



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**  
**La academia al servicio de la vida**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL  
ELÉCTRICO Y PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO DE  
CENTRIFUGADO EN LA EMPRESA RECUPERADORA JR  
S.A.S.**

**Autor:**

Ing (c). Julio César Muñoz Merchán

**Director:**

M. Sc. Jesús Eduardo Ortiz Sandoval

**INGENIERÍA MECATRÓNICA**  
**Departamento de Ingenierías Mecánica, Mecatrónica e Industrial**  
**Facultad de Ingenierías y Arquitectura**  
**Universidad de Pamplona**  
**Pamplona, 16 de Junio de 2016**



*Para mis amados padres  
Gonzalo Muñoz y Luz Herminda Merchán  
Eterna Gratitud*

## Agradecimientos

Primeramente agradecer a Dios por permitirme cumplir la meta de estudiar esta carrera universitaria en Ingeniería Mecatrónica suministrándome todo lo que necesite desde el comienzo hasta el final, en sus manos no solamente dejo este éxito alcanzado sino todos los que vienen bajo su voluntad.

Mis padres Gonzalo Muñoz y Luz Merchán, con sus palabras y oraciones me fortalecieron en cada debilidad este logro es gracias a sus esfuerzos, consejos, compañía, cariño, correcciones y cuidado, apoyándome en mi estudio desde el colegio hasta mi vida universitaria con el mismo amor. Mi hermano Duvan Muñoz por ser una gran motivación para seguir adelante sin importar las circunstancias.

A Margarita Figueroa y su hija Carolina por recibirme como un miembro más de la familia durante mis estudios en Pamplona, siempre apoyándome en cualquier momento y siendo una gran compañía estando lejos de casa.

Mis padrinos Dionisio y María recibíendome con gran cariño y consejos durante mis pasantías motivándome a perseverar cada día para terminar este logro.

A la empresa Recuperadora JR aceptando este proyecto y en especial a mi tutor de pasantías el Ingeniero Fredy Rodríguez enseñándome a ser mejor profesional, apoyándome en el desarrollo de esta pasantía siempre con paciencia e inteligencia.

Mi profesor y director de prácticas Jesús Eduardo Ortiz acompañándome con cualquier duda o problema, colaborando en este proyecto con gran profesionalismo y experiencia industrial. También a los dos jurados designados Aldo Pardo y Durwin Rozo es una gran satisfacción haber contado con estos grandes profesionales en la colaboración y evaluación de este proyecto.

Mi familia, compañeros, amigos y profesores que estuvieron dándome palabras de apoyo, alegría y consuelo. Motivándome desde el comienzo de mi vida profesional hasta terminarla, sin su grata compañía esta meta hubiera sido más difícil y sin ningún entusiasmo.

*Siempre recordare el apoyo dado por cada uno de ustedes con una gran sonrisa esperando algún día ayudarles con el mismo cariño y afecto que me dieron durante esta parte de mi vida, infinitas gracias.*

# Índice

<b>1. Introducción</b> .....	4
1.1 Conociendo la empresa Recuperadora JR S.A.S.....	4
1.2 Equipos de producción.....	4
1.2.1 Reactor de plastificante.....	4
1.2.2 Reactor de ácido fumárico.....	7
1.2.3 Caldera.....	8
1.2.4 Equipo de centrifugado RINA.....	9
1.3 Objetivos a cumplir en la empresa Recuperadora JR S.A.S.....	12
<b>2. Controladores XMTG</b> .....	13
2.1 Controladores de temperatura XMTG-808 & XMTG-2301.....	13
2.2 Selección de sensores de temperatura en los reactores.....	15
2.2.1 Termocuplas.....	15
<b>3. Diseño eléctrico tablero de control</b> .....	19
3.1 Diseño de potencia.....	19
3.2 Diseño de control.....	20
3.3 Diseño lámina frontal de tablero.....	20
<b>4. PLC Micrologix 1400</b> .....	22
4.1 Introducción a Micrologix 1400 y características principales.....	22
4.2 Puertos de comunicación.....	23
4.3 Software Rslonix 500 y Rslinx.....	24
4.4 Conectar Micrologix 1400 a computadora por puerto Ethernet.....	24
<b>5. Centrifuga Rina, Variador de velocidad Yaskawa A1000 y conexión con Plc Micrologix 1400</b> .....	28
5.1 Variador de velocidad Yaskawa A1000.....	28
5.2 Comunicación Variador Yaskawa A1000 con PLC Micrologix.....	29
5.3 Programación en Ladder RSLogix 500 para equipo de Centrifugado RINA.....	30
<b>6. Conclusiones</b> .....	33
<b>7. Bibliografía</b> .....	34

---

# 1.INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 Conociendo la empresa Recuperadora JR S.A.S

La empresa Recuperadora JR S.A.S ubicada en la ciudad de Soacha Cundinamarca tiene como finalidad fabricar dos productos, el primer producto llamado plastificante utilizado para dar a un material (plásticos, cuero, cables) flexibilidad, blandura y procesabilidad, y el segundo ácido fumárico utilizado para procesado y conservación de los alimentos (bebidas, gelatinas, postres, lácteos), esta empresa trabaja recuperando materia prima contaminada que para otras industrias ya es inutilizable después de ser utilizado una vez.

Recuperadora JR logra la preparación de estos productos con dos reactores donde el material recibido se limpia a través de procesamiento químico manejando variables como temperatura, presión, presión de vacío, agitación, y acidez.

## 1.2 Equipos de producción

Para fabricación de los productos la empresa posee los siguientes equipos:

- Dos reactores uno para procesar plastificante y el segundo procesar ácido fumárico.
- Centrifuga marca RINA para secado del material.
- Caldera para calentamiento del material.

A continuación se indicara los componentes más importantes de cada equipo y su principal función en la empresa.

### 1.2.1 Reactor de plastificante

**Bomba de llenado:** Maquina empleada para cargar el reactor de plastificante desde un tanque de almacenamiento.



*Figura 1. Bomba de llenado.*

**Bomba de vacío:** La presión de vacío extrae del reactor de plastificante alcohol y agua que se presentan en el material, el alcohol es el principal líquido a extraer porque al ser utilizado el producto por el cliente produce molestias y ardor en la piel, para que el proceso sea eficiente esta bomba debe trabajar a una presión mayor a 18 inHg.



*Figura 2. Bomba de vacío.*

**Bomba para filtrado y filtro prensa:** Esta bomba tiene como función extraer el producto del reactor ya cuando esté terminado en su proceso de lavado, enviando a presión el material hacia un filtro prensa se consigue separar los residuos que hayan quedado de lodo o barro.



*Figura 3. Bomba de filtrado.*



*Figura 4. Filtro prensa.*

**Motor de agitación:** Mezcla el plastificante con los materiales agregados en el reactor para limpieza del material, esta máquina es importante para preparación del plastificante si no se tiene agitación en el proceso no es posible obtener material compuesto por lo tanto es necesario que este motor esté en funcionamiento durante todo el tiempo de procesamiento.



Figura 5. Motor de agitación reactor de plastificante.

**Válvula:** Su funcionamiento es permitir el control de paso de vapor, agua fría u otros fluidos.

- Cuerpo de bronce, tipo globo Normal Cerrada.
- Temperatura máxima: -5 a 185 °C.
- Presión de operación: 0.5 – 16 kg/cm<sup>2</sup>
- Posición de instalación: Horizontal.
- Voltajes: 220-110-24 volts. AC. 8 Watts



Figura 6. Válvula.

**Chiller de refrigeración:** Sistema encargado de la refrigeración de agua depositada en un tanque en un proceso de recirculación, ya refrigerada se envía a través de una tubería con una bomba a la salida de gases del reactor de plastificante para destilación de agua y alcohol que se extraen con la bomba de vacío, este equipo cuenta con dos controladores e indicadores de temperatura MT-512i plus figura 7, programados para que se active el equipo de refrigeración cuando la temperatura es mayor a 12 °C y se apague el equipo si la temperatura es menor a 5 °C.





Figura 7. Controlador MT-512i plus.



Figura 8. Chiller de refrigeración.

### 1.2.2 Reactor de ácido fumárico

**Bomba de llenado:** Máquina empleada para cargar el reactor de ácido fumárico desde isotanques que almacenan aguas para preparación del material.



Figura 9. Bomba de llenado.

**Motor de agitación:** Mezcla el ácido fumárico con los materiales agregados en el reactor para preparación del material, este producto no necesita proceso de limpieza como el plastificante, el funcionamiento de esta máquina es necesario durante todo el procedimiento de producción.



Figura 10. Motor de agitación reactor de ácido fumárico.

### 1.2.3 Caldera

Equipo necesario para fabricación de los productos su función es enviar a los reactores vapor elevando la temperatura para preparación de los productos, tiene dos depósitos donde se introduce madera para ser quemada y de agua, hirviendo el agua se obtiene vapor para ser enviado a través de tuberías a los dos reactores.



Figura 11. Caldera.

Este equipo posee los siguientes componentes para su funcionamiento:

Tabla 1. Componentes presentes en la caldera.

**Interruptores de mercurio:** Es un dispositivo que permite accionar un interruptor en el circuito de control dependiendo de su alineamiento con respecto a su posición horizontal.



Figura 12. Interruptores de mercurio

**Ventilador:** Envía aire a través de un ducto a la zona de calentamiento de la caldera para generar una presión necesaria manteniendo un flujo de aire continuo.



Figura 13. Ventilador.

**Bomba de llenado:** Cuando es recibida la señal de nivel bajo de agua por el interruptor de mercurio en la caldera, se activa esta bomba hasta llegar al nivel ajustado en el segundo interruptor de mercurio de nivel alto.



Figura 14. Bomba de llenado.

**Presostato Diferencial:** Sistema encargado de abrir y cerrar un contacto en el circuito de control dependiendo de la presión ejercida sobre un pistón interno, se configura en un rango inferior y superior se activa el circuito si la presión esta por fuera del rango ajustado.



Figura 15. Presostato Diferencial

#### 1.2.4 Equipo de Centrifugado RINA

Este equipo es utilizado para secado del ácido fumárico después de ser procesado en el reactor también se utiliza para secado de plastificante antes de procesarlo ya que este material se recibe contaminado incluso con líquidos. La máquina es de la empresa RIERA NADEU con referencia 200F-1250x625A tiene las siguientes características:

Tabla 2. Especificaciones técnicas centrifuga RINA. [Placa de datos centrifuga RINA]

Velocidad máxima	400/533 rpm
------------------	-------------



Diámetro interior cesto	1250 mm
Potencia absorbida	14 kW
Carga máxima	500 Kp
Energía cinética	15412kgm
Densidad máxima adm.	1.25 g/cm <sup>2</sup>

### Características especiales:

- Trabaja como filtrante, decantadora separadora.
- Tratamiento sin riesgos de productos tóxicos y/o peligrosos y de productos estériles sin contaminación.
- Máximo escurrido y factor centrífugo.
- Eliminación de la capa residual (de protección del elemento filtrante).
- Posibilidad de dispositivo para la eliminación de la capa residual incorporada al rascador o independiente mediante dispositivo ascendentedescendente.
- Las aguas madres y las de lavado se evacuan tangencialmente por la parte inferior del colector.

Para movimiento del cesto la maquina posee un motor Siemens 1LA4187-4YA80, su diagrama de conexión y datos técnicos se muestra en la figura 16 y tabla 3, en este caso se conectó teniendo en cuenta el arranque directo doble triangulo para 220 V.

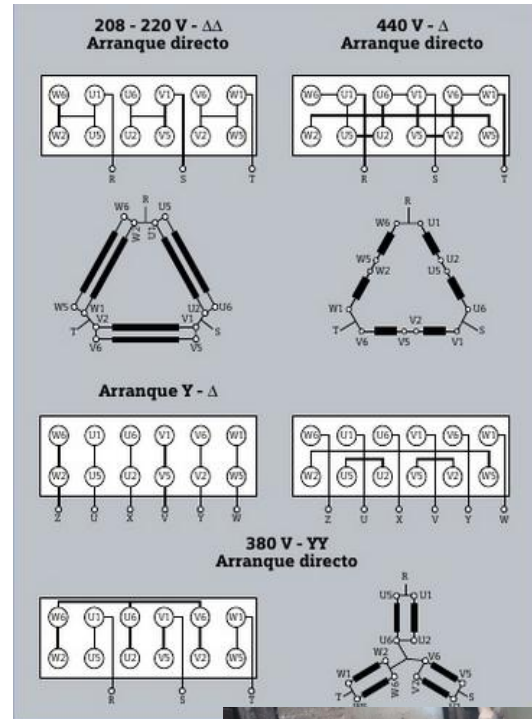


Figura 16. Centrifuga      Figura 17. Conexión motor Siemens Recuperadora JR.



Tabla 3. Parámetros motor Siemens [Tabla de datos

Motor Siemens 1LA4187-4YA80.]

Siemens 3-Motor 1LA4187-4YA80	
Potencia	40.0 / 29.8 HP/kW
Voltaje	200 ΔΔ - 400 Δ V
Amperaje	104.0 – 52.0 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1750 rpm
Peso	190.0 kg
Factor de potencia	$\cos \varphi$ 0.83

### Componentes hidráulicos centrifuga

En la parte interior la centrifuga cuenta con un dispositivo de raspado para el vacío del solido escurrido este se desplaza verticalmente por accionamiento de un cilindro hidráulico dobl *Figura 18. Motor Siemens 1LA4187-4YA80.* le efecto para movimiento del cilindro se

tiene:

- Dos electroválvulas Mannesman Rexroth 2/2, con retorno de muelle.
- Bomba de circulación de aceite hidráulico.

Estos equipos funcionan con alimentación de 220 V, para controlar la salida y entrada del cilindro el sistema cuenta con dos interruptores finales de carrera, al estar en posición inicial envía una señal de activación y su desplazamiento va hasta llegar a la activación del segundo interruptor dando indicación de retorno obteniendo un procedimiento cíclico.



Figura 16. Electroválvulas Mannesman 2/2.



Figura 17. Bomba de circulación de aceite Hidráulico

### 1.3 Objetivos a cumplir en la empresa Recuperadora JR S.A.S

Este proyecto apoyara a la empresa en la organización eléctrica y poniendo en funcionamiento maquinas necesarias para la producción por lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

- Implementación de un nuevo tablero de control eléctrico, actualmente no se cuenta con un buen puesto de mando como se muestra en las *figura 21*. Se diseñara un tablero que se acomode a las necesidades de la empresa cumpliendo normas de conexión eléctrica.



Figura 18. Tablero de control actual en la Empresa Recuperadora JR.

- Disposición de visualización de temperaturas en el mando de control instalando en los reactores sensores de temperatura, por lo cual se examinara que sensor cumple con condiciones de montaje (*temperatura, humedad, economía, precisión de medida*).
- Conectar la válvula solenoide UNI-D del reactor de plastificante, este actualmente no está funcionamiento por falta de un dispositivo de control en la válvula.
- Colocar en marcha el equipo de centrifugado controlando el motor siemens 1LA4 a través de un variador de velocidad Yaskawa A100 este variador se comunicara con un PLC (*control lógico programable*), también el PLC controlara el manejo de las electroválvulas hidráulicas utilizadas en la centrifuga por lo tanto se estudiara que PLC ejecutara el control del equipo.

---

## 2. Controladores XMTG

---

### 2.1 Pirómetros XMTG-808 & XMTG-2301

Estos controladores inteligentes proporcionados por la empresa Yuyao gongyi meter CO, permiten medir temperaturas ya sea conectando sensores como Termopares (*tipo S, tipo K, tipo E, tipo J*) o RTD (*PT100, Cu50*), tiene display LED para visualizar la medición e indicadores de salida del controlador, se escogieron estos dispositivos porque permiten controlar un actuador en este caso las válvulas UNI-D modelo US dependiendo de la temperatura medida y el valor programado en el setpoint también su visualización de valores son más claros al operador y no se necesita fuente externa para conexión de los sensores el controlador nos permite conectarlos directamente.

#### **XMTG-808**

Este dispositivo posee cuatro teclas para configuración de parámetros por lo tanto ofrece mayores funciones comparándolo con el controlador XMTG-2301, sus principales partes de panel gráfico y conexión son:

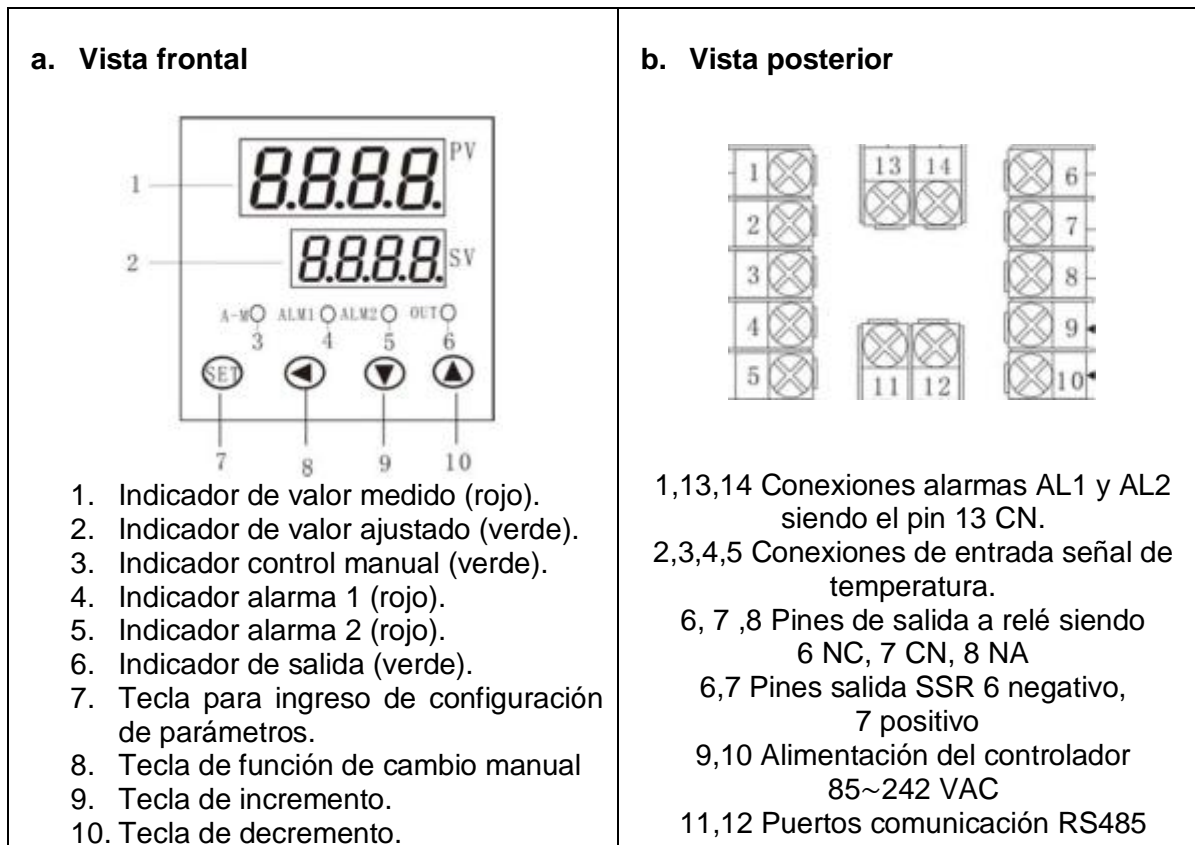


Figura 19. Descripción panel gráfico y pines de conexión controlador XMTG-808. [1]

Dependiendo del sensor que se desea instalar para medición de la temperatura hay que tener presente sus conexiones al controlador, en la tabla 4 se muestra la conexión dependiendo del sensor escogido, el rango de medida del controlador es (-1999 a 9999) °C

Tabla 4. Conexión de sensores al controlador de temperatura [1]

Termocupla	Termoresistencia	Voltaje de Entrada	Salida de silicio Mono-fase controlable

Los parámetros que encontramos para modificar oprimiendo el botón SET son:

Tabla 5. Descripción de la función de parámetros. [1]

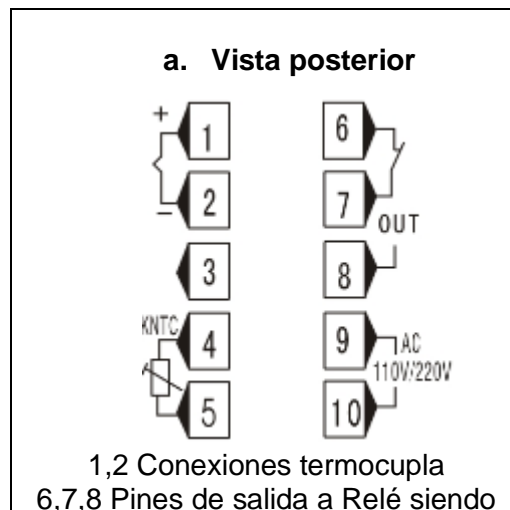
Código	Significado	Rango de Ajuste
<b>ALM1</b>	Alarma de limite alto	-1999 a 9999 °C



<b>ALM2</b>	Alarma de limite bajo	-1999 a 9999 °C
<b>Hy-1</b>	Alarma de desviación positiva	0~999 °C o 0~9999 °C
<b>Hy-2</b>	Alarma de desviación negativa	0~999 °C o 0~9999 °C
<b>Hy</b>	Banda muerta	0-200 °C o 0-2000 °C
<b>At</b>	Control PID	0-3
<b>I</b>	Parámetro de retención	0-999 o 0-9999
<b>P</b>	Parámetro de calificación	1-9999
<b>D</b>	Tiempo de retraso	0-2000 s
<b>T</b>	Tiempo de salida	0-120 s
<b>Sn</b>	Entrada de especificación	0-37
<b>dP</b>	Posición del punto decimal	0-3
<b>P-SL</b>	Entrada de límite inferior	-1999~9999 °C
<b>P-SH</b>	Entrada de límite superior	-1999~9999 °C
<b>Pb</b>	Desplazamiento de entrada	-199.9~199.9 °C
<b>oP-A</b>	Modo de salida	0-2
<b>outL</b>	Límite inferior salida	0-110%
<b>outh</b>	Límite superior salida	0-110%
<b>AL-P</b>	Definición de salida de alarma	0-31
<b>Cool</b>	Función del sistema	0-7
<b>Addr</b>	Dirección de comunicación	0-256
<b>Baud</b>	Velocidad de comunicación	-
<b>FILt</b>	Filtro de entrada PV	0-20
<b>A-M</b>	Condición de operación	0-2
<b>Lock</b>	Bloquear	0-9999
<b>EP1-EP8</b>	Campo de definición de parámetros	-

## XMG T – 2301

Controlador de temperatura sencillo pero preciso para medición de bajas temperaturas, en su panel grafico encontramos tres LED display para visualizar la medición y en la parte inferior de manera manual oprimiendo los botones de aumentar y disminuir para cada digito podemos ajustar un setpoint solo es posible ajustar un rango de 0~399 °C, su diagrama de conexiones se explica a continuación:



6 NC, 7 CN, 8 NA  
9,10 Alimentación del controlador  
110~220 VAC

Figura 20. Descripción pines de conexión controlador XMTG-2301. [2]

## 2.2 Selección de sensores de temperatura en los reactores

Para selección de los sensores en los reactores se tuvieron en cuenta aspectos como: medición de los instrumentos en el rango de trabajo de los reactores, fácil instalación, compatibilidad con los controladores XMTG-808 & XMTG-230, económicos, cambio sencillo, resistentes a la temperatura y humedad. El rango de trabajo del reactor de plastificante es de 0~180 °C y el reactor de ácido fumárico trabaja de 0~120 °C.

Consultando los sensores disponibles en el mercado y que cumplan los requisitos enunciados se decidió adquirir dos termocuplas tipo J uno en mallado y el segundo en teflón figura.

### 2.2.1 Termocuplas

Un termopar o termocupla consiste en dos filamentos de diferente material en un mismo cable, uniéndose los dos filamentos en un extremo se establece el punto de medición este efecto fue descubierto por Seebeck en 1821, al calentarse la unión de los hilos se establece un pequeño voltaje que es proporcional a la temperatura en el punto de medición, este voltaje se debe a la diferente densidad de electrones de ambos materiales metálicos utilizados en los filamentos, y también a la diferencia de temperatura entre el punto de medición y la zona fría.

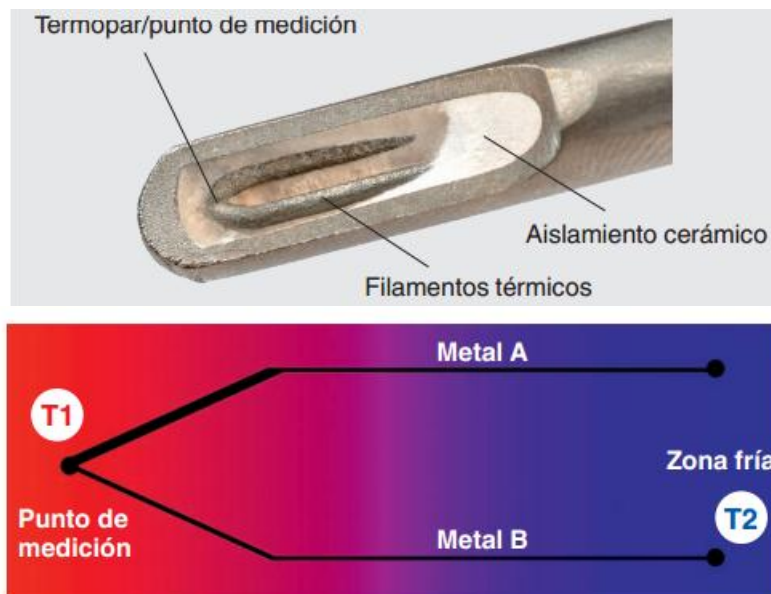


Figura 21. Partes de la termocupla. [3]

La medición de tensión normalmente se realiza a temperatura ambiente por tanto la tensión indicada es menor a la obtenida en un equivalente a la tensión de la temperatura ambiente para obtener el valor absoluto se hace en procedimiento llamado compensación

de la zona fría. Los instrumentos actuales de medición digital que permiten conectar un termopar llevan incorporado una compensación electrónica de zona fría en su circuito. Actualmente se puede encontrar diferentes tipos de termopares nombradas E, T, J, R, S, B sus principales diferencias son el material de los filamentos, rango de medición, rango de error, en la tabla 6 se explica las principales características de los termopares nombrados.

Tabla 6. Características de Termopares [4]

Tipo	Intervalo de medida	Límites de error del termopar		
		Clase 1	Clase 2	Clase 3
<b>Cromel-constantán</b> <b>Tipo E</b>	-40 a 800 °C -40 a 900 °C -200 a 40 °C	± 1,5 °C o ± 0,4 %	± 2,5 °C o ± 0,75 %	± 2,5 °C o ± 1,5 %
<b>Cobre constantán</b> <b>Tipo T</b>	-40 a 350 °C -40 a 350 °C -200 a 40 °C	± 0,5 °C o ± 0,4 %	± 1 °C o ± 0,75 %	± 1 °C o ± 1,5 %
<b>Hierro constantán</b> <b>Tipo J</b>	-40 a 750 °C -40 a 750 °C -	± 1,5 °C o ± 0,4 %	± 2,5 °C o ± 0,75 %	
<b>Cromel- Alumel</b> <b>Tipo K</b>	-40 °C a 1000 °C -40 °C a 1200 °C -200 a 40 °C	± 1,5 °C o ± 0,4 %	± 2,5 °C o ± 0,75 %	± 2,5 °C o ± 1,5 %
<b>Pt-Pt/Th 13%(tipo R)</b> <b>Pt-Pt/Rh 10%(tipo S)</b>	0°C a 1600 °C 0°C a 1600°C -	± 1 °C	± 1,5 °C o ± 0,25 %	
<b>Pt-Rh 6%/Pt-Rh 30%</b> <b>Tipo B</b>	- 600 °C a 1700 °C 600 °C a 1700 °C		± 1,5 °C o ± 0,25 %	± 4 °C o ± 0,5 %

En la medición de las temperaturas elevadas que se encuentra en la fabricación de acero se emplean los termopares R o S que se enchufa en una lanza. El operario la sumerge está en acero y aunque el cartucho se funde unos segundos, da tiempo a que un circuito especial fije la máxima temperatura alcanzada.

El termopar tipo E, Cromel- constantán puede usarse en vacío o en atmosfera inerte o medianamente oxidante o reductora. Este termopar posee la f.e.m (Fuerza electro-motriz) más alta por variación de temperatura, y puede usarse para las temperaturas entre -200 a +900 °C.

El termopar tipo T, de cobre constantán, tiene una elevada resistencia a la corrosión por humedad atmosférica o condensación y puede utilizarse en atmosferas oxidantes o reductoras. Se prefiere generalmente para las medidas de temperatura entre -200 a +260 °C.

El termopar tipo J, de hierro- constantán es adecuado en atmosferas con escaso oxígeno libre, la oxidación del hilo de hierro aumenta rápidamente por encima de 550 °C, siendo necesario un mayor diámetro del hilo hasta una temperatura límite de 750 °C.

Las siguientes normas definen los termopares:

- IEC 60584-1: Termopares: Valores básicos de las tensiones térmicas.
- IEC 60584-2: Termopares: Tolerancias de las tensiones térmicas.
- IEC 60584-3: Termopares: Cables de extensión y cables de compensación.

ASTM E230: Tablas con especificaciones estándar y fuerza electro-motriz para termopares estandarizados.

### Curvas de tensión térmica.

Las curvas representadas corresponden a los respectivos rangos de temperatura de la norma IEC 60584-2/ASTM E230. Fuera de dichos rangos, la desviación límite no está estandarizada.

### IEC 60584-2

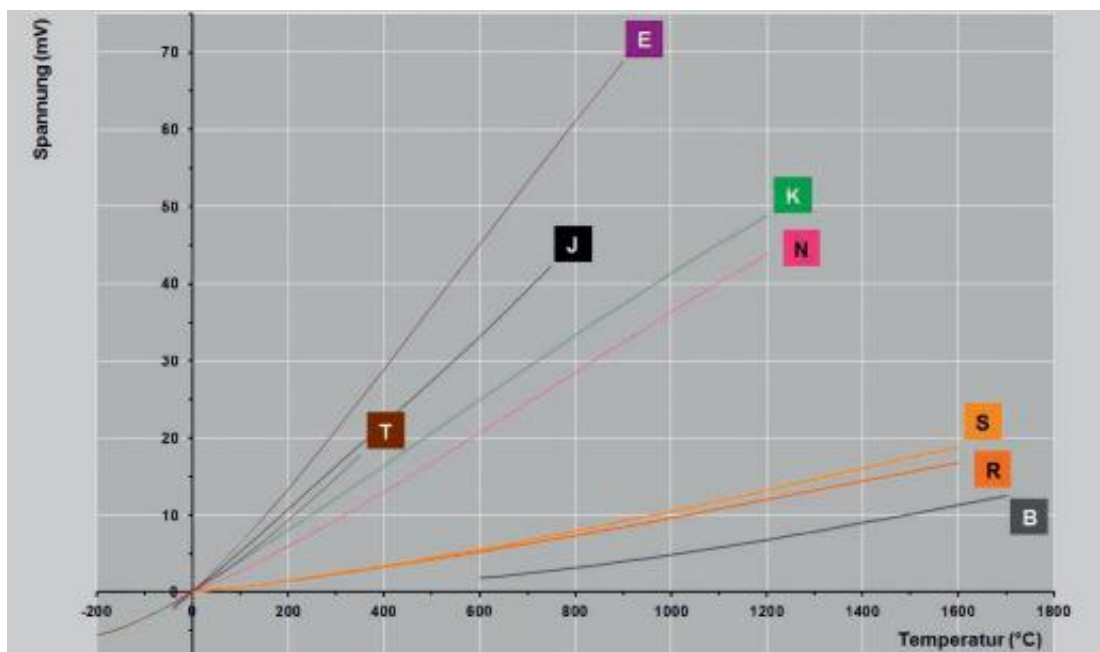


Figura 22. Norma IEC 60584-2 [3]

### ASTM E230.

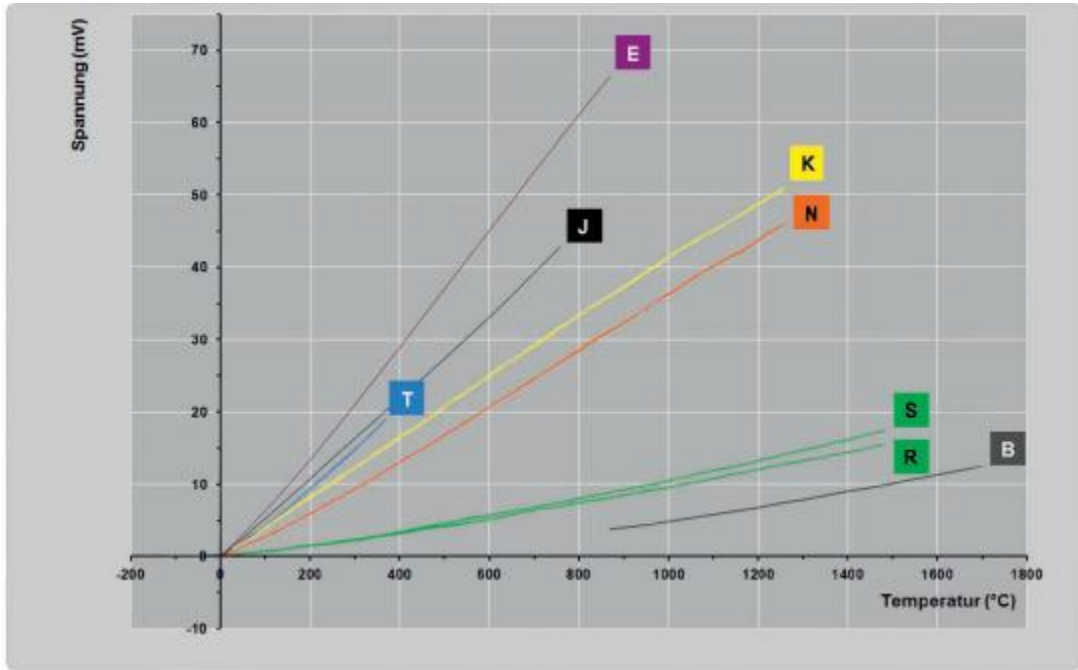


Figura 23. Norma ASTM E230. [3]

### 3. Diseño eléctrico tablero de control

El objetivo en el desarrollo del tablero eléctrico es mejorar estéticamente el modelo actual, tener mejor visualización de encendido y apagado de los componentes y visualizar temperatura digital en los dos reactores. En el tablero el operador podrá visualizar los elementos de los dos reactores por separado, otra ventaja cada interruptor y dispositivo marcado con la función asignada, para esto se diseñó el modelo eléctrico de potencia y el modelo de control teniendo en cuenta los componentes principales, corriente nominal y voltaje (voltaje de alimentación para todos los componentes fue 220 V), ver tabla 7.

Tabla 7. Elementos de potencia y datos de corriente. [ Hecho por el autor ]

REACTOR I (Plastificante)		Reactor II (Ácido Fumárico)	
Componente	Corriente (A)	Componente	Corriente (A)
Motor Agitador	6.08	Motor Agitador	7.8
Bomba de Llenado	8.19	Motor Llenado	3.5
Bomba de vacío	10.1	Pirómetro XM-2301	-
Bomba filtrado	2.8	-	-
	<b>Total: 27.17</b>		<b>Total: 11.3</b>
<b>Corriente total: 38.47 A</b>			

#### 3.1 Diagrama de Potencia

Se tuvo en cuenta en la selección de componentes como breaker, contactores y relé térmico, la corriente según la tabla 7.

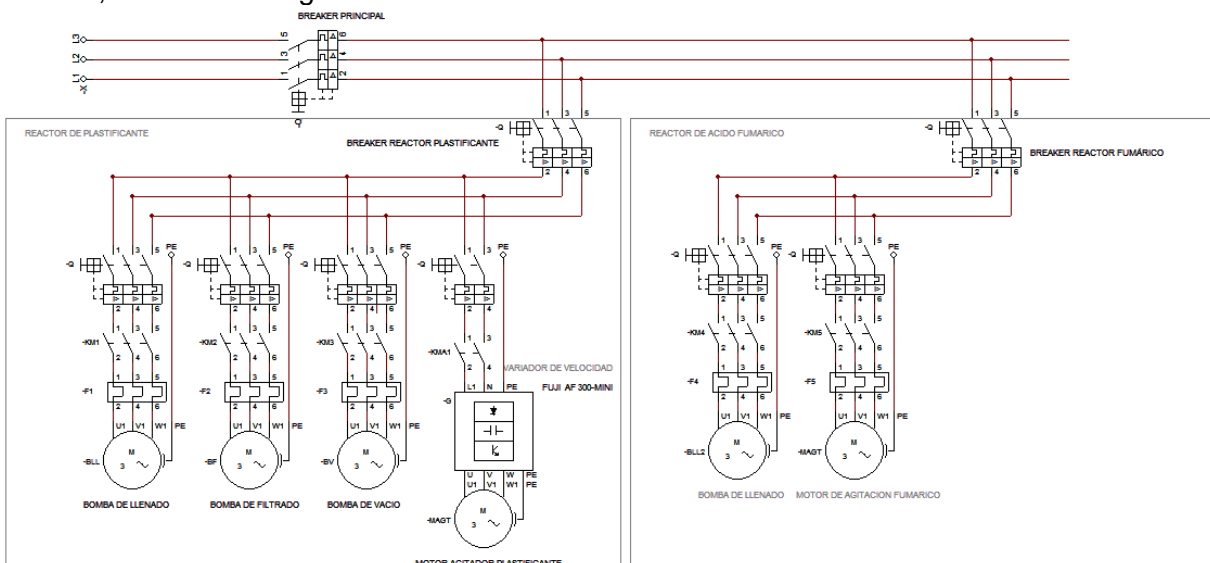


Figura 24. Diagrama de Potencia

#### 3.2 Diagrama de control

Los contactos auxiliares se seleccionaron para establecer prioridad de encendido en los reactores y accionar cada electrovalvula de los reactores el consumo de corriente de estos componentes es bajo, las siglas PIR hacen referencia a los contactos de salida del pirómetro en este caso se escogio los contactos Normalmente abierto.

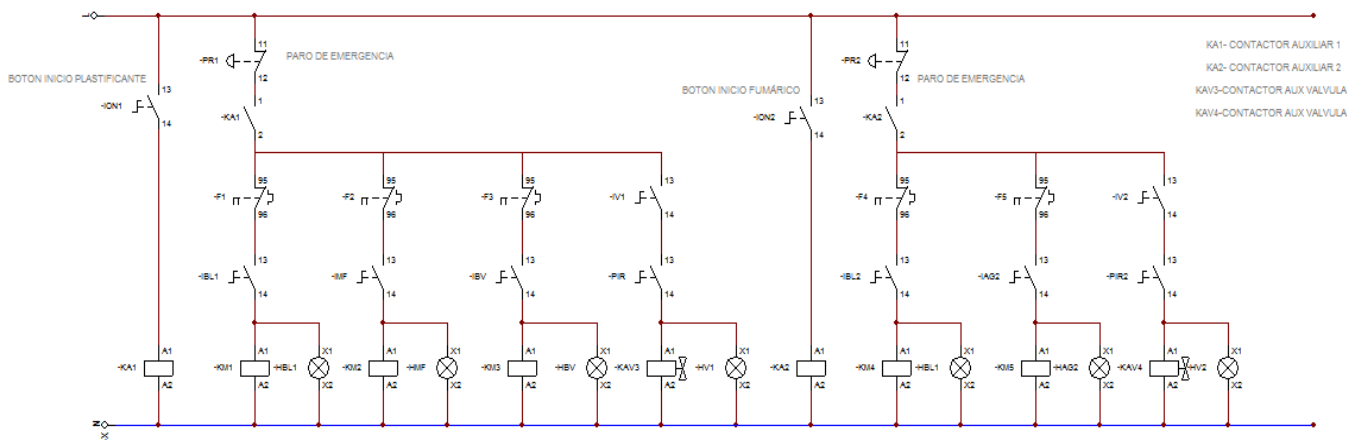


Figura 25. Diagrama de control

### 3.3 Diseño lámina frontal de tablero

Para instalar interruptores, indicadores, pirómetros, marcar nombre de la función de cada interruptor y separación de los elementos de cada reactor se diseñó una lámina en un software de diseño CAD para ser mecanizada en CNC y posteriormente colocarla en la parte frontal del tablero, teniendo en cuenta las siguientes medidas:

- Tablero de control medidas:
  - 755 mm largo.
  - 595 mm ancho
- Medidas de lámina:
  - 735 mm largo.
  - 574 mm ancho.
- Interruptores (paros de emergencia, indicadores) medida 11 mm de radio.
- Pirómetro XMTG-808 & XMTG-2301 medida:
  - 46 mm ancho.
  - 46 mm largo.

En la figura 29 se muestra el diseño final donde se cumple el orden de los componentes separando los elementos de cada reactor.

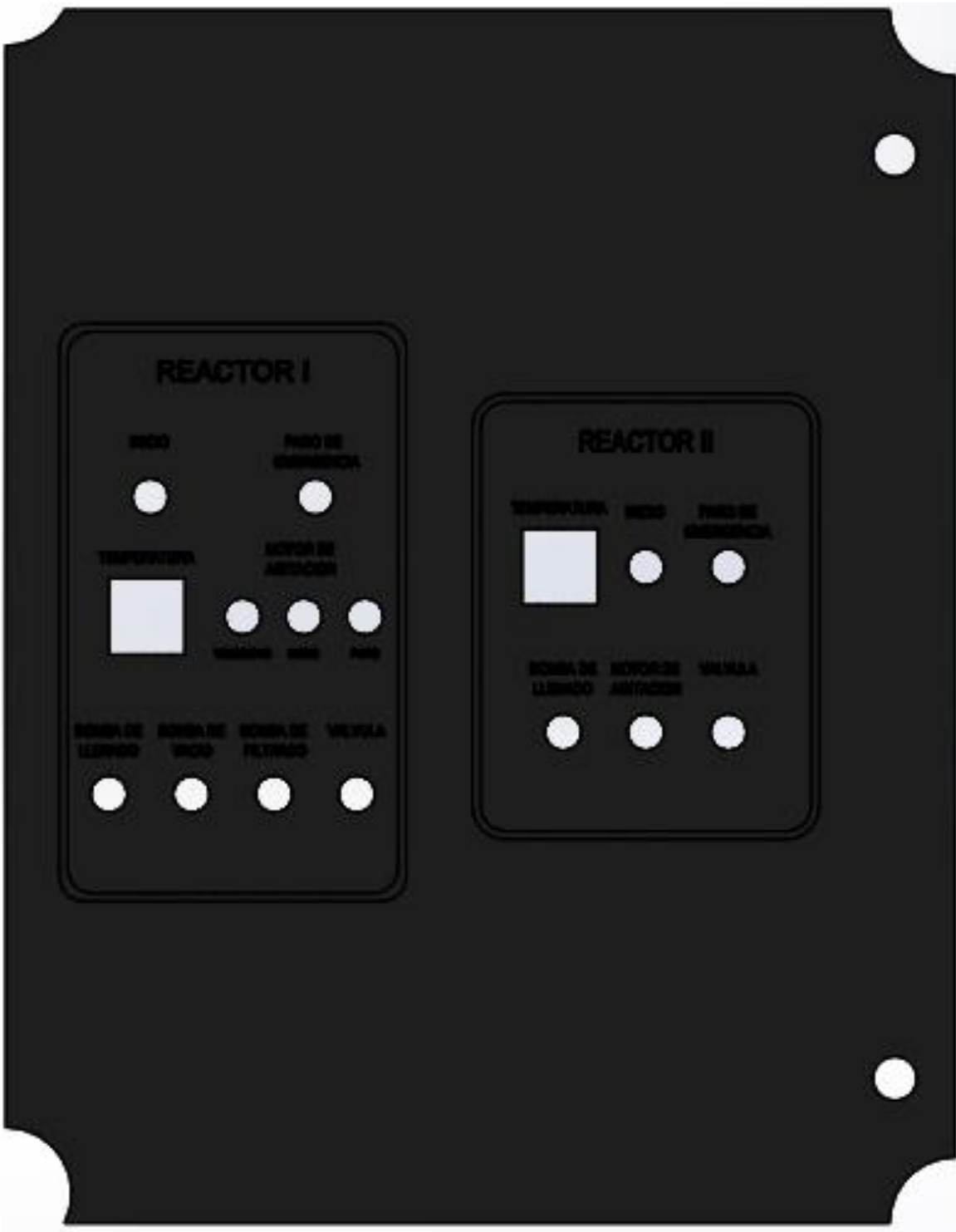


Figura 26. Diseño lamina parte frontal.



---

## 4. PLC Micrologix 1400

---

Rockwell Automation es una empresa Estadounidense que ofrece productos y soluciones en la parte industrial, esta compañía maneja una marca en componentes de automatización y sistemas de control integrados nombrada Allen-Bradley, podemos encontrar circuitos para protección y control de motores, computadoras e interfaces para operadores, controladores programables, sensores, etc. En PLC se destaca la familia Micrologix actualmente se tiene las referencias Micrologix 1000, 1100, 1200, 1400,1500. En este proyecto se escogió el autómatas Micrologix 1400 ya que este dispositivo se acomoda a las necesidades actuales de la empresa.

### 4.1 Introducción a Micrologix 1400 y características principales

El Micrologix 1400 de Rockwell Automation con referencia 1766-L32BWA es un controlador lógico compacto, es el complemento del Micrologix 1100 agregando una pantalla de cristal líquido incorporada con luz de retroalimentación permitiendo ver el estado de las entradas y salidas, la cual permite configurar los puertos de comunicación en especial el puerto Ethernet ajustando este puerto es posible conectar nuestro PLC a una computadora o a la red además tenemos la ventaja de hacer modificación a la lógica escalera mientras que el programa se está ejecutando.

En la figura 30 se describen las partes principales de nuestro autómatas, tiene trece secciones importantes que son:

- 1. Puerto número 2, 9 pines conector RS-232
- 2. Módulo de memoria.
- 3. Fuente de alimentación de 24 V.
- 4. Entradas digitales (Total 20).
- 5. Teclado de display LCD (ESC, OK, arriba, abajo, izquierda, derecha).
- 6. Compartimiento de batería.
- 7. Bus de conexión para expansiones 1762.
- 8. Conector de batería.
- 9. Salidas digitales (Total 12).
- 10 Display LCD.
- 11, Panel indicado LED
- 12. Puerto número 1, conector RJ45.
- 13. Puerto número 0, mini DIN 8 RS-232/RS-485 conector.

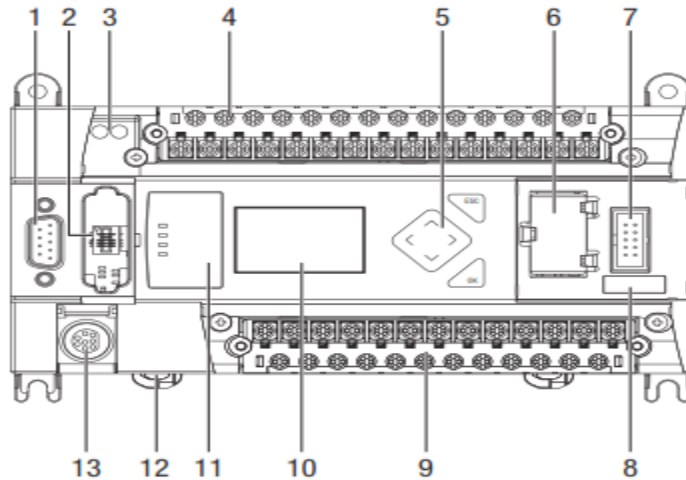


Figura 27. Partes principales Micrologix 1400 vista superior. [5]

Otras características importantes son:

- Memoria de programa de usuario de 10K palabras y memoria de datos de usuario de 10K palabras.
- Hasta 128 K bytes para registro de datos y 64 K bytes para recetas.
- Se puede añadir hasta siete módulos de entradas y salidas 1762 de expansión digitales y analógicos con 144 E/S discretas.
- El puerto Ethernet proporciona capacidades de transmisión de mensajes entre dispositivos similares, servidor de web y correo electrónico.
- La pantalla de cristal líquido incorporada con luz de retroalimentación permite ver el estado del controlador y de las E/S, y proporciona una simple interface de operador para mensajes, monitoreo de bits/números enteros y manipulación.
- Hasta 6 contadores de alta velocidad de 100 KHz (en controladores con entradas de CC).
- 2 puertos serie compatibles con los protocolos DF1/DH485/Modbus RTU/DNP3/ASCII

#### 4.2 Puertos de comunicación

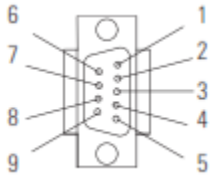
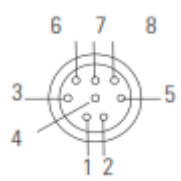
Este controlador Micrologix 1400 proporciona tres puertos de comunicación, un puerto aislado de comunicación RS-232/RS-485 (canal 0), puerto Ethernet (canal 1), y un puerto no aislado de comunicación RS-232 (canal 2).

Los canales 0 y 2 pueden ser conectados a las siguientes conexiones:

- Interfaz de operario, computadora, usando DF1 Full Duplex punto a punto.
- Red DH-485
- Red de Modem de radio DF1.
- Red DF1 half-duplex como Maestro RTU o Esclavo RTU.
- Red ASCII.
- Red Modbus como Maestro RTU o Esclavo RTU.
- Red DNP3 como esclavo

El puerto 0 nombrado Mini DIN 8 conformado por ocho pines de conexión, el puerto 2 nombrado DB-9 conformado por 9 pines, en la tabla 8 se explica la función de cada pin y el diagrama de estos dos puertos,

Tabla 8. Diagrama de conexión puertos de comunicación [6]

<b>Puerto 2: DB-9 RS232</b>	<b>Puerto 0: Mini Din 8 RS232/RS485</b>
 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Detector de conexión en línea (DCD)</li> <li>2. Recepción de datos (RxD).</li> <li>3. Transmisión de datos (TxD).</li> <li>4. DTE (DTR).</li> <li>5. Señal común de tierra.</li> <li>6. DCE (DSR)</li> <li>7. Petición de envío (RTS)</li> <li>8. Listo para enviar (CTS)</li> <li>9. No conexión.</li> </ol>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 24 Vcc.</li> <li>2. Tierra.</li> <li>3. Petición de envío (RTS)</li> <li>4. Recepción de datos (RxD).</li> <li>5. Detector de conexión de línea (DCD)</li> <li>6. Listo para enviar (CTS)</li> <li>7. Transmisión de datos (TxD).</li> <li>8. Tierra.</li> <li>9. No conexión.</li> </ol>

### 4.3 Software RSLogix 500 y RSLinx

Para poder programar nuestro PLC Micrologix 1400 necesitamos el software de programación RSLogix 500 en su versión 8.1 o posteriores, este software nos permite crear, modificar, verificar y monitorear programas para los controladores de la familia Micrologix de Allen-Bradley en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógica de escalera (Ladder). Este producto solo está disponible para el sistema operativo Windows.

RSLinx permite crear redes industriales utilizando los controladores programables de Allen-Bradley nos permite realizar:

- Configuración y programación en RSLogix y RSNetWorx.
- Aplicaciones HMI (interfaz operador-maquina) con RSView32.
- Aplicaciones de adquisición de datos mediante Microsoft Office, páginas Web o visual Basic.
- Optimización de datos y diagnósticos.
- Diagnósticos y configuración de dispositivos de red con RSNetWorx.
- Examen de redes y obtención de información sobre dispositivos. Por ejemplo, versión de firmware.

### 4.4 Conectar Micrologix 1400 a computadora por puerto Ethernet

A través del puerto Ethernet podemos programar nuestro controlador Micrologix 1400 desde un computador. Para lograr esta comunicación necesitamos un cable RJ45 no importa si es directo o cruzado y crear una red utilizando el software RSLinx. Primero necesitamos asignar a nuestro computador una dirección IP, desde nuestro PC

ingresamos a Panel de control/Redes e Internet/ Conexiones de red, Seleccionamos Ethernet se visualizara un menú como el mostrado en la figura 31. Seleccionamos "Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4) y luego damos click en propiedades. Encontraremos los espacios para configurar nuestra dirección IP llenamos las casillas tal como se muestra en la figura 32, damos aceptar después de completar la asignación de nuestra dirección IP.

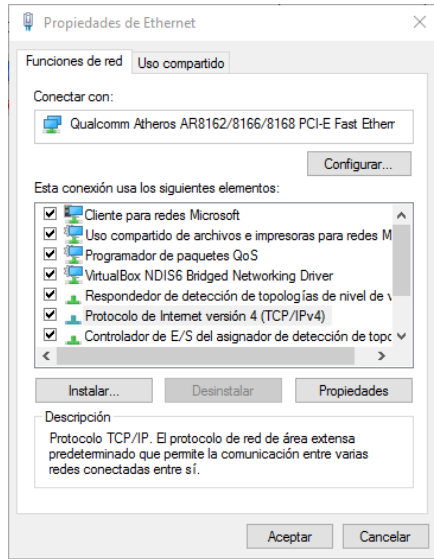


Figura 31. Propiedades Ethernet.

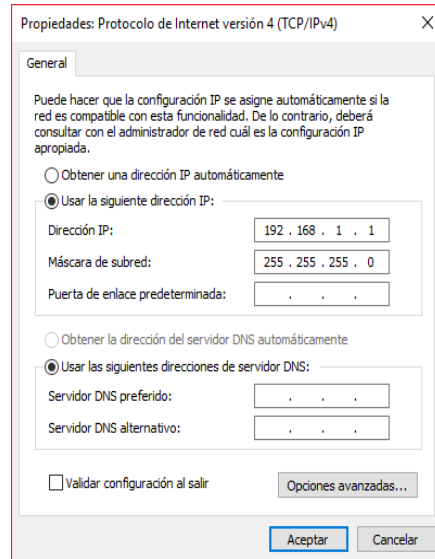


Figura 32. Configuración IP para PC

Ahora configuramos la dirección IP de nuestro PLC, después de alimentar nuestro dispositivo en el display LED se visualizara el estado de entradas y salidas como se muestra en la figura 33.

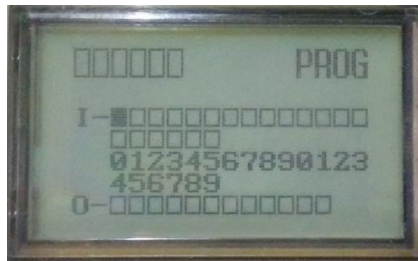


Figura 33. Display PLC estado entradas salidas

Presionar la tecla **ESC** para acceder al menú de configuraciones, luego con la tecla **BAJAR** buscamos la opción **Advanced Set** figura 34, y oprimimos **OK**.



Figura 34. Display PLC configuración Advanced Set.

En el menú de **Advanced Set** nos desplazamos con la tecla **BAJAR** a **ENET Cfg** figura 35 oprimimos **OK**, después ingresamos a la opción **IP Address** figura 36.



Figura 35. Display PLC configuración Ethernet.



Figura 36. Display PLC configuración IP

Para continuar con nuestra configuración es necesario insertar la contraseña de seguridad de nuestro autómatas figura 37, inicialmente está configurado sin ninguna clave si es así se puede seguir la configuración de IP oprimiendo **OK**.



Figura 37. Display PLC ingreso de contraseña

Después encontramos diferentes ajustes Modo Ethernet ingresamos en **static** oprimiendo la tecla **OK** y se visualizara en el display de nuestro autómatas los campos para insertar nuestra dirección IP, utilizando las teclas **Arriba, Abajo, Derecha e Izquierda** asignamos la IP como se muestra en la figura 38, Oprimimos **OK** e asignamos la Máscara de subred figura 39, El paso restante es guardar los cambios oprimimos **OK** hasta visualizar nuevamente la figura 34.



Figura 38. Display PLC ingreso IP

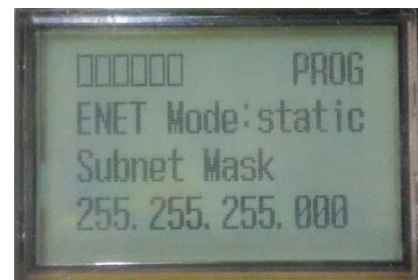



Figura 39. Display PLC ingreso sub-mascara de red

Es necesario enlazar la red creada en nuestro computador y nuestro PLC para esto necesitamos el software RSLinx, al abrir el programa RSLinx vamos a la opción **Configu**  **Drives** y se visualizara una ventana mostrada en la figura 40.

En el campo de **Available Driver Types** seleccionar la opción **Ethernet devices**, después dar click en **Add New** aparecerá un cuadro donde se escoge un nombre a la red creada después de nombrarla dar **OK** figura 41.

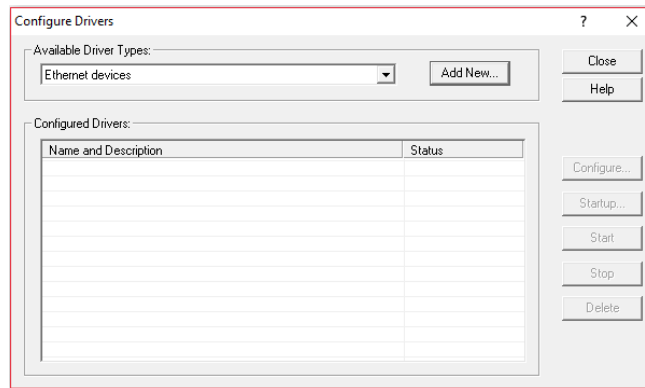


Figura 4029. Configuración Red en RSLinx

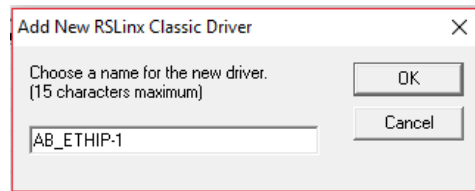


Figura 41. Ingresar nombre de Red

Se mostrara una ventana donde se escribe la dirección IP asignada a nuestro computador y PLC, llenar los campos como se muestra en la figura 42, luego dar click en **Aplicar y Aceptar**. Si la conexión física y de red es correcta en RSLinx se mostrara una ventana mostrando el nombre de la red y dispositivos conectados en este caso computadora y PLC figura 43.

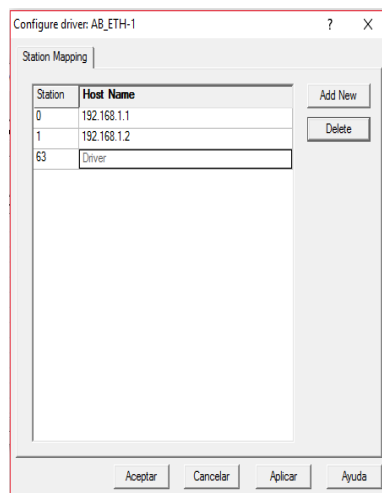


Figura 42. Ingreso de IP PLC y PC para configuración de Red en RSLinx

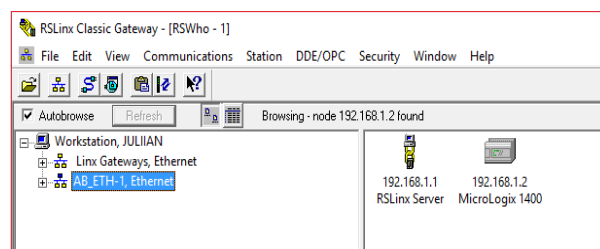


Figura 30. Configuración terminada de comunicación Ethernet

---

## 5. Centrifuga RINA, Variador de velocidad Yaskawa A1000, y conexión con PLC Micrologix 1400

---

### 5.1 Variador de velocidad Yaskawa A1000.



Variador vectorial de alto rendimiento y flexibilidad, con diversas funciones para múltiples aplicaciones. Permite el control de diferentes tipos de motor como motores de inducción, motores de imán permanente interior (IPM) o de imán semipermanente (SPM) y motores sincronizados.

#### Características generales.

- Control vectorial de lazo cerrado.
- Autodiagnóstico de mantenimiento.
- Regulación de torque y posición.
- 7 métodos de control de autoajuste.
- Torque de arranque de 200% a 0 Hz.
- Control de motores de imán permanente.
- Control de velocidad hasta 1500:1.
- Tecnología de accionamiento avanzada.
- Capacidad de sobrecarga de 150% por un minuto (trabajo pesado) y 120% durante un

Ilustración 44. Variador de velocidad Yaskawa A1000

minuto (trabajo normal).

- Incluye puerto USB para una rápida conexión y ajuste entre PC y variador.
- Protocolos industriales: DeviceNet, Ethernet, Profibus, entre otros.
- Potencias:
  - 3/4 a 175 HP-240 VAC 3-pH.
  - 3/4 a 1000 HP-480 VAC 3-pH.
  - 1 a 250 HP-600 VAC 3-pH.

*Las conexiones mecánicas y eléctricas se encuentran en el manual de usuario (SIEPC71061631, capítulo dos página 37 y capítulo 3 página 47)*

Para configuración de parámetros, mostrar datos información sobre fallas alarmas y ingresar comandos de MARCHA y PARO el variador cuenta con un operador digital.



Tabla 9. Explicación teclado variador YASKAWA A1000 [7]

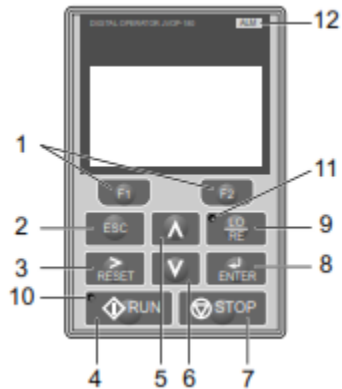


Figura 45. Panel de operador variador YASKAWA A1000 [7]

Nro.	Pantalla	Nombre
1		Tecla de función (F1,F2)
2		Tecla ESC
3		Tecla Reset
4		Tecla Marcha
5		Tecla de flecha hacia arriba
6		Tecla de flecha hacia abajo
7		Tecla PARO
8		Tecla ENTER
9		Tecla de selección LO/RE
10		Luz Marcha
11		Luz LO/RE
12		Luz ALM

## 5.2 Comunicación Variador Yaskawa A1000 con PLC Micrologix

Inicialmente se estudió un protocolo de comunicación industrial para transmitir información entre los dos dispositivos, tanto el plc Micrologix 1400 y el variador Yaskawa A1000 cuentan con el protocolo Modbus RTU con el bus RS-485, en el plc se encuentra la configuración en el puerto 0 (MINI DIN-8). Para completar nuestra red DH-485 es necesario adquirir un cable de comunicación 1763-NC01 figura 46, por lo cual no fue posible realizar esta comunicación por disponibilidad del cable con el representante de Allen Bradley en Colombia. La solución más factible fue mediante conexiones cableadas punto a punto esto es posible hacerlo gracias a los ocho bornes de multifunción que tiene el variador A1000 enumeradas de S1 a S8.





Figura 46. Cable para red DH-485 1763-NC01

En el manual de usuario (SIEPC71061631, página 207 [7]) de Yaskawa se encuentra la configuración de parámetros para entradas digitales multifunción nombradas H1-01 hasta H1-08 y la lista de comandos que se pueden seleccionar para asignar la función. En la siguiente tabla 10 se muestra la configuración realizada para controlar el motor Siemens 1LA4187-4YA80.

Tabla 10. Configuración parámetros Multifunción [7]

Nro.	Nombre de Parámetro	Función
H1-01	Entrada digital multifunción Terminal S1	(42) Marcha
H1-02	Entrada digital multifunción Terminal S2	(43) Comando FWD/REV <sub>&lt;1&gt;</sub>
H1-03	Entrada digital multifunción Terminal S3	(3) Referencia velocidad 1
H1-04	Entrada digital multifunción Terminal S4	(4) Referencia velocidad 2
H1-05	Entrada digital multifunción Terminal S5	(5) Referencia velocidad 3

<1> comando para inversión de giro.

Para configuración de referencia de velocidad revisar (SIEPC71061631, página 170 [7]) donde se muestra las posibles 17 combinaciones de velocidad en este caso se utilizó las referencias (d1-02= 5, d1-03=10, d1-05=15, d1-09=18.5) al estar todos los interruptores en ON se activa la referencia d1-09 de velocidad 4, La frecuencia se ajustó a estos valores teniendo en cuenta la velocidad máxima de la centrifuga ver tabla 2. A una frecuencia de 18.5 Hz la velocidad es aproximadamente 540 rpm, el valor d1-01 es utilizado como referencia de velocidad al dar orden de marcha al variador el cual no se utilizó por seguridad al operador,

### 5.3 Programación Ladder RSLogix 500 para equipo de Centrifugado RINA

El equipo de centrifugado actualmente en la empresa Recuperadora JR no está en funcionamiento por causa de mantenimiento e implementación de un sistema de control por lo tanto el PLC Micrologix 1400 controlara el funcionamiento de este equipo las partes principales se muestran en la figura 47 Se estudió las variables de entrada y salida digitales teniendo en cuenta que el voltaje de entrada máximo es 24 V y salida 240 V tabla 11.

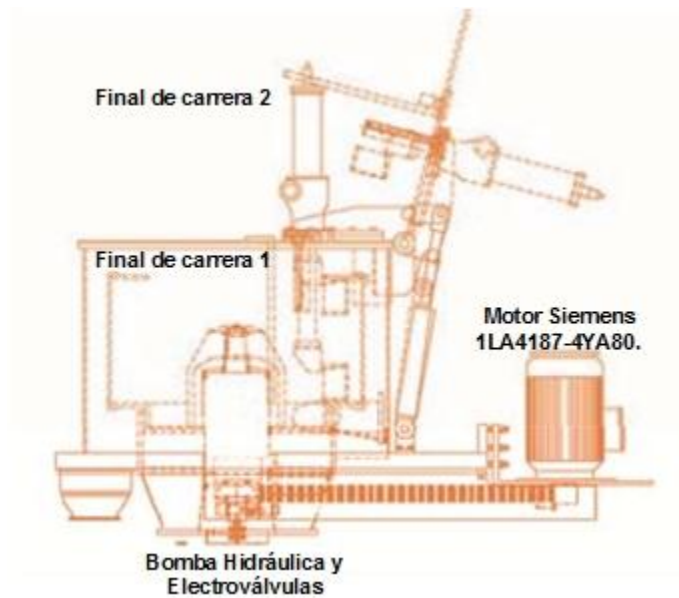


Figura 47. Esquema de componentes principales centrifuga Rina

Tabla 11. Lista de entradas y salidas del PLC Micrologix 1400

Nro. de Entrada.	Función	Nro. de Salida	Función
0	Interruptor Inicio, Marcha Variador (Multifunción S1- comando 42)	0	Orden de Marcha Variador de velocidad Yaskawa A100.
1	Interruptor Inversión de giro (Multifunción S2- comando 43)	1	Orden Variador Inversión de Giro
2	Interruptor Referencia Velocidad 1 (Multifunción S3-comando 3)	2	Orden Variador Velocidad 1 (Referencia=5)
3	Interruptor Referencia Velocidad 2 (Multifunción S4-comando 4)	3	Orden Variador Velocidad 2 (Referencia=10)
4	Interruptor Referencia Velocidad 3 (Multifunción S5-comando 5)	4	Orden Variador Velocidad 3 (Referencia=15)
5	Final de carrera 1	5	Encendido Bomba Hidráulica
6	Final de carrera 2	6	Accionamiento Electroválvula 1
7	Interruptor Encendido Hidráulico	7	Accionamiento Electroválvula 2

El programa final en RSLogix se muestra en la figura 48. Las condiciones que más se tuvieron en cuenta al realizar el código fueron:

- Al pulsar el interruptor número 0 Run no puede comenzar a girar el motor, solo si se activa correctamente la combinación de botones.
- Garantizar que no se activen las dos electroválvulas simultáneamente.

- La bomba hidráulica solo debe accionarse si se pulsa el interruptor número 7.
- Mínimo tener 3 velocidades para el motor.
- El accionamiento de las electroválvulas solo se debe realizar si está activo el interruptor número 7.
- La inversión de giro debe efectuarse sin necesidad de desactivar el interruptor Run número 0.

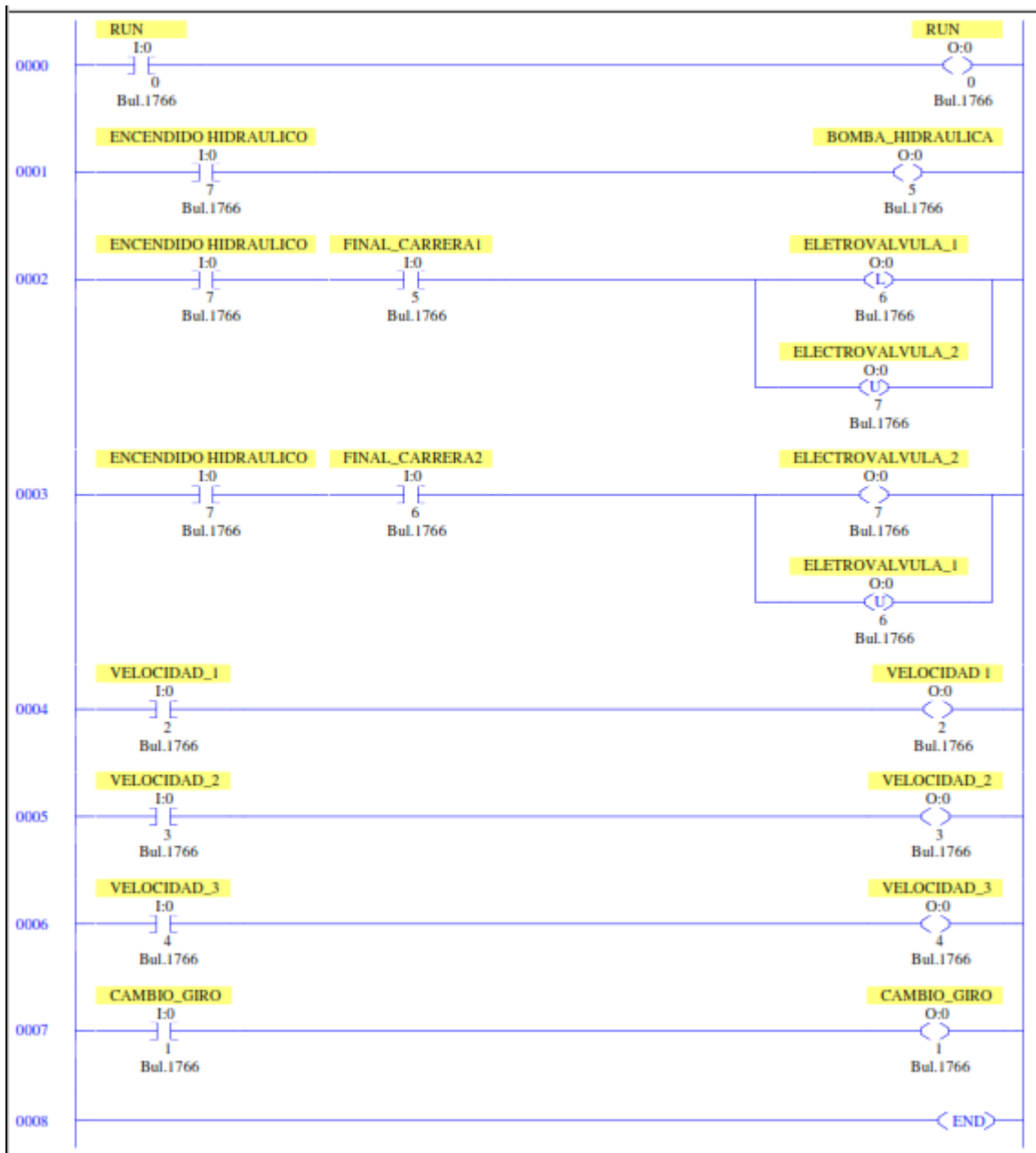


Figura 48. Programa final programación para control de componentes en el equipo de centrifugadora RINA

---

## 6. Conclusiones

---

- Para diseño de un mando de control es importante tener en cuenta la protección de los componentes eléctricos, situando en el esquema (breaker, contactores, relés térmicos) la seguridad necesaria aun para los operarios es necesario un breaker para cada bomba y motor pero si estos por alguna razón falla se puede apagar con el interruptor principal del reactor aun si se presenta algún segundo fallo es posible apagar todos los equipos presentes en los reactores por el breaker principal en el tablero de control (*ver página 19*).
- Los controladores XMTG son una opción económica y de fácil uso para control y visualización de temperatura en un tablero de mando, además permite conectar varios tipos de termocuplas o termoresistencias sin adicionar ningún circuito de acondicionamiento para lectura de la medición cumpliendo así las necesidades de inspección de temperatura sobre los reactores.
- La comunicación punto a punto realizada entre el PLC Micrologix 1400 y Variador de velocidad Yaskawa A1000 permitió el control del motor Siemens, buen funcionamiento y fue una solución económica, sin embargo se necesitó mayor cableado para conexiones, se tiene menos manipulación sobre el motor y se requiere mayor número de salidas del PLC.
- El PLC Micrologix 1400 realizo las funciones de control propuestas sobre los componentes del equipo de centrifugado, igualmente el software de programación y comunicación del autómatas se adaptaron a las necesidades presentadas para puesta de funcionamiento del equipo.

---

## 7. Bibliografía

---

[1] **Operation Manual for microcomputer based digital temperatura controller XMT-808 series**, disponible en internet: [En línea]

[http://www.sah.rs/Termoregulatori/Manual/YUYAO/XMT-808\(2007\).pdf](http://www.sah.rs/Termoregulatori/Manual/YUYAO/XMT-808(2007).pdf)

[2] **XMTG-2301-J digital temperatura controller Operation Instruction**, disponible en internet: [En línea]

<http://www.fctcl.com/Upload/%E4%BA%A7%E5%93%81%E4%B8%AD%E5%BF%83/CONTROLLER/XMTG2301Jdigitaltemperaturecontroller-14320696379.pdf>

[3] **El uso de las termocuplas**, disponible en internet: [En línea]

[http://de-de.wika.de/upload/DS\\_IN0023\\_es\\_es\\_62452.pdf](http://de-de.wika.de/upload/DS_IN0023_es_es_62452.pdf)

[4] **Antonio Creus, Instrumentación Industrial, sexta edición, Editorial: Marcombo S.A, Barcelona, España, 1997**

[5] **Micrologix 1400 Programmable Controllers Bulletin 1766 Controllers and 1762 Expansion I/O**, disponible en internet: [En línea]

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1766-um001\\_en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1766-um001_en-p.pdf)

[6] **Micrologix 1400 Programmable Controllers Bulletin 1766**, disponible en internet: [En línea]

[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1766-rm001\\_en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1766-rm001_en-p.pdf)

[7] **Yaskawa AC Drive-A1000 Technical Manual, SIEPC71061631**, disponible en internet: [En línea]

<http://www.nucodrives.com/downloads/SIEPC71061631.pdf>

