor no arranca; este tiempo es controlado y monitoreado por la sección de tiempos del autómatas, (ver figura 57).



**Figura 57. Alarma de arranque**

Fuente: Richard Quijada

### 5.7.7 Falla de apertura y cierre de válvulas

Se activa cuando la orden de apertura o cierre de una válvula no envía la señal de posicionamiento en el tiempo establecido, (ver figura 58).



**Figura 58. Alarma de apertura**

Fuente: Richard Quijada

## 5.9. Ventanas de accionamientos

Permiten la operación de los distintos equipos involucrados en el proceso.

### 5.9.1 Ventana de arranque y parada en modo manual de motores

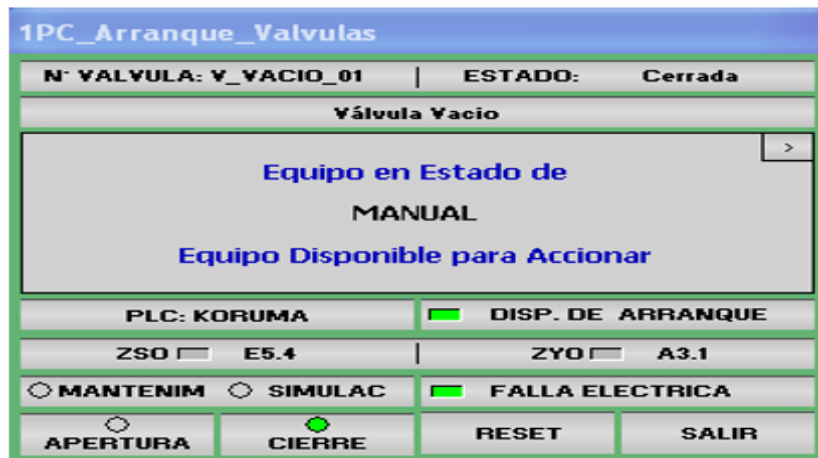
Al pulsar directamente sobre un motor se despliega una ventana emergente como la que se observa en la figura 59, esta permite el arranque y parada del motor seleccionado por el operador, siempre y cuando la fase a la cual pertenezca se encuentre en el modo manual.



**Figura 59. Ventana de arranque y parada en modo manual de motores**  
Fuente: Richard Quijada

### 5.9.2 Ventana de apertura y cierre en modo manual de válvulas

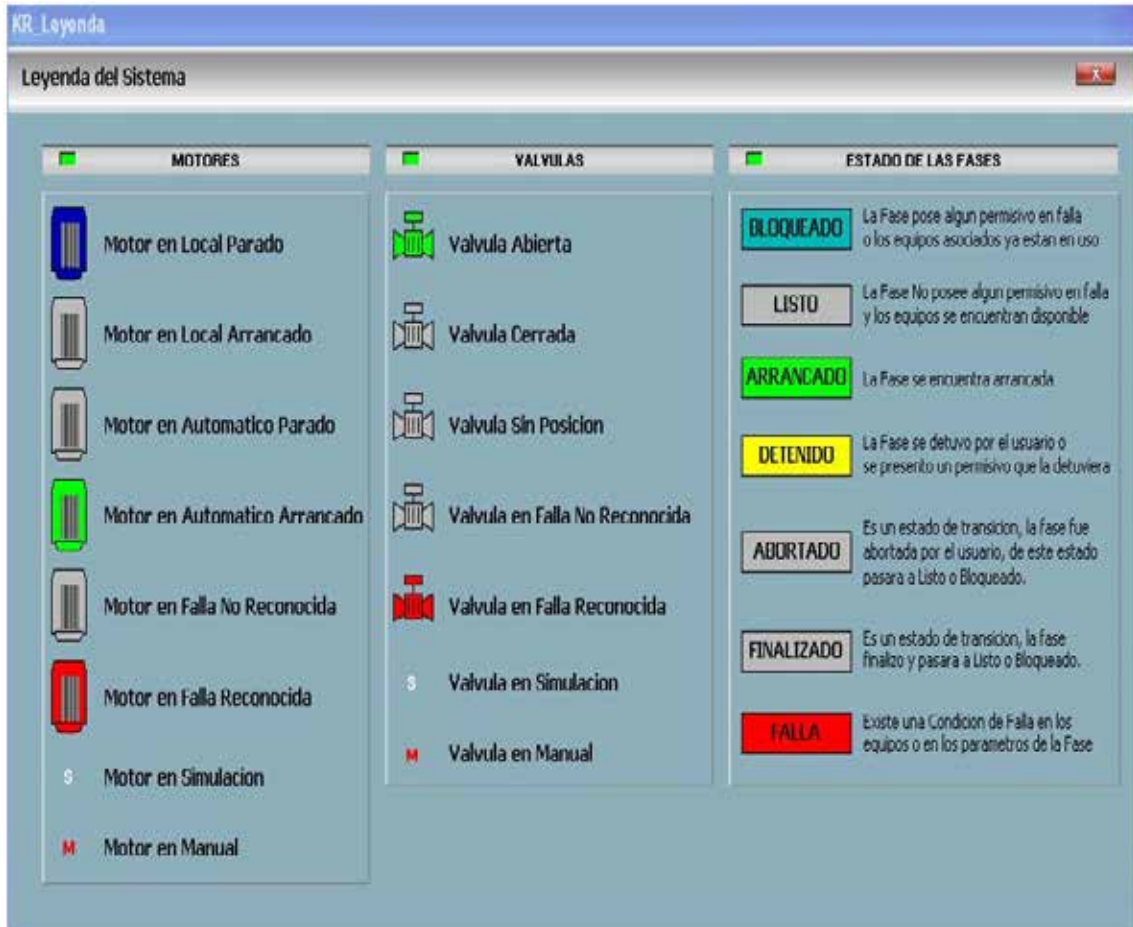
Al igual que los motores, al presionar directamente sobre cualquier válvula, se despliega una ventana permite el accionamiento de las diferentes válvulas, siempre y cuando la fase a la que pertenezca se encuentre en modo manual, esta ventana es mostrada en la figura 60.



**Figura 60. Ventana de apertura y cierre en modo manual de válvulas**  
Fuente: Richard Quijada

## 5.8. Pantalla de leyendas del sistema

Esta pantalla tal y como se observa en la figura 61, proporciona información acerca de símbolos de la animación de bombas, motores, válvulas y tuberías.



**Figura 61. Pantalla de leyendas del sistema**

Fuente: Richard Quijada

## 5.9. Pantalla de topología de elementos de comunicación

El botón topología despliega de forma ilustrativa como se aprecia en la figura 62, una pantalla donde se observa la distribución topológica de las redes de

comunicación que son utilizadas por el sistema. Además se pueden observar los equipos que forman parte de las redes de cada proceso.

**TANQUE KORUMA** 110 V OK

Usuario: mltm  
Nivel: 9999

2:27:21 PM  
4/2/2013

**CONTADORES**  
SUPV: 27839  
PLC: 27859

COMPUTADOR SCADA  
IP #: 192.168.1.3

VER DIAGRAMA

RED PROFIBUS OK

Abrir Tablero

Módulos Utilizados	
1	IES7315-2AF10-0A00 Simatic 57-300, CPU 315-2 DP
2	IES7310-1AF20-0A00 Rack 530mm
3	IES7307-1EA01-0A00 Fuente 5 A
1	IES7307-1EA01-0A00 Fuente 2 A
5	IES7321-1FH10-0A00 Módulo IS Entrada 110 VAC
0	IES7321-1BH10-0A00 Módulo IS Entrada 24 VDC
3	IES7322-1PH10-0A00 Módulo IS Salida a Relé
1	IES7321-1VF02-0A00 Módulo de Entradas Analógicas
0	IES7321-1VD10-0A00 Módulo de Salidas Analógicas
11	IES7310-1AJ00-0A00 Conector de 20 Pines
1	6RS224-1BB10-2AA3 Scalex X005
2	7MH4000-2AA01 Módulo Simatic U 2 canales
2	3RT1035-1AG20 Contactor Trípolar, 40A, 110 AC
2	ARC 2000-1 Transform. 2KVA, 440-220-110 VAC
2	NS00HMA50 Interrupt. Trípolar, Termomag, 50A
6	2495 Breaker Multi 9, 1A
11	2499 Breaker Multi 9, 6A
3	2401 Breaker Multi 9, 10A
2	2403 Breaker Multi 9, 16A
4	3RV1011-1AG10 Guardamotor, 4.5...8.3A
2	3RT1023-1AG20 Contac. Trípolar, 5A, Bob. 110 VAC
2	NS250HMA250 Interrupt. Trípolar, Termomag, 250A
56	1402-HH Bases Portátiles
214	AB1V235 Bases de Control
0	AB1TP45U Bases de Terminal
1	KB4031 Selector On/Off 2 Posiciones, clave
2	KB4A31 Pulsador Verde
1	KB4H405 Pulsador Lumínico, Rojo
1	KB4V25 Placa Anillo, 110 V
1	KB4S42 Stop de Emergencia
1	AZ4111 Micro Switch
1	NSYCVF30M230PF Ventilador 230V IP54
1	NSYCA6223DP Rejilla Salida Mecánica 220x220mm
1	NSYSP20164P Tablero de Control 2000x1200x400
2	NSY2SP204 Panel Lateral STD 2000x400

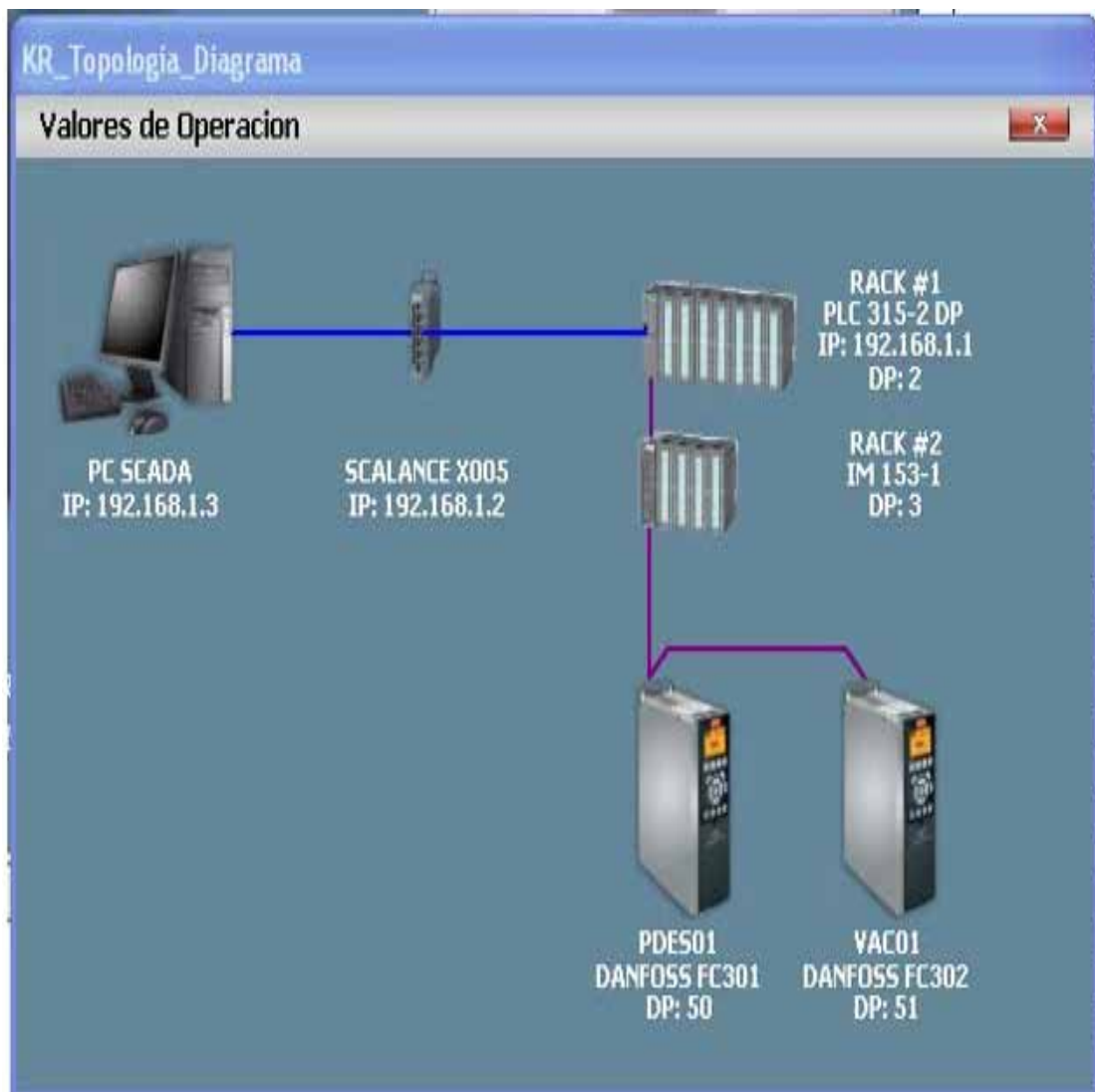
Time	Alarm Comment
04/02/2013 09:34 AM	ACK KR_V_PUL_01_Simulacion_Supv \$System Orden/Estado en Simulacion Válvula descarga Tanque Pulman a Lienadera
04/02/2013 09:34 AM	ACK KR_P_DES_01_Simulacion_Supv \$System Orden/Estado en Simulacion Motor Bomba Descarga Tq pulman
04/02/2013 09:34 AM	ACK KR_P_AC_01_Simulacion_Supv \$System Orden/Estado en Simulacion Bomba de Carga Aceite

Comunicación	Clave	Modos	ACEITE	FASE ACUOSA	MOST/VINA	MEZCLADOR	RESETEO	Config.	Tendencias	Alarmas	Reset
Acceso	Inicio	SALIR	Transferecia	Transferecia	Reajuste	Recirculacion	Rearme	Leyenda	Topologia	Historico Alarmas	Reset

Figura 62. Pantalla de topología del sistema

Fuente: Richard Quijada

Al hacer clic sobre el botón ver diagrama se despliega una pantalla donde se observa de forma detallada la arquitectura del PLC, los equipos que están involucrados en la red y la forma en que están distribuidos a través de ella (ver figura 63).



**Figura 63. Pantalla Arquitectura del PLC**

Fuente: Richard Quijada

## CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente trabajo se lograron concretar de manera efectiva cada uno de los objetivos específicos establecidos al iniciar la investigación. En este sentido se puede decir que se realizó un estudio de detallado del proceso de formulación de mayonesa del tanque Koruma, pudiéndose conocer claramente los equipos, componentes que lo conforman y la manera en que operan. Para ello se recolectó la información de la secuencia de eventos y el orden de ocurrencia de los mismos para formular mayonesa con el Koruma y de todos los equipos involucrados en el mismo para obtener información sobre sus características de trabajo, logrando especificarse la instrumentación necesaria para el correcto monitoreo de cada una de las variables significativas para el proceso de formulación.

Por otra parte, se puede aseverar que se identificaron los exhaustivamente los requerimientos básicos para el desarrollo del sistema de control automatizado para el proceso de formulación de mayonesa con el tanque Koruma, en cuanto a hardware de PLC utilizado, como también de los computadores, el que se utilizó para el desarrollo del proyecto y el que utiliza el operador del sistema. Así mismo se logro implementar el sistema de control automatizado para el proceso de formulación de mayonesa, realizando el diseño y montaje de un nuevo tablero de control del tanque Koruma, desarrollando e implementando la interfaz humano-maquina (HMI), la cual está constituida por un computador con el sistema SCADA Wonderware Intouch, ubicado cerca del tablero de control.

En conclusión, se logró dar cumplimiento al objetivo general de este trabajo el cual era la automatización del proceso de formulación de mayonesa del tanque dispensador homogenizador del departamento de mayonesa de la planta salsas y untables de Alimentos Polar. Es notorio que el sistema implementado presenta una mayor confiabilidad debido a que el proceso ahora es controlado y gobernado por un controlador lógico programable (PLC). Además la implementación del sistema supervisorio facilita al usuario la operación del equipo así como también el monitoreo

de cada fase que este ejecutando y evento que suceda en el proceso en tiempo real. Esta automatización permite incrementar la seguridad tanto para los operadores y personal técnico, como para la operación, calidad y rendimiento del proceso de formulación de mayonesa galón, garantizando la operatividad del equipo y por ende un incremento en la producción.

## **RECOMENDACIONES**

Después de haber realizado la automatización del sistema de preparación de mayonesa galón, y mostrados los resultados, en base a la realización e implementación de las nuevas actualizaciones del sistema, se recomienda lo siguiente:

- a. En primer lugar dar adecuada capacitación a los operarios y supervisores del área de formulación mayonesa sobre el manejo del equipo por medio del sistema supervisorio.
- b. Crear y activar planes de mantenimiento preventivo y correctivo a cada uno de los equipos involucrados en el proceso de formulación mayonesa, con la finalidad de alargar su vida útil y garantizar así un mejor y continuo funcionamiento de los mismos.
- c. Replicar este tipo de actualizaciones tecnológicas a otros procesos del área en los que aun la operación es realizada de manera manual, como por ejemplo las baterías 3 y 4, por mencionar algunos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### IMPRESAS

- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación introducción a la metodología Científica**. 6ta Edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
- Balestrini, M. (2002). **Como se elabora el proyecto de investigación**. 6ta Edición. Editorial BL Consultores Asociados. Caracas, Venezuela.
- Cázares, L., Christen, M., Jaramillo, R., Villaseñor, L. y Zamudio, L. (1990). **Técnicas actuales de investigación documental**. 3ra Edición. Editorial BJT. Trillas, Mexico.
- Díaz, D. (2006) **Automatización de etiquetadora de botellas Kronos bajo PLC SIEMENS**, universidad Simón Bolívar, Venezuela.
- Esteves, M (2015) **Implementación de un sistema modular de aprendizaje basado en la disciplina de la mecatrónica, integrada por tres estaciones mecánicas MecLab de Festo, un PLC Siemens S7-300 y un HMI de Wonderware**. Escuela de Electrónica de la Universidad José Antonio Páez, Valencia, Venezuela.
- Hernández, R. (2006). **Metodología de la investigación**. 4ta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México D.F., México.
- Ruiz, C. (2011). **Instrumentos de investigación educativa**. 2da Edición. Editorial CIDEG. Barquisimeto, Venezuela.
- Torres, L. (2010) **Automatización de una línea de producción de envases de vidrio**, Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior De Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional Azcapotzalco.

## **ELECTRÓNICAS**

Gerstenberg schöder. Sistemas de Proceso para la producción continúa de mayonesas, aderezos y kétchup.

Disponible:<http://www.imco.es/pdf/414114.pdf>[Consulta: 2017, Marzo 18]

Inoxpa Source Of Solutions. Procesos Fabricación de Mayonesa.

Disponible:<http://www.inoxpa.com/uploads/document/Fitxes%20t%C3%A8cniques/Processos/Maionesa/FTMY.1.ES-0505.pdf>[Consulta: 2017, Marzo 18]

Sociedad Española De Bioquímica Y Biología Molecular (SEBBM). La Mayonesa.

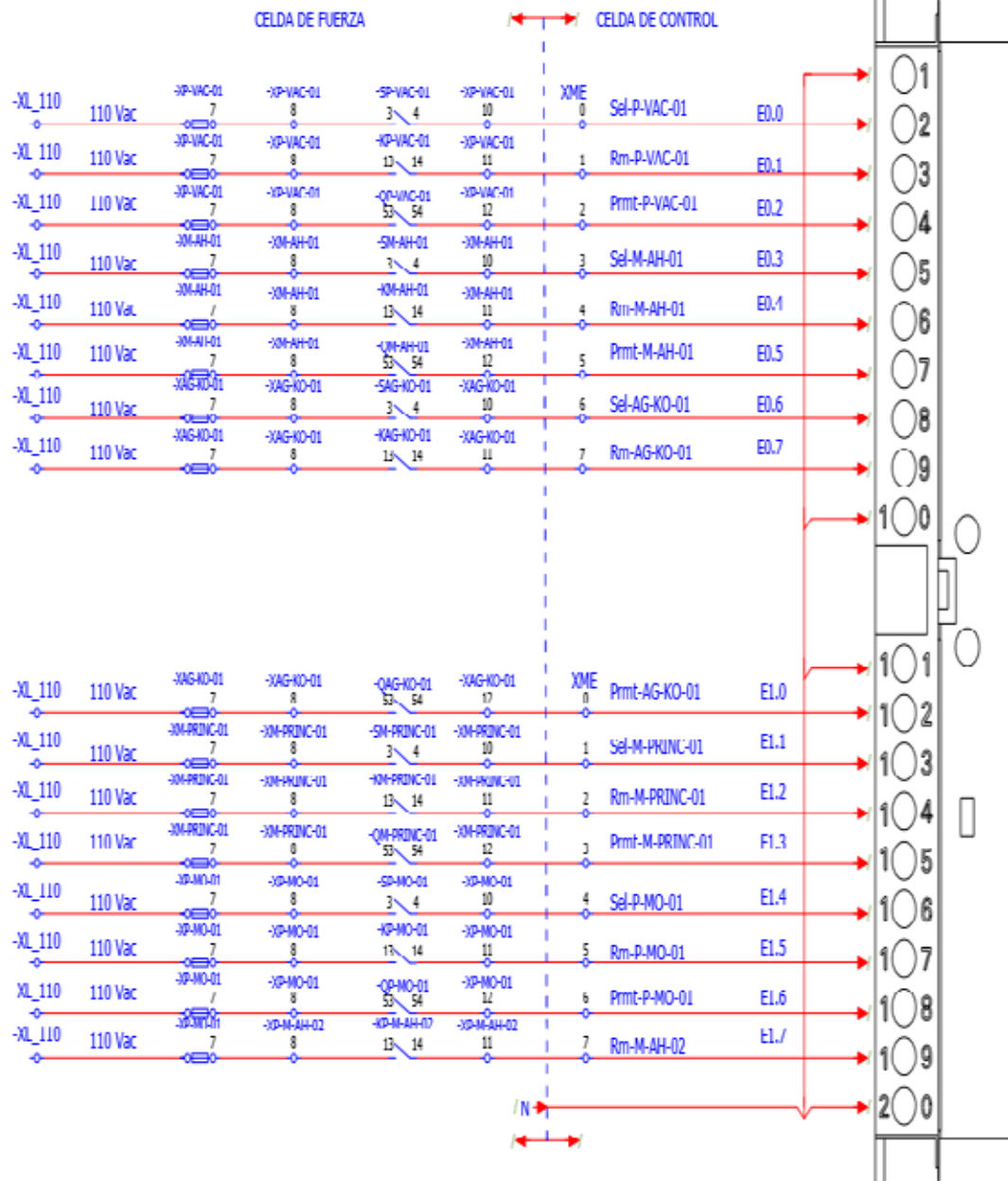
Disponible:[http://www.sebbm.es/webimages/archivos/archivos\\_tinymce/fichamayonesa\\_2.pdf](http://www.sebbm.es/webimages/archivos/archivos_tinymce/fichamayonesa_2.pdf)[Consulta: 2017, Marzo 18]

## **ANEXO A**

# Conexión de las entradas digitales del PLC

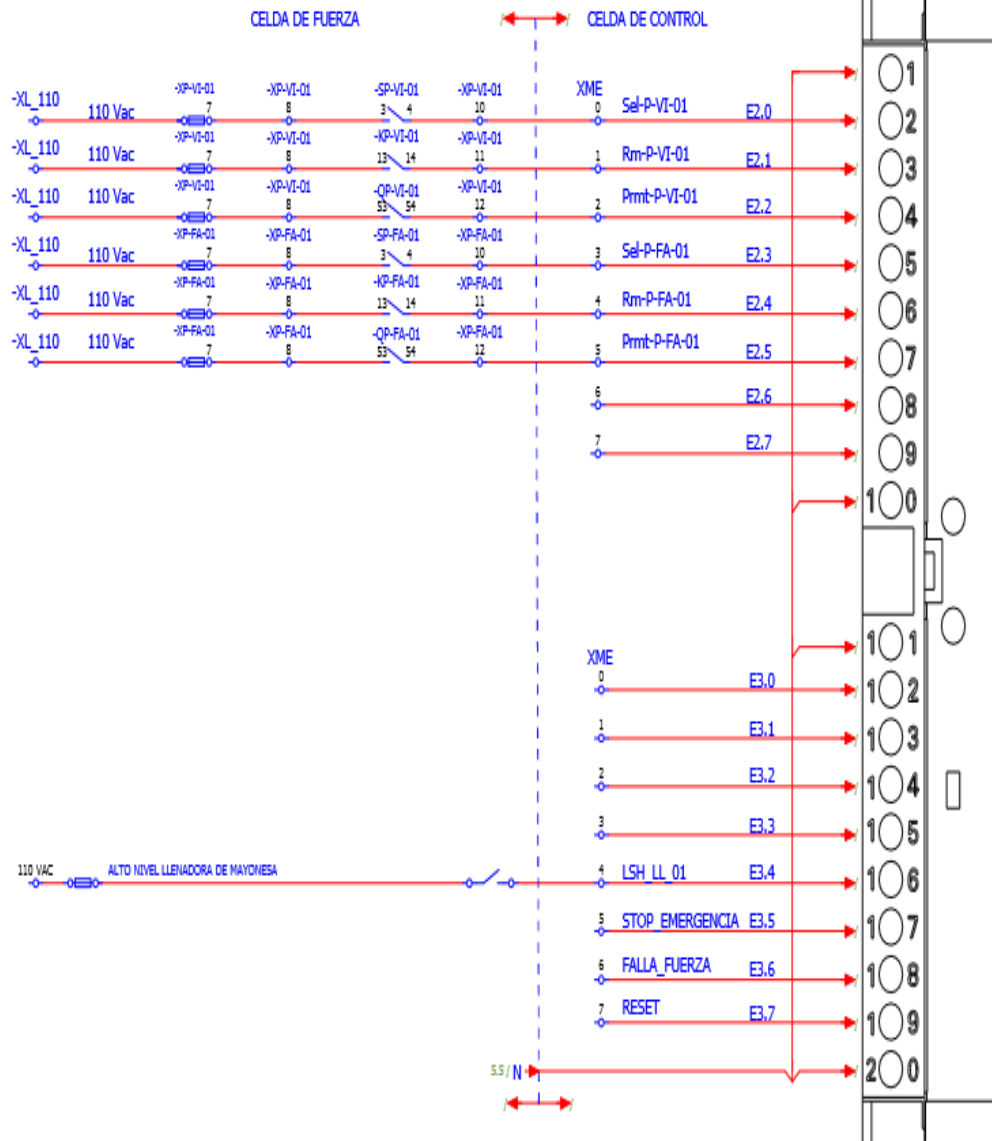
## MÓDULO DE ENTRADAS DÍGITALES "E0.0" (6ES7 321-1FH00-0AA0)

**Conector 20 Polos**  
6FS7392-1A100-0AA0



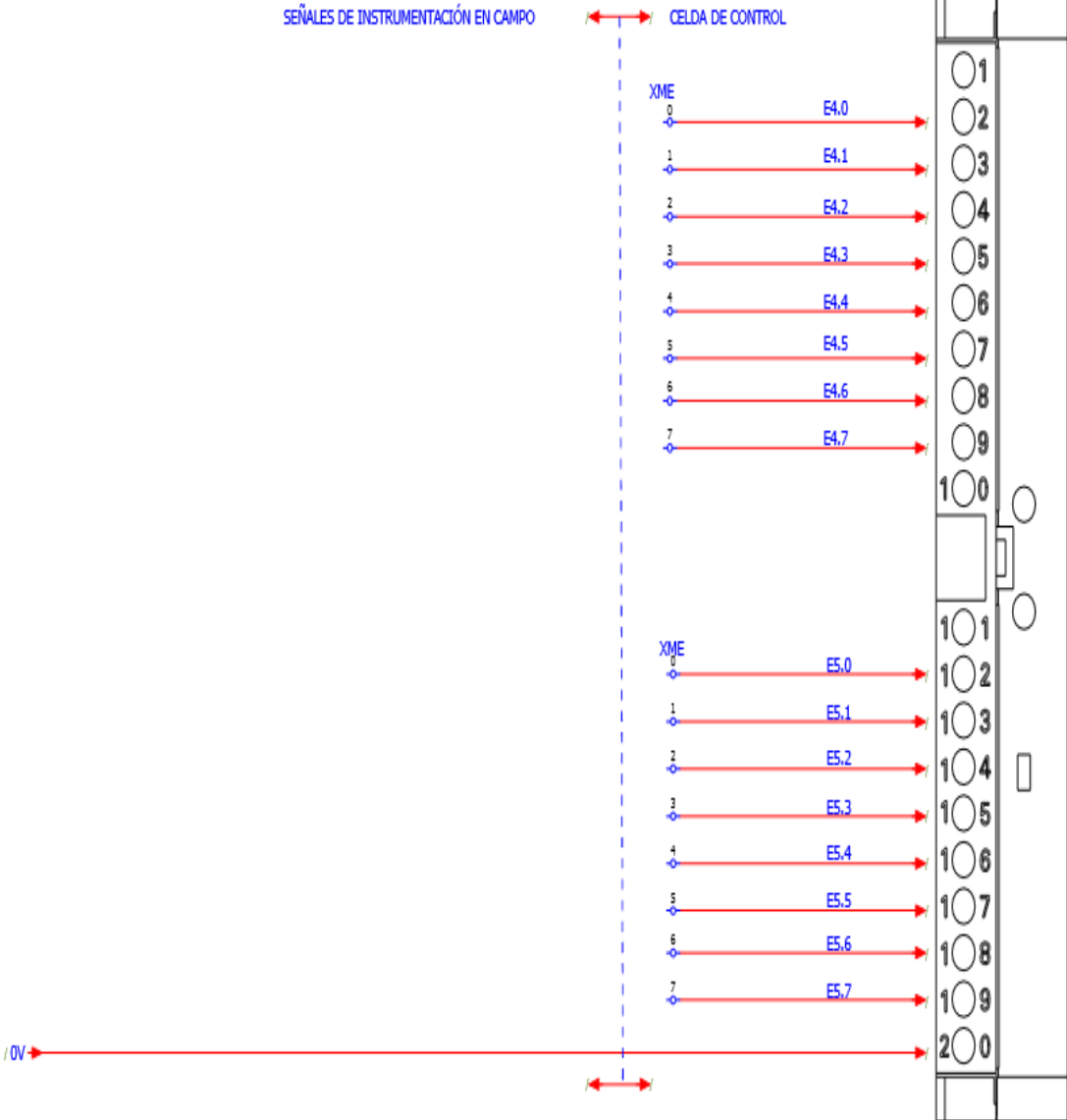
## MÓDULO DE ENTRADAS DÍGITALES "E2.0" (6ES7 321-1FH00-0AA0)

Conector 20 Polos  
6ES7392-1A300-0AA0



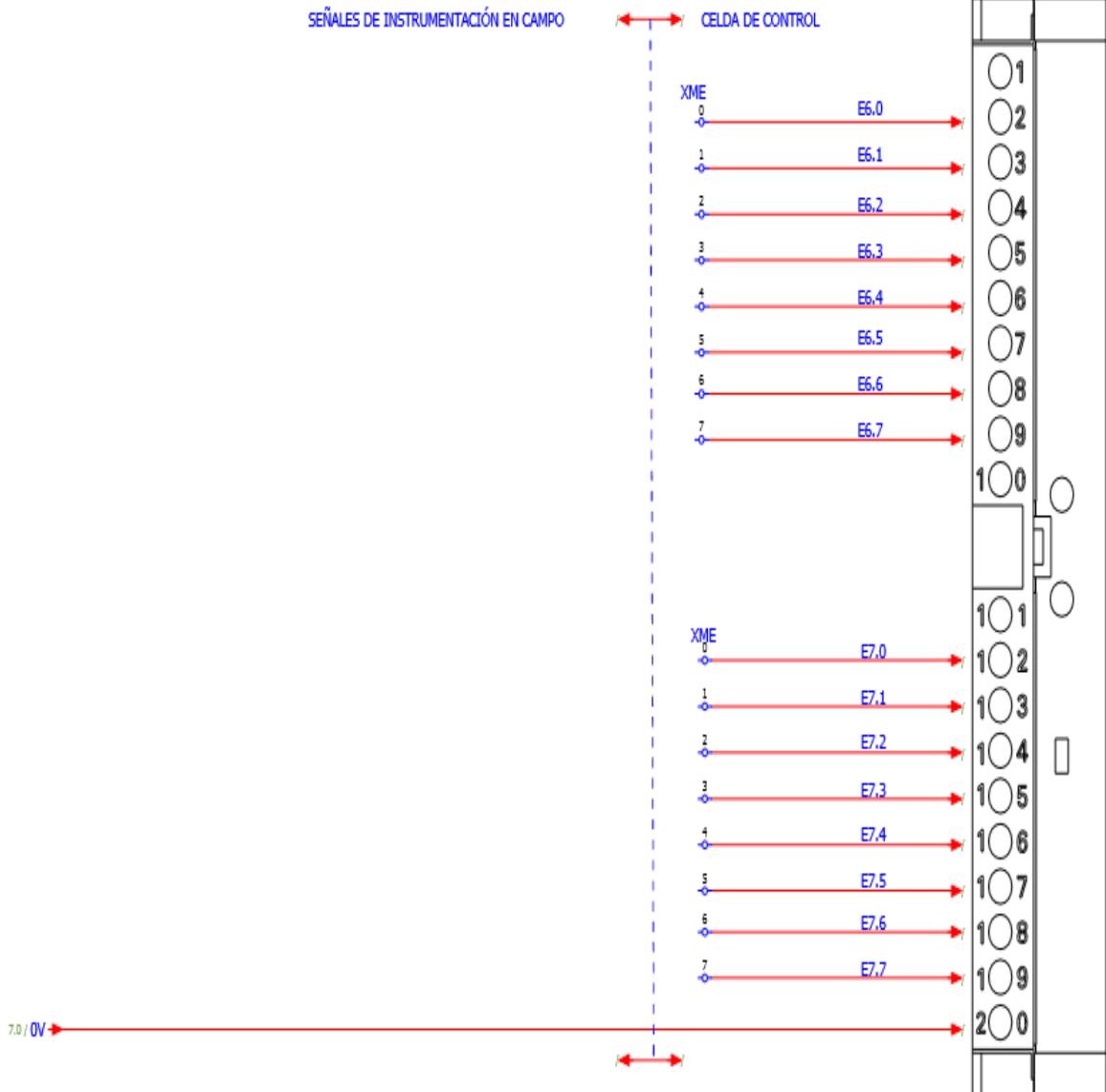
# MÓDULO DE ENTRADAS DÍGITALES "E4.0" (6ES7 321-1BH02-0AA0)

Conector 20 Polos  
6ES7392-1AJ00-0AA0



# MÓDULO DE ENTRADAS DÍGITALES "E6.0" (6ES7 321-1BH02-0AA0)

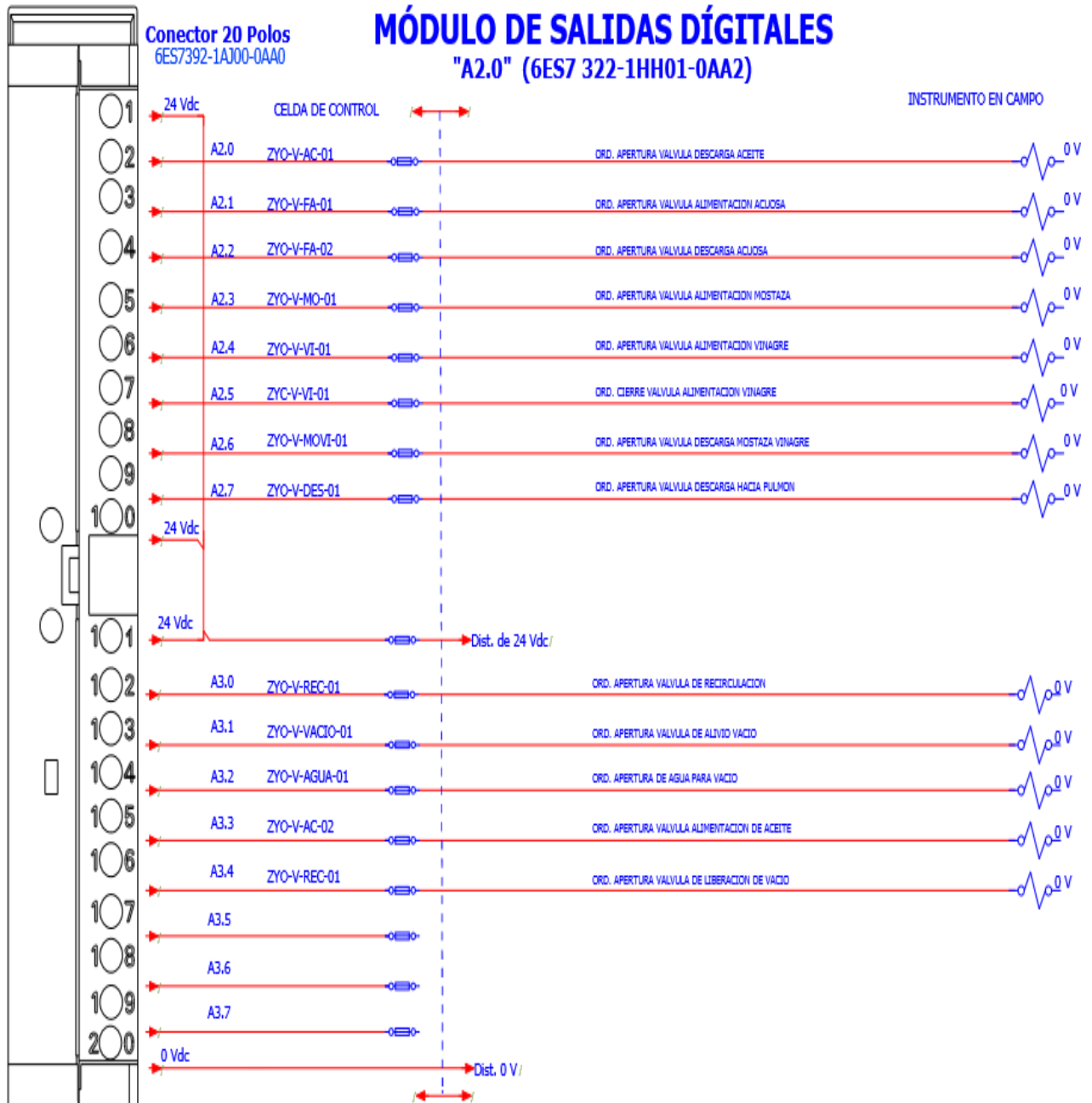
Conector 20 Polos  
6ES7392-1A100-0AA0



## **ANEXO B**

# Conexión de las salidas digitales del PLC





## **ANEXO C**

# **Conexión de las entradas analógicas del PLC**

# MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS "PEW 288-302" (6ES7 331-7KF02-0AB0)

Conector 20 Polos  
6ES7392-1A100-0AA0

