



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TÍTULO:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y  
CONTROL PARA EL LLENADO EN LOS BUCOS  
DE ALMACENAMIENTO DE SALMUERA DE LA COMPAÑÍA  
PROMARISCO S.A**

**AUTORES:**

**YELA CARRIEL CRISTHIAN ALBERTO**

**ANDRADE CAICEDO RAFAEL GABRIEL**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. BYRON LIMA**

**GUAYAQUIL, MAYO 2015**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Todos los conceptos desarrollados, análisis realizados y conclusiones del presente trabajo de titulación, son de exclusividad y responsabilidad de los autores y la propiedad intelectual es de la Universidad Politécnica Salesiana.

**Guayaquil, abril del 2015**

(f) \_\_\_\_\_

Cristhian Alberto Yela C.

(f) \_\_\_\_\_

Rafael Gabriel Andrade C.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme haber alcanzado una meta más en mi vida, por los triunfos y momentos difíciles que sin duda me enseñaron a levantarme sin reproches y con la convicción de ser mejor.

A mis padres y hermanos, pilar fundamental y respaldo incondicional que tuve en cada momento a lo largo de mi trayectoria académica.

A mi familia y compañeros, que con sus ejemplos guiaron gran parte de mi aprendizaje, demostrándome que solo se mira atrás para no volver y que el camino es una línea recta hacia el horizonte.

**Cristhian Alberto Yela Carriel**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi mamá, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño incondicional.

A mi padre, quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. A mi hijo, quien es el regalo más grande que me ha dado la vida.

A mis hermanos, quienes han estado junto a mí brindándome su apoyo. A mis familiares y amigos por compartir conmigo buenos y malos momentos

Ustedes son parte de mi vida y de mis alegrías.

**Rafael Gabriel Andrade Caicedo**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios por haberme protegido y permitirme alcanzar una de mis metas más anheladas, por la sabiduría que me dio para saber sobre llevar los momentos difíciles y la alegría en los momentos de éxito.

A mi madre, por sus noches de desvelo y angustias, por los inmemorables esfuerzos y ejemplos que me ofreció para culminar de forma apropiada mi formación académica.

A mi padre por los consejos y ejemplos que me brindó durante mi formación, por su predisposición a ayudarme sin condiciones.

A mis hermanos por acompañarme en gran parte de mi vida y estar junto a mí compartiendo momentos de alegrías y tristezas.

Al Ing. Byron Lima, tutor del proyecto por su constante apoyo y seguimiento para la culminación del mismo.

Un agradecimiento especial al Ing. Henry Cruz y al Ing. Oscar Calero representantes de PROMARISCO S.A., por el voto de confianza y haberme brindado la oportunidad de desarrollar este proyecto bajo su aprobación.

**Cristhian Alberto Yela Carriel**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre María Leonor, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi hijo Rafaelito que con su mirada y sonrisa me demostró la gran fé que tiene en mí.

A mi padre Luis, mis hermanos Raúl y Raí, por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.

A mi amigo Cristhian y colegas de Promarisco porque sin el equipo que formamos no hubiéramos logrado esta meta.

A mi compadre Henry y amigo Oscar por su valiosa e incondicional ayuda en el desarrollo de la tesis.

Gracias a todos los familiares, amigos y personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

**Rafael Gabriel Andrade Caicedo**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVI
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Delimitación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Variables e Indicadores.....	4
1.5.1. Variables.....	4
1.5.2. Indicadores.....	4
1.6. Metodología.....	4
1.6.1. Métodos.....	4
1.6.1.1. Método Deductivo.....	4
1.6.1.2. Método Inductivo.....	5
1.6.2. Técnicas 5	
1.6.2.1. Técnica Documental.....	5
1.6.2.2. Técnica de campo.....	5
1.6.3. Instrumentos de investigación y recolección de datos.....	5
1.6.3.1. Investigación Científica.....	5
1.6.3.2. Investigación Experimental.....	5
1.7. Población y Muestra.....	6
1.7.1. Población.....	6
1.7.2. Muestra. 6	

1.8. Resumen de la propuesta.....	6
1.9. Beneficiarios.....	7
1.10. Impacto. ....	7
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1. Presión Hidrostática. ....	8
2.2. Medición de Presión Hidrostática .....	9
2.2.1. Principio de medición.....	9
2.2.2. Modo de funcionamiento .....	9
2.2.3. Transmisor de presión hidrostática WIKA Modelo S-11.....	9
2.2.4. Señales de salida.....	10
2.2.5. Alimentación de corriente .....	11
2.2.6. Precisión .....	11
2.2.7. Esquema de conexiones .....	11
2.2.8. Dimensiones sensor Wika Modelo S-11 .....	12
2.2.9. Montaje del conector de salida lateral DIN 175301-803 A .....	12
2.3. Medición de temperatura.....	13
2.3.1. Sensor de temperatura PT100 .....	13
2.3.2. Ventajas del sensor PT100 .....	14
2.3.3. Conexión del sensor PT-100 .....	14
2.3.3.1. Conexión con dos hilos .....	15
2.3.3.2. Conexión con tres hilos .....	15
2.3.3.3. Conexión con cuatro hilos.....	16
2.3.4. Auto calentamiento y corriente de excitación .....	16
2.3.5. Dimensiones .....	17
2.4. Válvula Proporcional Digital GEA-20PD.....	17
2.4.1. Características técnicas .....	19
2.4.2. Características de diseño .....	19
2.4.3. Guía de montaje e instalación .....	20
2.4.4. Diagrama de cableado .....	20
2.4.5. Dimensiones .....	21
2.5. Control PID .....	22
2.5.1. La ecuación del PID .....	22
2.5.2. Diagrama PID.....	22

2.6. Promarisco S.A.....	23
2.7. Diagrama de proceso.....	24
2.8. Preparación de salmuera.....	24
2.9. Materia Prima.....	24
2.10. Congelación Cabinplant.....	25
2.11. Glaseadores 1 - 2.....	25
2.12. Advantec 1 - 2.....	26
2.13. Codificación y empaque .....	26
2.14. Producto terminado .....	27
CAPÍTULO 3: DESARROLLO .....	28
3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA .....	28
3.1. ANÁLISIS DEL PROCESO.....	28
3.2. Dimensionamiento de sensores .....	31
3.2.1. Sensor de presión .....	31
3.2.2. Rango de presión.....	31
3.2.3. Sensor de temperatura .....	33
3.3. Selección de válvula proporcional .....	34
3.3.1. Análisis de alternativas de válvulas .....	34
3.3.1.1. Válvulas Neumáticas.....	34
3.3.1.2. Válvulas eléctricas.....	35
3.4. El controlador.....	35
3.4.1. Dimensionamiento del controlador .....	36
3.4.2. Esquema de conexiones y montaje.....	36
3.4.3. Montaje de elementos de protección .....	37
3.4.4. Programación .....	38
3.4.4.1. Escalamiento de señales analógicas .....	38
3.4.4.2. Conversión de señales de corriente a voltaje .....	39
3.4.4.3. Escalamiento del Transmisor de presión.....	40
3.4.4.4. Escalamiento del transmisor de temperatura.....	41
3.4.4.5. Control PID .....	45
3.4.4.6. Optimización del sistema .....	47
3.4.5. Paro de emergencia .....	48
3.5. Programación del HMI.....	48

3.5.1. Selección de HMI.....	49
3.5.2. Creación de Imágenes .....	49
3.6. Montaje de equipos de control. ....	55
3.6.1. Montaje de la válvula proporcional.....	55
3.6.2. Selección del tablero .....	56
3.6.3. Montaje de TOUCH PANEL KTP-700 .....	56
3.6.4. Colocación de canaletas. ....	57
3.6.5. Montaje de los elementos de protección y fuente de alimentación.....	58
3.6.5.1. Fuente de alimentación 24 VDC.....	58
3.6.5.2. Breaker Protección 24 VDC.....	59
3.6.6. Montaje del PLC .....	60
3.7. Pruebas de funcionalidad .....	60
CONCLUSIONES .....	64
RECOMENDACIONES.....	65
CRONOGRAMA .....	66
PRESUPUESTO .....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Diagrama de línea de congelación #1 compañía PROMARISCO S.A. ....	6
Figura 2.1: Presión Hidrostática.....	8
Figura 2.2: Transmisor de presión.....	9
Figura 2.3: Datos de placa sensor. Wika Modelo S-11.....	10
Figura 2.4: Esquema de conexiones sensor Wika Modelo S-11.....	12
Figura 2.5: Dimensiones sensor Wika Modelo S-11.....	12
Figura 2.6: Dimensiones sensor Wika Modelo S-11.....	13
Figura 2.7: Curva de valores óhmicos vs temperatura PT100. ....	14
Figura 2.8: Conexión de sensores PT100.....	14
Figura 2.9: Diagrama de conexiones con dos hilos PT100.....	15
Figura 2.9: Diagrama de conexión con tres hilos.....	15
Figura 2.10: Diagrama de conexión con cuatro hilos.....	16
Figura 2.11: Dimensiones de PT100.....	17
Figura 2.12: Válvulas proporcionales digitales GEA-20PD.....	17
Figura 2.12: Datos técnicos válvula proporcional GEA-20PD.....	18
Figura 2.13: Características de diseño válvula proporcional GEA-20PD.....	20
Figura 2.14: Guía de montaje válvula proporcional GEA-20PD.....	20
Figura 2.15: Diagrama de cableado válvula proporcional GEA-20PD.....	21
Figura 2.16: Dimensiones válvula proporcional GEA-20PD.....	21
Figura 2.17: Diagrama PID. ....	22
Figura 2.18: Diagrama de proceso compañía PROMARISCO S.A.....	24
Figura 2.19: Banda descabezado compañía PROMARISCO S.A. ....	25
Figura 2.20: Equipo Cabinplant compañía PROMARISCO S.A. ....	25
Figura 2.21: Equipo glaseador PROMARISCO S.A. ....	26

Figura 2.22: Equipo advantec PROMARISCO S.A. ....	26
Figura 2.23: Master codificados PROMARISCO S.A.....	27
Figura 2.24: Producto terminado PROMARISCO S.A.....	27
Figura 3.1: Diagrama de tuberías. ....	28
Figura 3.2: Diagrama de tuberías y control.....	29
Figura 3.3: Vaso comunicante.....	29
Figura 3.4: Válvula proporcional con bypass.....	30
Figura 3.5: Ubicación de sensores.....	30
Figura 3.6: Transmisor de presión.....	32
Figura 3.7 : Pt100. ....	33
Figura 3.8: Transductor de pt100 4-20 mA.....	33
Figura 3.9 Transmisor de temperatura. ....	33
Figura 3.10 Conexión de transmisor de temperatura.. ....	34
Figura 3.11 Válvula proporcional. ....	35
Figura 3.12: Diagrama de entradas y salidas del PLC. ....	36
Figura 3.13 Diagrama de conexiones.....	36
Figura 3.14: Montaje de elementos de protección y fuente de alimentación.....	37
Figura 3.15: Cableado del tablero control.....	37
Figura 3.16: Conexión de signal board. ....	38
Figura 3.17: Grafica conversión de señal de corriente a voltaje.....	39
Figura 3.18 Conexión de resistencia en las entradas analógicas.....	40
Figura 3.19: Escalamiento del trasmisor de presión. ....	41
Figura 3.20: Ecuación de la linealidad del sensor de temperatura. ....	42
Figura 3.21: Grafica de linealidad sensor de temperatura.....	42
Figura 3.22: Bloques de escalamiento de señales analógicas. ....	43

Figura 3.23: Segmento de activación manual. ....	43
Figura 3.24: Secuencia de activación manual. ....	44
Figura 3.25: Segmento de activación automática.....	44
Figura 3.26: Lazos de control. Secuencias de activación del modo automático.....	45
Figura 3.27: Bloque PID_Compac_1.....	45
Figura 3.28: Limites bloque PID.....	46
Figura 3.29: Grafica de valores de proceso.....	46
Figura 3.30: Grafica del control PID optimizado.....	47
Figura 3.31 Ganancias del controlador PID.....	47
Figura 3.32 Segmento de parada de emergencia.....	48
Figura 3.33 Selección de HMI. ....	49
Figura 3.34: Pantalla principal HMI. ....	49
Figura 3.35: Imagen_1. ....	50
Figura 3.36 Asignación de variable botón START.....	51
Figura 3.37 Evento botón Start. ....	51
Figura 3.38 Asignación de variable interruptor PEDIDO.....	52
Figura 3.39: Asignación de variable indicador de nivel.....	52
Figura 3.40: Configuración del botón F1. ....	53
Figura 3.41: Configuración del botón F2. Selección de eventos. ....	53
Figura 3.42: Pantalla de modo manual del sistema.....	54
Figura 3.43 Conexión de variable al campo de entrada valor de apertura. ....	54
Figura 3.44: Montaje de válvula proporcional. ....	55
Figura 3.45: Cable Belden 2x18.....	55
Figura 3.46: Tablero de Schneider. ....	56
Figura 3.47: Calado para TOUCH PANEL. ....	56

Figura 3.48: Montaje del TOUCH PANEL. ....	57
Figura 3.49: Colocación de canaletas.....	57
Figura 3.50: Elementos de protección.....	58
Figura 3.51: Fuente de alimentación 24VDC.....	59
Figura 3.52: Protección del control 24VDC. ....	59
Figura 3.53: Montaje del PLC.....	60
Figura 3.54: Tablero de control energizado.. ....	60
Figura 3.55: Sensor de Transmisor de presión.....	61
Figura 3.56: Vaso comunicante.....	61
Figura 3.57: Funcionamiento de Válvulas. ....	62
Figura 3.58: Ubicación del tablero de control.....	62
Figura 3.59: Vista frontal del touch panel.....	63
Figura 3.60: Lecturas de nivel y temperatura de los bucos.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos técnicos válvula GEA-20PD.....	18
Tabla 3.1 Muestreo de las lecturas analógicas del transmisor de presión.....	40
Tabla 3.2 Muestreo de los valores del transmisor de temperatura.....	41
Tabla 3.3 Valores de consumo de corriente elementos de control.....	58

## ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1: Datos técnicos salida analógica transmisor WIKA S11 .....	72
Figura 2: Dimensiones del transmisor de presión WIKA S11.....	73
Figura 3: Instalación de válvula proporcional.....	74

## RESUMEN

AÑO	ALUMNO/S	DIRECTOR DE TESIS	TEMA TESIS
2015	CRISTHIAN ALBERTO YELA CARRIEL  RAFAEL GABRIEL ANDRADE CAICEDO	ING. BYRON LIMA	DISEÑO E IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA EL LLENADO EN LOS BUCOS DE ALMACENAMIENTO DE SALMUERA DE LA COMPAÑÍA PROMARISCO S.A.

La presente tesis: **“DISEÑO E IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA EL LLENADO EN LOS BUCOS DE ALMACENAMIENTO DE SALMUERA DE LA COMPAÑÍA PROMARISCO S.A.”** tiene sus fundamentos en la integración de las diferentes áreas estudiadas en la carrera de la Ingeniería Electrónica junto con el campo de la automatización y control , con la finalidad de solucionar el desperdicio de salmuera en la compañía PROMARISCO S.A.

El objetivo del proyecto es diseñar e implementar en la compañía PROMARISCO S.A. un sistema de supervisión y control en sitio para el llenado de los bucos de almacenamiento de salmuera, supervisando el mismo mediante un touch panel, para llenar los buco con salmuera se instaló una válvula neumática de apertura proporcional en la tubería de alimentación del buco #3, para llenar los dos bucos restante se ubicó un vaso comunicante que unió los tres bucos, de esta forma se tendrán los tres bucos al mismo nivel y compartirán la misma salmuera generando menos pérdidas de temperatura en el buco 1 por ingreso de producto. Para la medición de los niveles se consideró utilizar el principio de medición por presión hidrostática, utilizando sensores de presión que permiten calcular el nivel mediante la columna de agua.

El proyecto culmina con un análisis de pérdidas y experiencia de los operadores de las líneas de congelación.

## **PALABRAS CLAVES**

Supervisión y Control, Presión Hidrostática, Salmuera, Buco.

## ABSTRACT

YEAR	STUDENT/S	THESIS DIRECTOR	THESIS TOPIC
2015	CRISTHIAN ALBERTO YELA CARRIEL  RAFAEL GABRIEL ANDRADE CAICEDO	ING. BYRON LIMA	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR FILLING IN BRINE BUCOS STORAGE COMPANY PROMARISCO S.A.

This thesis: "**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR FILLING IN BRINE BUCOS STORAGE COMPANY PROMARISCO S.A.**" is founded on the integration of the different areas studied in the race of Electronic Engineering with the field of automation and control, in order to solve the waste brine in the company Promarisco SA

The aim of the project is to design and implement the company Promarisco SA a monitoring and control room for filling storage bucos brine, supervising the same using a touch panel, to fill buco with brine pneumatic proportional valve opening was installed in the supply pipe buco # 3 to fill the remaining two bucos a communicating vessel uniting the three bucos, thus the three bucos have the same levels and share the same brine generating less temperature losses in income buco 1 output was. For measuring the level off was considered to use the principle of hydrostatic pressure measurement using pressure sensors that can calculate the level through the water column.

The project culminates in a loss analysis and operator experience freezing lines.

**KEYWORDS:**

Supervision and Control, Hydrostatic Pressure, Pickled, Buco.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto trata sobre el diseño e implantación de un sistema de supervisión y control para el llenado en los bucos de almacenamiento de salmuera de la compañía PROMARISCO S.A.

La salmuera es una sustancia que por su composición química representa un alto riesgo para el personal de planta que tenga contacto con la misma, el costo de producción es elevado por lo que el desperdicio de esta genera grandes pérdidas para la compañía.

La implementación de este sistema es de vital importancia ya que ayuda de forma directa a los operadores de la planta, realizando el control de los niveles de salmuera en los bucos para que disminuya el desperdicio de los mismos.

Las herramientas, materiales y software que se utilizan para el diseño del control proporciona un sistema con una alta precisión en el muestreo y la adquisición de datos, al ser estos materiales electrónicos, brindan una fina precisión en sus valores, generando un beneficio para el personal de operación como para los analistas de calidad.

El Capítulo 1 muestra los hechos preliminares como el planteamiento del problema, delimitación, objetivos, justificación, variables e indicadores, metodología, técnicas, instrumentos de investigación y recolección de datos, población y muestra, beneficiarios e impacto, en el Capítulo 2 se detallan los fundamentos teóricos de este proyecto, en el Capítulo 3 se desarrolla el proceso de diseño y construcción del sistema de supervisión y control.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del Problema.**

La salmuera es una sustancia salobre que en la actualidad se la utiliza en el sistema de refrigeración de la compañía **PROMARISCO S.A.** como un transmisor de calor en las líneas de congelación de camarón.

El descuido en el llenado de los reservorios de salmuera provoca que los bucos se rebosen produciendo un gran desperdicio y un alto riesgo de accidente, al encontrarse el producto derramado en los alrededores del buco.

En la actualidad el llenado de los bucos y el control de temperatura se lo realiza de forma manual, obligando a que un operador se encuentre de forma continua en el sitio supervisando el nivel y la temperatura de los mismos , para desactivar el llenado cuando considere que se ha llegado al nivel deseado y a la temperatura requerida.

### **1.2. Delimitación.**

El sistema de control del llenado está dirigido para los tres bucos de salmuera de la línea de congelación #1 de la compañía **PROMARISCO S.A.** ubicada en el Km 6,5 de la vía Duran Tambo.

Para obtener el nivel de los bucos se utilizó el principio de medición de nivel por presión hidrostática, mediante un transmisor de presión hidrostática con una salida analógica de 4-20 mA, el procesamiento de las señales analógicas y los lazos de control se los realiza con el PLC marca **SIEMENS** modelo S7-1200, la visualización de estos datos se las obtiene a través de un **TOUCH PANEL** marca **SIEMENS** modelo **KTP 700**, el llenado de los bucos se lo desarrolla con la apertura proporcional de una válvula eléctrica con una entrada analógica de 4-20 mA, la apertura proporcional de la válvula motorizada se la ejecuta mediante un control **PID** (proporcional integral derivativo). Adicional se supervisa la temperatura de los bucos mediante un sensor de temperatura **PT100** con un transductor de salida 4-20 mA.

La ejecución del presente proyecto se la realizó en el periodo de septiembre 2014 a febrero 2015.

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Diseñar e implementar en la compañía PROMARISCO S.A. un sistema de supervisión y control en sitio para el llenado de los bucos de almacenamiento de salmuera, supervisando el mismo mediante un touch panel.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Instalar un vaso comunicante entre los tres bucos para trasladar la salmuera desde el segundo buco a los restantes.
- Instalar un transmisor de presión hidrostática en el buco #2 de salmuera de la línea de congelación #1 para medir el nivel.
- Realizar las respectivas relaciones de presión – nivel para visualizar su procesamiento.
- Aplicar un control PID (Proporcional Integral Derivativo) para la apertura de la válvula neumática.
- Diseñar un programa en TIA Portal que ejecute los lazos de control permitiendo visualizar las variables en el Touch Panel.

### **1.4. Justificación**

Se considera de suma importancia la implementación de un control PID (Proporcional Integral Derivativo) para el almacenamiento de salmuera en los bucos de la línea de congelación #1 de camarones de la compañía PROMARISCO S.A. debido a que el descuido en el sistema actual provoca que los bucos se rebosen produciendo un gran desperdicio y un alto riesgo de accidente, en el proyecto se aplican los conocimientos adquiridos en las asignaturas de electrónica, automatismo II, sensores y transductores, algebra lineal

La aplicación de este sistema sirve para el plan de ahorro y supervisión del llenado de los bucos de almacenamiento de salmuera, ayudando así al departamento de producción para obtener valores reales del consumo, con la finalidad de mejorar la producción evitando desperdicios innecesarios.

## 1.5. Variables e Indicadores.

### 1.5.1. Variables

- Temperatura
- Nivel
- Presión

### 1.5.2. Indicadores

- **Temperatura:** La temperatura es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente, comúnmente medida en °C o °F. En esta aplicación se utiliza un sensor PT100 ubicado de forma estratégica para medir la temperatura real de los bucos.
- **Presión:** La presión se refiere a la fuerza ejercida por un cuerpo sobre un área determinada, la unidad usada comúnmente para medir su magnitud es el BAR. En esta aplicación se utiliza un transmisor de presión hidrostática de 0 - 0,6 Bar para medir la magnitud de la presión a medida que el buco vaya aumentando la cantidad de líquido en su interior.
- **Nivel:** El nivel hace referencia a la distancia que existe entre un objeto y su parte más alta con respecto a una superficie fija. En esta aplicación el nivel es calculado en base a la fórmula de presión hidrostática ayudada por el indicador anterior ya medido por su respectivo sensor.

## 1.6. Metodología

### 1.6.1. Métodos.

#### 1.6.1.1. Método Deductivo.

En el diseño e implementación del sistema de supervisión y control para el llenado en los bucos de almacenamiento de salmuera de la compañía PROMARISCO S.A. se aplican conocimientos adquiridos de Automatismo I, Automatismo II para realizar el programa de control en el PLC, también la materia de sensores y transductores para obtener la medición de las variables que comprueben el correcto y efectivo nivel y temperatura del sistema.

### **1.6.1.2. Método Inductivo.**

Este método es de suma importancia ya que con los conocimientos adquiridos de las materias de Automatismo I, Automatismo II, sensores e instrumentación, se hizo posible el diseño e implementación del sistema de supervisión y control para el llenado en los bucos de almacenamiento de salmuera de la compañía PROMARISCO S.A., este sistema es de gran ayuda porque permite llevar un control adecuado y a su vez facilita el registro de consumo y temperatura en los bucos.

## **1.6.2. Técnicas**

### **1.6.2.1. Técnica Documental.**

Para aplicar la técnica documental es fundamental acudir a los manuales y folletos proporcionados por SIEMENS, para así recopilar información suficiente y necesaria para el desarrollo de la aplicación.

### **1.6.2.2. Técnica de campo.**

La técnica de campo se basa en las pruebas físicas de los instrumentos, chequeando y verificando el comportamiento de los equipos para la calibración de los sensores, ajustando las lecturas analógicas y contrastando estos valores obtenidos en las pruebas de campo con equipos previamente calibrados.

## **1.6.3. Instrumentos de investigación y recolección de datos.**

Para el desarrollo del proyecto se implementan los métodos de investigación científica y experimental.

### **1.6.3.1. Investigación Científica.**

Durante este proceso se recauda información consolidada, verídica y eficaz sobre el funcionamiento, programación y lazos de control del Software TIA Portal V13, para llegar a un resultado óptimo.

### **1.6.3.2. Investigación Experimental**

La investigación experimental se da en forma sistemática facilitando la tarea de realizar cambios en las variables a medir, para estudiar su comportamiento y las respuestas que dan al sistema.

## 1.7. Población y Muestra.

### 1.7.1. Población

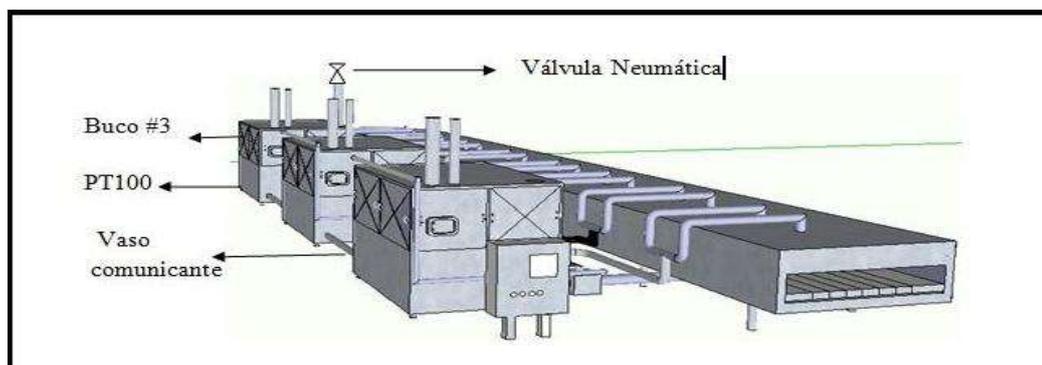
El presente proyecto tiene como población a la compañía PROMARISCO S.A. ubicada en el Km 6,5 de la vía Duran Tambo.

### 1.7.2. Muestra.

La muestra será referenciada a la Línea de congelación #1 de camarones en los bucos 1,2 y 3.

## 1.8. Resumen de la propuesta.

El presente trabajo de titulación se lo implementa en la compañía PROMARISCO S.A. ubicada en el Km 6,5 de la vía Duran Tambo, el trabajo de titulación tiene como finalidad realizar un sistema de supervisión y control para el llenado de los bucos de salmuera en la línea de congelación de camarones #1. Para llenar los bucos con salmuera se instala una válvula eléctrica de apertura proporcional en la tubería de alimentación del buco #2, para llenar los dos bucos restantes se coloca un vaso comunicante que une los tres bucos, obteniendo así el mismo nivel de temperatura y la misma salmuera generando menos perdidas en el buco 1 por ingreso de producto.



**Figura 1.1: Diagrama de línea de congelación #1 compañía PROMARISCO S.A. Línea de procesos de congelación de camarón.**

Dada las características de la salmuera y el ambiente de trabajo, se elige realizar la medición del nivel de los bucos mediante el principio de medición de nivel por presión hidrostática, para lo cual se usa un transmisor de presión hidrostática de 0 – 0,2 Bar con una salida analógica de 4-20 mA, el mismo que es instalado en el

Buco #2, la señal del transmisor de presión hidrostática es recibida en el módulo de entrada analógica del PLC para posteriormente ser normalizada.

### **1.9. Beneficiarios.**

Los beneficiarios directos del proyecto serán los operadores y personal de producción dedicado a llevar el control sobre el consumo y desperdicios de salmuera.

### **1.10. Impacto.**

El impacto que tiene el proyecto en la compañía PROMARISCO es positivo, en varios aspectos prácticos, el sistema suministrará las variables medidas para varios departamentos Producción, Calidad, Mantenimiento, optimizando los tiempos de respuestas de los mismos, en lo consiguiente contribuye con el plan de ahorro económico de la planta.

En el departamento de finanzas de la compañía evalúan un sistema de ahorro económico general, es proyecto forma parte de este plan integral al disminuir las pérdidas de salmuera, disminuyendo el consumo de esta por lo cual no se genera gasto de insumos innecesarios.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

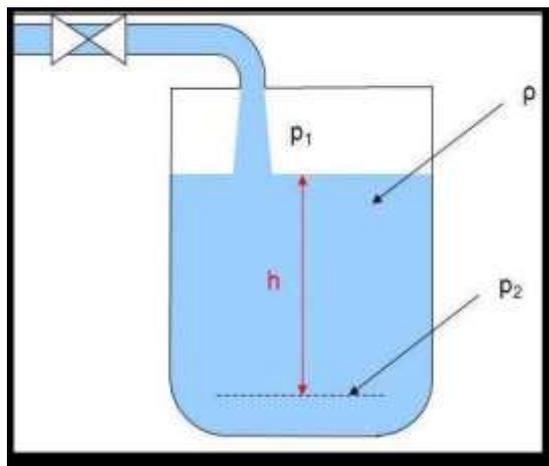
### 2.1. Presión Hidrostática.

Un fluido pesa y ejerce presión sobre las paredes del fondo del recipiente que lo contiene y sobre la superficie de cualquier objeto sumergido en él. Esta presión, llamada presión hidrostática, provoca, en fluidos en reposo, una fuerza perpendicular a las paredes del recipiente o a la superficie del objeto sumergido sin importar la orientación que adopten las caras. Si el líquido fluyera, las fuerzas resultantes de las presiones ya no serían necesariamente perpendiculares a las superficies. Esta presión depende de la densidad del líquido en cuestión y de la altura del líquido con referencia del punto del que se mida.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación para el cálculo de la presión hidrostática.

- es la presión hidrostática (en pascales);
- es la densidad del líquido (en kilogramos partido metro cúbico);
- es la aceleración de la gravedad (en metros partido segundo al cuadrado);
- es la altura del fluido (en metros). Un líquido en equilibrio ejerce fuerzas perpendiculares sobre cualquier superficie sumergida en su interior
- es la Presión atmosférica (en pascales)



**Figura 2.1: Presión Hidrostática.** Recuperado de: [www.bloginstrumentacion.com/files/2013/04/transmisor-de-presion\\_medicion-de-nivel.jpg](http://www.bloginstrumentacion.com/files/2013/04/transmisor-de-presion_medicion-de-nivel.jpg)

## **2.2. Medición de Presión Hidrostática**

### **2.2.1. Principio de medición**

La presión en un líquido aumenta con la subida del nivel de llenado. Esta presión hidrostática se transmite a la célula de medición mediante una membrana de acero inoxidable. La espuma, la formación de depósito, las fluctuaciones en las propiedades eléctricas del líquido y la forma del recipiente no tienen ninguna influencia sobre los valores de la medición.

### **2.2.2. Modo de funcionamiento**

La altura del nivel de un líquido se puede determinar mediante la presión hidrostática, si se conoce la densidad. La célula de medición piezoresistente está acoplada al líquido a medir mediante una membrana de separación de acero inoxidable y un centrador de presión.

El valor de la célula de medición se puede convertir, mediante un acondicionador de señal, en una señal de salida análoga de 4 a 20 mA.

### **2.2.3. Transmisor de presión hidrostática WIKA Modelo S-11**

El transmisor de presión con membrana aflorante para medios viscosos y sustancias con partículas en suspensión Modelo S-11.



**Figura 2.2: Transmisor de presión. Wika Modelo S-11.** Recuperado de: [http://www.wika.es/s\\_11\\_es\\_es.WIKA](http://www.wika.es/s_11_es_es.WIKA)

Es especial para medios viscosos y con sustancias sólidas ha sido especialmente concebido para la medición de medios viscosos, pastosos, adhesivos, cristalizantes, con partículas y contaminados que atascarían las conexiones a procesos convencionales con canal de presión.

La construcción optimizada permite una limpieza de la membrana aflorante en contacto con el medio, integrada en el proceso. De esta forma, se garantiza una medición de la presión libre de mantenimiento y de errores también en aplicaciones críticas con medios en una exactitud de medición alta, una estructura robusta, un acabado de alta calidad y una gran flexibilidad en su configuración caracterizan el modelo S-11 continuo cambio.

Todas las conexiones a proceso del transmisor de presión con membrana aflorante han sido fabricadas con acero inoxidable, están soldadas por completo y separan el medio de proceso del manómetro mediante una junta de unión. Así, se asegura un eficaz sellado sin espacio muerto entre conexión a proceso y medio medido.

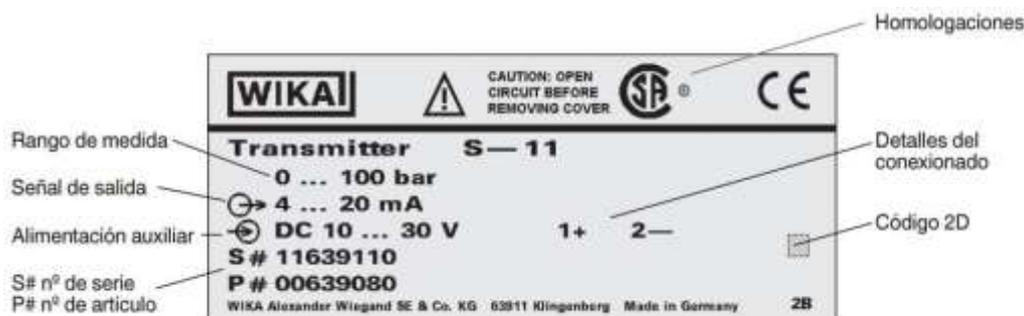
#### 2.2.4. Señales de salida

Los tipos de señales para el sensor Wika modelo S-11 son los siguientes:

Clase de señal		Señal
Corriente (2 hilos)	→	4 ... 20 mA
Corriente (3 hilos)	→	0... 20 mA
Tensión (3 hilos)	→	DC 0... 10 V DC 0... 5 V

Dependiendo del tipo de señal valen las cargas siguientes:

Clase de señal	Carga en $\Omega$
Corriente (2 hilos)	→ $\leq (\text{alimentación auxiliar} - 10 \text{ V}) / 0,02 \text{ A}$
Corriente (3 hilos)	→ $\leq (\text{alimentación auxiliar} - 3 \text{ V}) / 0,02 \text{ A}$
Tensión (3 hilos)	→ $> \text{Señal de salida máx.} / 1 \text{ mA}$



**Figura 2.3: Datos de placa sensor.** Wika Modelo S-11. Recuperado de: [http://www.wika.es/s\\_11\\_es\\_es.WIKA](http://www.wika.es/s_11_es_es.WIKA)

### 2.2.5. Alimentación de corriente

La alimentación auxiliar permitida depende de la correspondiente señal de salida.

Señal de salida		Alimentación auxiliar
4... 20 mA (2 hilos)	→	DC 10... 30 V
0... 20 mA (3 hilos)	→	DC 10... 30 V
DC 0... 10 V	→	DC 14... 30 V
DC 0... 5 V	→	DC 10... 30 V

### 2.2.6. Precisión

La precisión incluye alinealidad, histéresis, error punto cero y valor final (corresponde a desviación de valor de medida según IEC 61298-2). Calibrado en posición vertical con la conexión a presión hacia abajo.

Precisión con temperatura ambiente:

Estándar:  $\leq \pm 0,5$  % del span

Opción:  $\leq \pm 0,25$  % del span

### 2.2.7. Esquema de conexiones

El esquema de conexiones se lo realiza tomando en cuenta:

Resistencia contra cortocircuitos S+ contra U-.

Protección contra polaridad inversa U+ contra U-.

Protección contra sobretensiones DC 36 V .

Tensión de aislamiento: DC 500 V con alimentación de corriente NEC Class 02 (tensión baja y corriente baja máx 100 VA también en situación de fallo).

### Conector angular DIN 175301-803 A

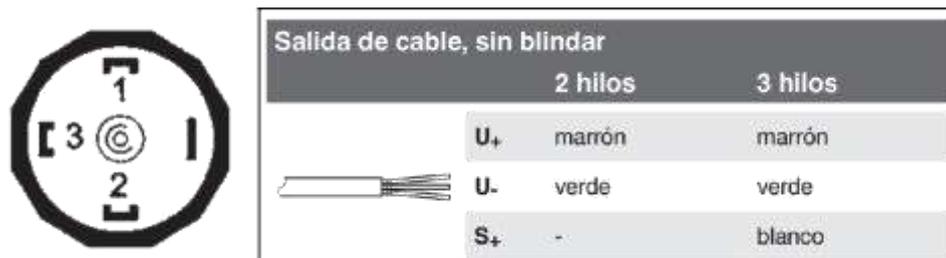
Sección de hilo máx. 1,5 mm<sup>2</sup>, Diámetro de cable 6... 8 mm.

#### 2 hilos

U+ 1 → U- 2

#### 3 hilos

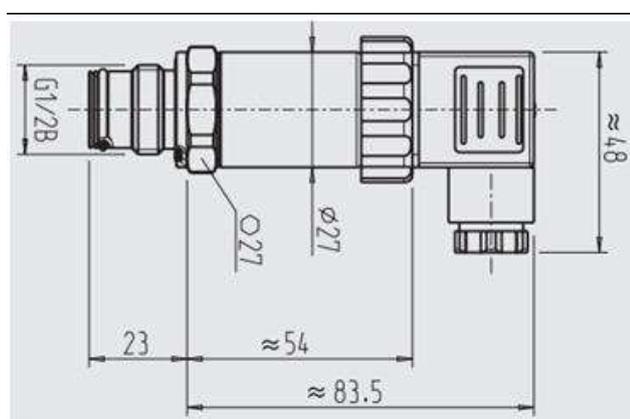
U+ 1 → U- 2 → S+ - 3



**Figura 2.4: Esquema de conexiones sensor Wika Modelo S-11.** Recuperado de: [http://www.wika.es/s\\_11\\_es\\_es.WIKA](http://www.wika.es/s_11_es_es.WIKA)

### 2.2.8. Dimensiones sensor Wika Modelo S-11

Transmisores de presión, con conector angular DIN 175301-803 A, peso aprox. 0,2 kg.



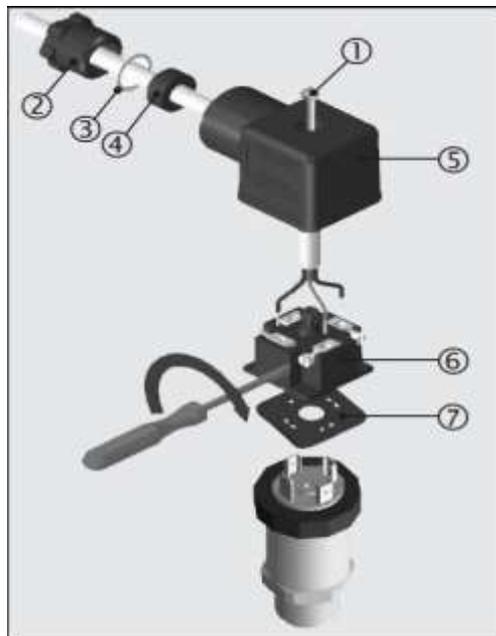
**Figura 2.5: Dimensiones sensor Wika Modelo S-11.** Recuperado de: [http://www.wika.es/s\\_11\\_es\\_es.WIKA](http://www.wika.es/s_11_es_es.WIKA)

### 2.2.9. Montaje del conector de salida lateral DIN 175301-803 A

El montaje se lo realiza de la siguiente manera:

1. Soltar el tornillo 1.
2. Soltar el prensaestopas 2.
3. Sacar el conector angular 5 y 6 del instrumento.
4. Quitar el bloque de terminales 8 del conector angular 6 sacándolo de la ranura de montaje 5.
5. Pasar el cable con el diámetro exterior correspondiente a través del prensaestopas 2, el anillo 3, la junta 4 y la caja 5.
6. Conectar los extremos asignación de cable en forma correspondiente en los bornes de conexión del bloque de terminales 6.

7. Apretar el conector angular 6 en la caja 5.
8. Cerrar el prensaestopas 2. Asegurarse de que las juntas no estén dañadas y que el prensaestopas y las juntas estén montados correctamente para garantizar el tipo de protección.
9. Poner la junta plana cuadrada 7 por encima de los conectores del transmisor de presión.
10. Deslizar el conector angular montado 5 y 6 sobre los conectores del transmisor de presión.
11. Usando el tornillo 1, atornillar a mano el conector angular al transmisor de presión.



**Figura 2.6: Dimensiones sensor Wika Modelo S-11.**

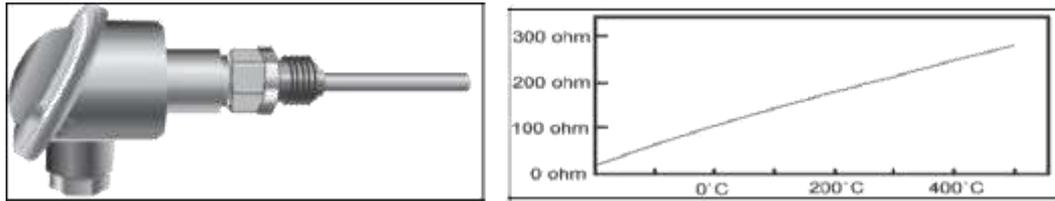
Recuperado de:

[http://www.wika.es/s\\_11\\_es\\_es.WIKA](http://www.wika.es/s_11_es_es.WIKA)

## 2.3. Medición de temperatura

### 2.3.1. Sensor de temperatura PT100

Un Pt100 es un sensor de temperatura, consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



**Figura 2.7: Curva de valores óhmicos vs temperatura PT100.** Recuperado de: Nota Técnica 4 <http://www.arian.cl>

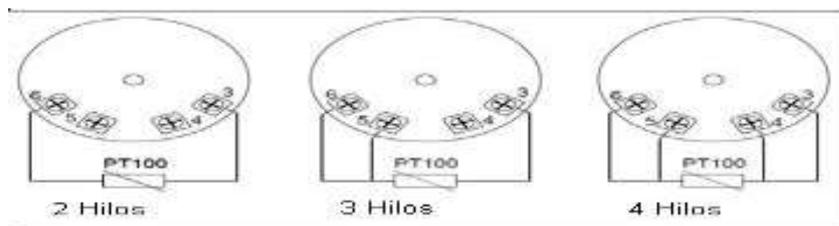
Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo) Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

### 2.3.2. Ventajas del sensor PT100

Por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave. Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

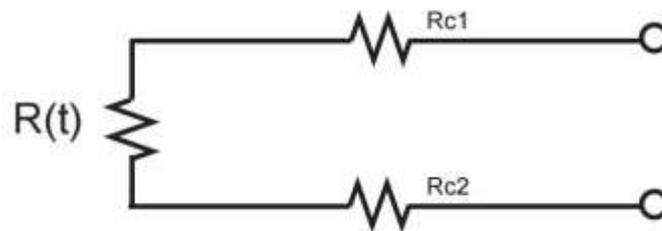
### 2.3.3. Conexión del sensor PT-100



**Figura 2.8: Conexión de sensores PT100.** Recuperado de: [www.micropik.com](http://www.micropik.com)

### 2.3.3.1. Conexión con dos hilos

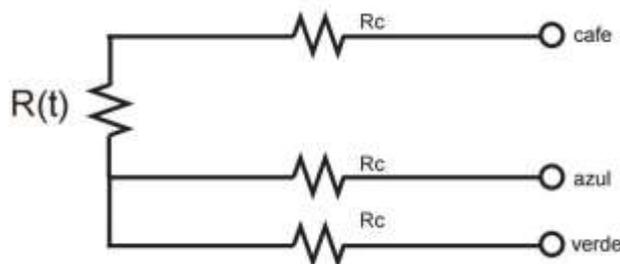
El modo más sencillo de conexión (pero menos recomendado) es con solo dos cables. En este caso las resistencias de los cables  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable. El lector medirá el total  $R(t)+R_{c1}+R_{c2}$  en vez de  $R(t)$ . Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  y así disminuir el error en la lectura.



**Figura 2.9: Diagrama de conexiones con dos hilos PT100.** Recuperado de: Nota Técnica 4 <http://www.arian.cl>

### 2.3.3.2. Conexión con tres hilos

El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

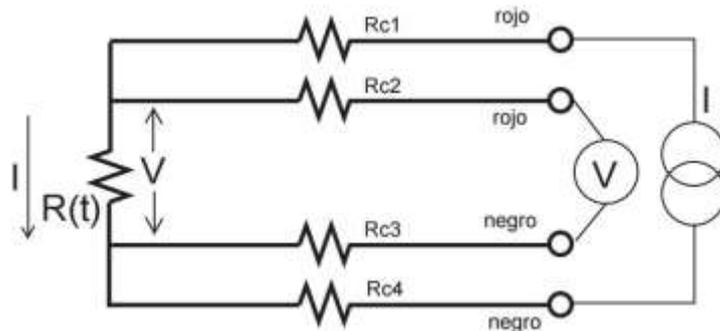


**Figura 2.9: Diagrama de conexión con tres hilos.** Recuperado de: Nota Técnica 4 <http://www.arian.cl>

El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el puente de Wheatstone. Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión.

### 2.3.3.3. Conexión con cuatro hilos

El método de 4 hilos es el más preciso de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.



**Figura 2.10: Diagrama de conexión con cuatro hilos.** Recuperado de: Nota Técnica 4, Rev. A, <http://www.arian.cl>

Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente  $I$  conocida a través de  $R(t)$  provocando una diferencia de potencial  $V$  en los extremos de  $R(t)$ . Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables  $Rc2$  y  $Rc3$  será cero ( $dV=I_c \cdot R_c=0 \cdot R_c=0$ ) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje  $V$  en los extremos del elemento  $R(t)$ . Finalmente el instrumento obtiene  $R(t)$  al dividir  $V$  medido entre la corriente  $I$  conocida.

### 2.3.4. Auto calentamiento y corriente de excitación

Cualquiera que sea el método de conexión, se debe hacer pasar una cierta corriente  $I$  por el elemento sensor de modo de poder medir su resistencia. Esta corriente  $I$  llamada "corriente de excitación" la suministra el instrumento lector y es del orden de 0.1 mA a 2 mA dependiendo del modelo y marca del equipo.

Un problema que puede ocurrir es que la corriente de excitación genere por efecto Joule ( $P=I \cdot I \cdot R$ ) un calentamiento del elemento sensor aumentando su temperatura y produciendo así un error en la lectura. Este problema es más pronunciado mientras más pequeña sea la Pt100 (menor capacidad de disipación del calor generado) y a la vez mientras se esté midiendo en un medio menos conductor de calor. Por ejemplo es mayor cuando se mide temperatura en el aire que cuando se la mide en el agua. Valores típicos del error producido en un Pt100 son del orden de  $0.5^\circ\text{C}$  por miliwatt

generado cuando la Pt100 está en aire sin circular y  $0.05^{\circ}\text{C}$  con la misma Pt100 en agua. La potencia de auto calentamiento depende del cuadrado de la corriente de excitación, luego mientras menor sea esta corriente, mucho menor será el efecto.

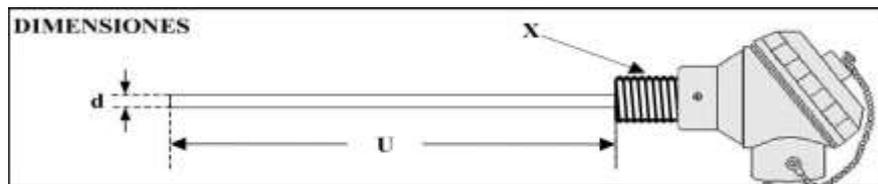
### 2.3.5. Dimensiones

Las dimensiones de un sensor PT100 la definimos donde:

d= diámetro del bulbo

U= Largo del bulbo

X= conexión a proceso



**Figura 2.11: Dimensiones de PT100.** Recuperado de: Nota Técnica 4

<http://www.arian.cl>

### Método de especificación

PT100 M – d – U – X

**M:** Material de la vaina

**d:** Diámetro del bulbo

**U:** Largo del bulbo

**X:** Conexión a proceso

Ejemplo Pt100 –SS316-6-100-  $\frac{1}{2}$ ” NPTM, representa a un sensor PT100 de acero inoxidable 316, diámetro del bulbo 6mm, largo del bulbo 100mm y conexión a proceso  $\frac{1}{2}$ ” NPT Macho.

### 2.4. Válvula Proporcional Digital GEA-20PD



**Figura 2.12: Válvulas proporcionales digitales GEA-20PD.** Recuperado de:

<http://www.ginice.co.kr/eng/product01>.

Este actuador funciona con fuente de alimentación de 24V (220V) AC, señal de control de 0-10 V, 2-10V, 4-20mA, puede mostrar el estado de funcionamiento de la válvula en forma digital y también es posible para hacer sub-producto que se puede comprobar por la señal eléctrica.

Modelo	Carrera nominal (mm)	Fuerza nominal (N)
GEA-20PD (S)	20	200N (2,0KN)
GEA-35PD	40	3500N (3,5KN)

Utiliza para el control de dos vías y de tres vías de GVS, Serie GXS (Válvula de Bronce), FVG, Serie GXF (válvula frange hierro fundido), y otra válvula frange para la calefacción, ventilación, ventilación de calor de aire acondicionado y sistema de cosecha dinámico.

Válvula	Tipo	Serie (GVS, GXS, GVF, GXF)
2- vías	solo asiento	10k, 16k, 20k
3- vías	Mezcla, desviar	10k, 16k, 20k

**Tabla 2.1**

**Datos técnicos válvula GEA-20PD**

Model(optional)	GEA-20PD	GEA-20PDS	GEA-35PD
NOMINAL STROKE (mm)	20		40
NOMINAL FORCE (KN)	2000 (2.0)		3500 (3.5)
OPERATING TIME (Sec)	50 (0.4mm/s)	28	100 (0.4mm/s)
OPERATING POWER (V)	AC 24V or (AC220V) . ±10%		
FREQUENCY (Hz)	60 or 50		
MOTOR SPEED (rpm)	600		
REGULAR LOAD (A)	0.5 (0.075)		
CONDENSER (μF)	34 (0.474)		
POWER CONSUMPTION (VA)	12 (16.5)		
INPUT SIGNAL	( 0-10V, 2-10V, 4-20mA DC Switchable)		
OUTPUT SIGNAL	Output At order : 0-10V or 2-10V or 4-20mA DC.		
F N D INDICATION	DIGITAL Indication . 0 - 100%		
VOLTAGE ENDURANCE	1,000VAC, 50/60Hz . 1 minute		
INSULATION CLASS	E (IEC)		
OPERATING TEMP	Operation :-15 ~ 60°C / Transportation :-30 ~ 65°C		
COVER MATERIAL	Glass Filled Nylon		
HUMIDITY	5 ~ 95% Rh		
HOUSING PROTECTION GRAD	IP 54		
CABLE GRAD	PF±		
WEIGHT (Kg)	3.4/3.5		3.5/3.6

**Nota:** La tabla 2.1 muestra las dimensiones y niveles de operación de la válvula proporcional. Recuperado de: <http://www.ginice.co.kr/eng/product01>.

### **2.4.1. Características técnicas**

La verificación es por indicación digital (0-100%) de apertura / cierre de la válvula en el lado frontal del actuador.

Limitador de par incorporado para proteger la válvula y el actuador cuando la exista una sobrecarga.

Cognición automática de 0 a 100% por el sistema de ajuste automático y disponible para controlar dentro del límite de carrera.

Disponible para su uso a condiciones de trabajo por la capacidad de análisis de 100 pasos / 200 pasos.

Seleccionable NC / NO sin ningún dispositivo especial.

Disponible para mantener la velocidad regular bajo fluctuación de tensión mediante el uso del motor síncrono.

### **2.4.2. Características de diseño**

La válvula es fácil de montar y el actuador sin necesidad de herramientas especiales. No necesita mucho mantenimiento por atascamiento adjuntando motor de CW, CCW y fácil de sustituir motor cuando se necesitaba reparación.

Al adoptar el método de control manual de De-Clutching, fácil de controlar y con el motor en funcionamiento, cambia automáticamente.

**Cap Screws:** Tornillos de tapa

**Cap:** Tapa

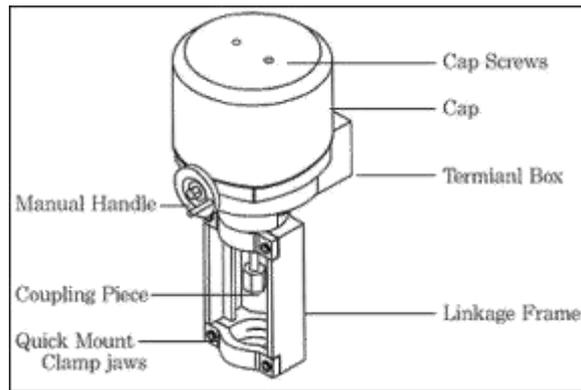
**Terminal Box:** Caja de terminales

**Manual Handle:** Mango manual

**Coupling Piece:** Pieza de acople

**Quick Mount Clamp jaws:** Abrazaderas clamp

**Linkage Frame:** Chasis mecánico

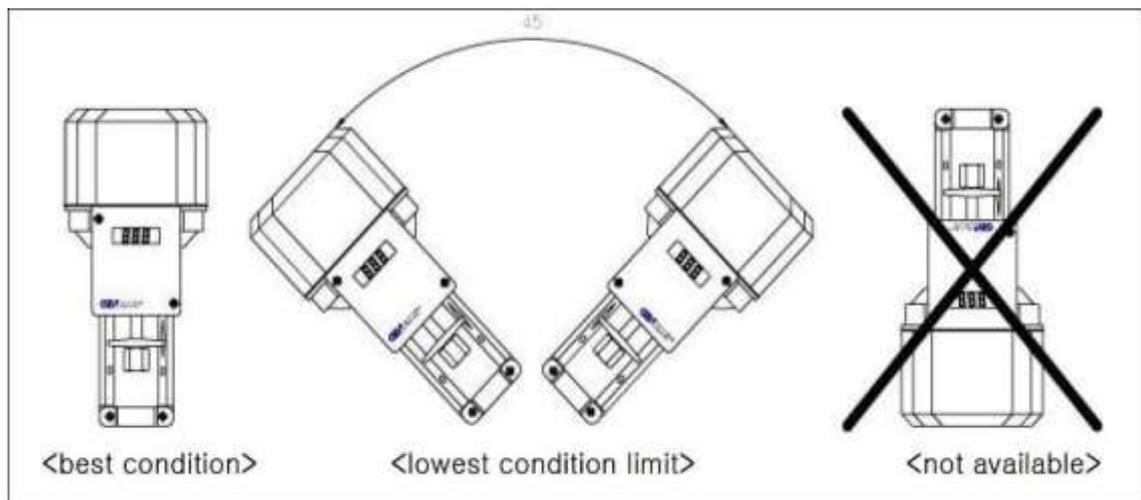


**Figura 2.13: Características de diseño válvula proporcional GEA-20PD.**

Recuperado de: <http://www.ginice.co.kr/eng/product01>

### 2.4.3. Guía de montaje e instalacion

2. Best condition: Mejor condición
3. Lowest condition limit: Condición límite inferior
4. Not available: No disponible



**Figura 2.14: Guía de montaje válvula proporcional GEA-20PD.** Recuperado de:

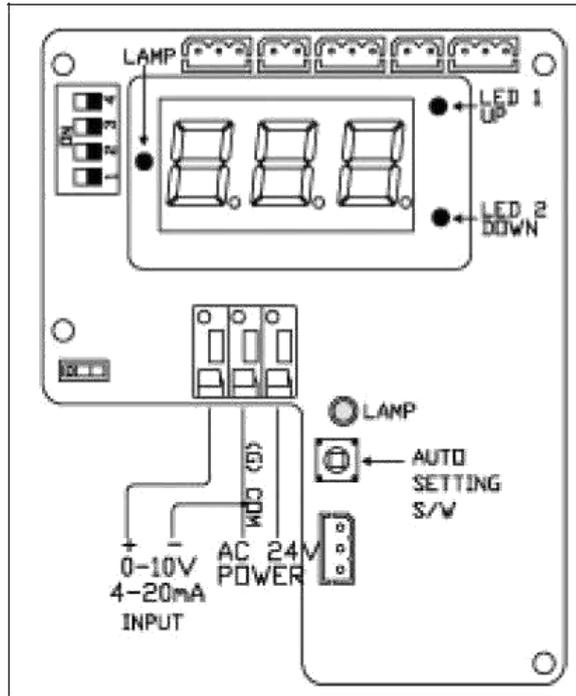
<http://www.ginice.co.kr/eng/product01>

### 2.4.4. Diagrama de cableado

El estándar de cableado lo detallamos de la siguiente manera:

GEA-20PD, 35PD

AC24V



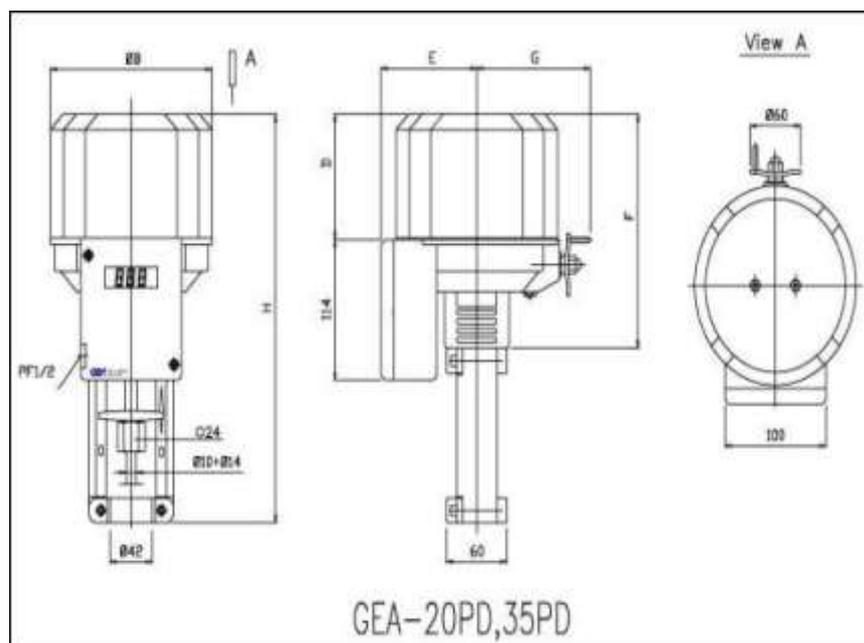
**Figura 2.15: Diagrama de cableado válvula proporcional GEA-20PD.**

Recuperado de: <http://www.ginice.co.kr/eng>

#### 2.4.5. Dimensiones

Las dimensiones del Modelo GEA-20 PD son las siguientes:

FB: 138      H: 271      D: 77      F: 162      E: 87      G: 126



**Figura 2.16: Dimensiones válvula proporcional GEA-20PD.** Recuperado de:

<http://www.ginice.co.kr/eng>

## 2.5. Control PID

El controlador PID (Proporcional, Integral y Derivativo) es un controlador realimentado cuyo propósito es hacer que el error en estado estacionario, entre la señal de referencia y la señal de salida de la planta, sea cero de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra el uso de la acción integral. Además el controlador tiene la capacidad de anticipar el futuro a través de la acción derivativa que tiene un efecto predictivo sobre la salida del proceso.

Los controladores PID son suficientes para resolver el problema de control de muchas aplicaciones en la industria, particularmente cuando la dinámica del proceso lo permite, y los requerimientos de desempeño son modestos

### 2.5.1. La ecuación del PID

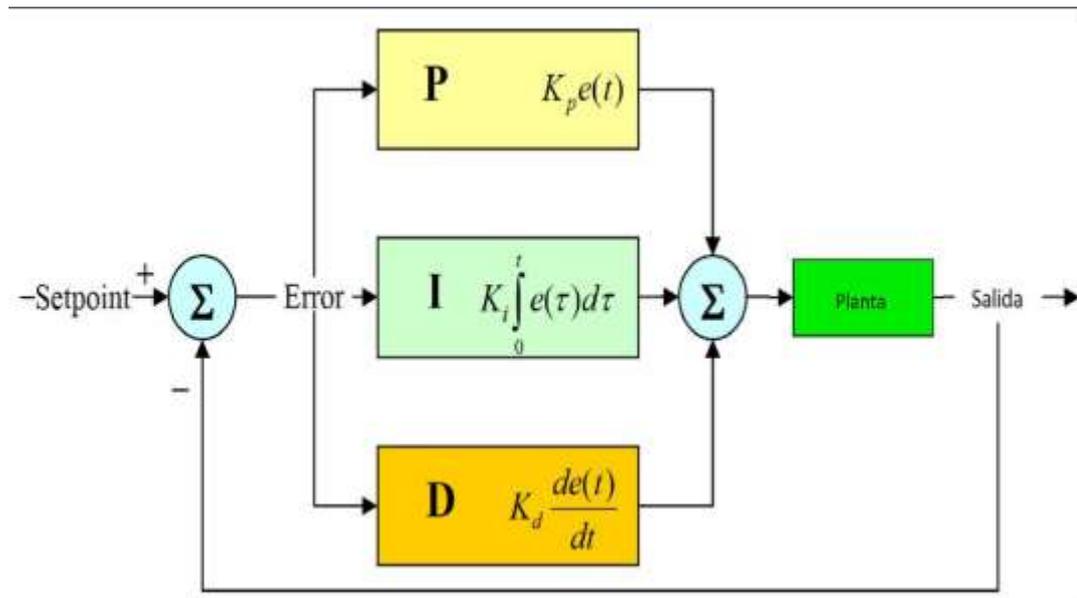
De la documentación existente sobre sistemas de control, podemos destacar la siguiente ecuación.

$$U(s) = K_p E(s) + K_i \frac{E(s)}{s} + K_d s E(s)$$

— Ecuación del controlador PID.

### 2.5.2. Diagrama PID

Para tener una idea más clara, recurrimos al siguiente diagrama



**Figura 2.17: Diagrama PID. Recuperado de:** Aplicaciones PID 4r4r Rocatek. 05-10-2010.

De la ecuación, podemos hacer las siguientes afirmaciones:  $e(t)$  es el error de la señal.

$u(t)$  salida del controlador y entrada de control al proceso.

$K_p$  es la ganancia proporcional.

$T_i$  es la constante de tiempo integral.

$T_d$  es la constante de tiempo derivativa.

Del diagrama de flujo determinamos lo siguiente:

- El primer bloque de control (proporcional) consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional, quedando un error en estado estacionario casi nulo.
- El segundo bloque de control (integral) tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional.
- El tercer bloque de control (Derivativo) considera la tendencia del error y permite una repercusión rápida de la variable después de presentarse una perturbación en el proceso.

## **2.6. Promarisco S.A.**

Promarisco SA, es una empresa dedicada a la producción, procesamiento de camarón realizando de acuerdo a las prácticas de seguridad alimentaria, seguridad y salud ocupacional, responsabilidad social, medio ambiente y biodiversidad, sus objetivos son:

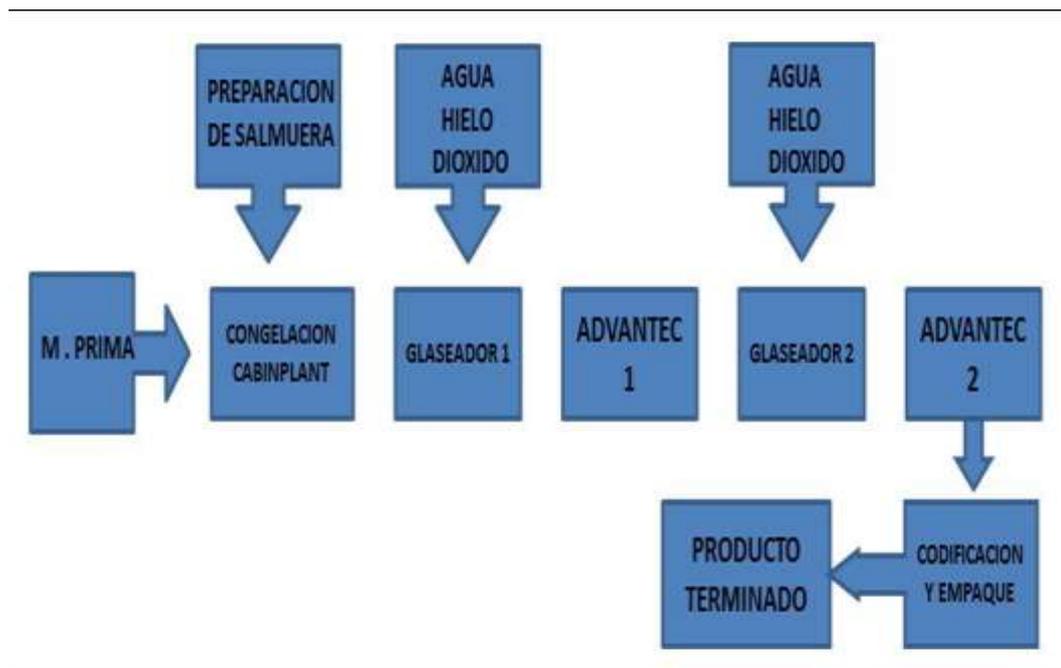
Ofrecer a sus clientes productos de la mejor calidad de acuerdo a requisitos legales y con seguridad alimentaria para obtener la máxima productividad en cada uno de los procesos, con bajos costos buscando liderazgo mediante el mejoramiento continuo.

Brindar a sus colaboradores condiciones apropiadas de seguridad y salud para prevenir lesiones y enfermedades ocupacionales, mediante la aplicación de las normas técnicas y legales. Minimizar el impacto ambiental de nuestras operaciones para preservar los recursos disponibles, la biodiversidad, de acuerdo a las normas ambientales establecidas

Sensibilizar a sus colaboradores, proveedores y clientes sobre la necesidad de proteger la inocuidad de los productos, la biodiversidad, el medio ambiente la seguridad y salud ocupacional.

Fomentar un ambiente de trabajo positivo y productivo que promueve la igualdad de oportunidades y prohíbe las prácticas discriminatorias

## 2.7. Diagrama de proceso



**Figura 2.18: Diagrama de proceso compañía PROMARISCO S.A.** La figura 2.18 muestra el diagrama de proceso de la línea de congelación #1.

## 2.8. Preparación de salmuera

Consiste en una solución preparada de un 78% de sal y 22% de azúcar como ingredientes principales, a esto se le agrega 25 kg por cada 5000 litros preparados mezclando con agua, utilizando como global 64% de agua

## 2.9. Materia Prima

Camarón clasificado ya sea entero o cola para procesar como IQF o BLOQUE.



**Figura 2.19: Banda descabezado compañía PROMARISCO S.A.**

### **2.10. Congelación Cabinplant**

Equipo de congelación a base de sal y azúcar y seteo de equipo dentro de  $-16^{\circ}\text{C}$  Y  $-18^{\circ}\text{C}$  la cual le trasmite el frio al producto.



**Figura 2.20: Equipo Cabinplant compañía PROMARISCO S.A. Ingreso de camarón a la cabiplant de la línea #1 de congelación.**

### **2.11. Glaseadores 1 - 2**

Los glaseadores son equipos que recirculan agua helada con temperatura entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $2^{\circ}\text{C}$  la cual sirve para compactar el molde tipo bloque donde es ingresado el camarón.

Estos glaseadores tienen una estructura de acero inoxidable, y perforaciones que rocían el agua dulce sobre el producto antes de ingresar a la advantec.



**Figura 2.21: Equipo glaseador PROMARISCO S.A.** Glaseadores de agua dulce para compactar el camaron.

### **2.12. Advantec 1 - 2**

Equipo de congelación a base de aire forzado a temperatura entre  $-32$  y  $-38^{\circ}\text{C}$  manteniendo ventilación directa para el producto



**Figura 2.22: Equipo advantec PROMARISCO S.A.** Advantec congelación por ventilación.

### **2.13. Codificación y empaque**

El material de empaque codificado es un medio para proteger el producto proporcionándole seguridad y conservar la calidad del mismo. Los códigos de las etiquetas proporcionan trazabilidad al producto permitiendo identificar el turno, hora y demás datos de la fecha de procesamiento y empaque del mismo.



**Figura 2.23: Master codificados PROMARISCO S.A.**

#### **2.14. Producto terminado**

Producto resultado luego del pasar por la línea de congelación, se empa en presentación de IQF o BLOQUE dependiendo al cliente y destino.



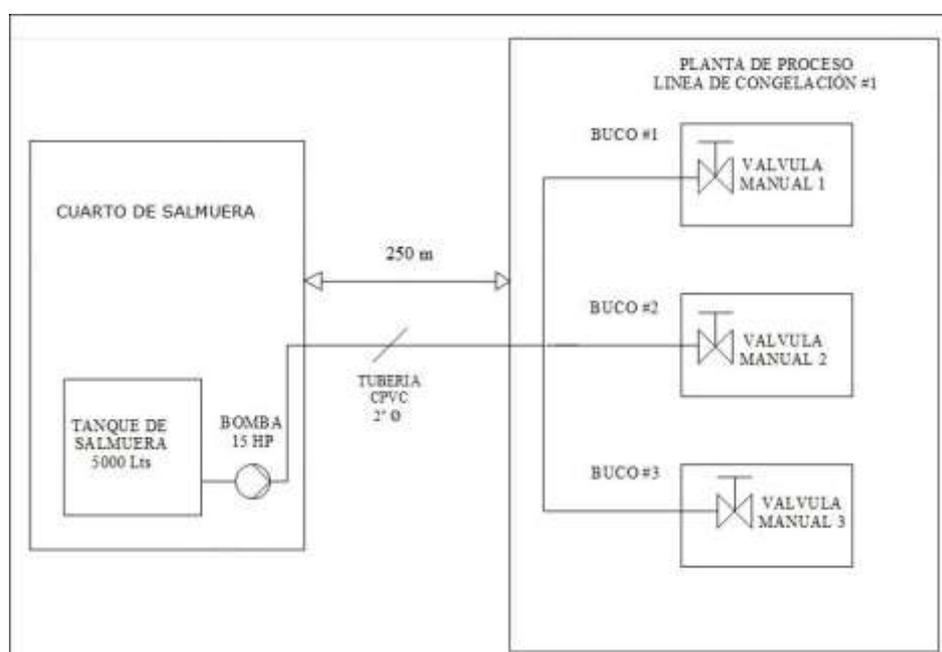
**Figura 2.24: Producto terminado PROMARISCO S.A.**

## CAPÍTULO 3: DESARROLLO

### 3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

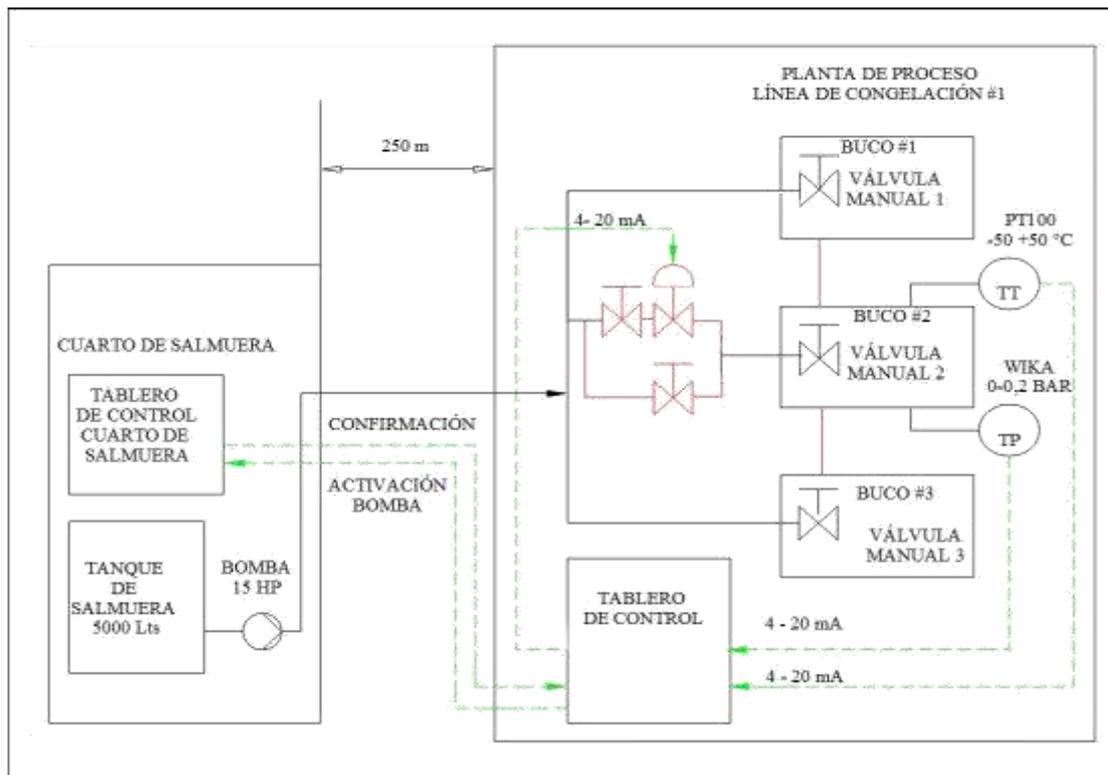
#### 3.1. ANÁLISIS DEL PROCESO

En el estudio previo a la implementación del sistema se determinó, que el proceso de llenado en los bucos se lo realizaba de forma manual, con la activación de la bomba de distribución del cuarto de salmuera por parte del operador, éste, al estar en una área externa y alejada de la planta de proceso no tenía el acceso para supervisar el nivel de los bucos dependiendo de forma directa de un personal de planta que confirmara el nivel de los mismos, para desactivar la bomba de distribución cuando lo consideraban necesario.



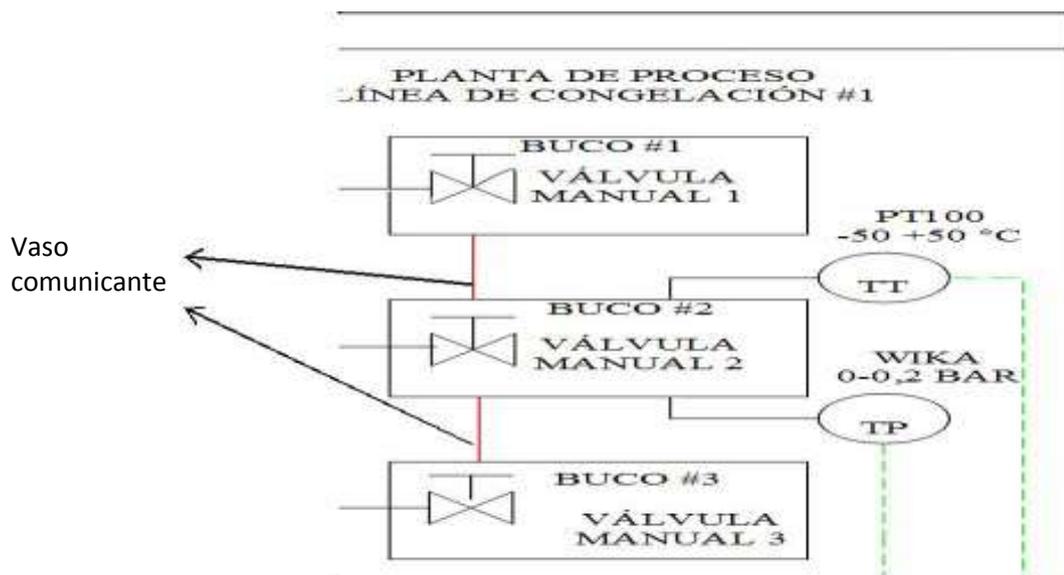
**Figura 3.1: Diagrama de tuberías.** Se ilustra las conexiones hidráulicas de los bucos con el cuarto de salmuera.

Como se observa en la figura 3.1 cada buco tiene una tubería de alimentación conectada a una tubería matriz, a su vez estos tienen una válvula de apertura manual que era abierta por el operador de planta cuando consideraba necesario llenar con salmuera uno de los bucos, estas válvulas de apertura manual se encuentran dentro de los bucos, por tal motivo al momento de realizar la apertura de las válvulas el operador quedaba expuesto al contacto con la salmuera.



**Figura 3.2: Diagrama de tuberías y control.** Se ilustran las señales de corriente y la colocación de válvulas manuales y automáticas para control.

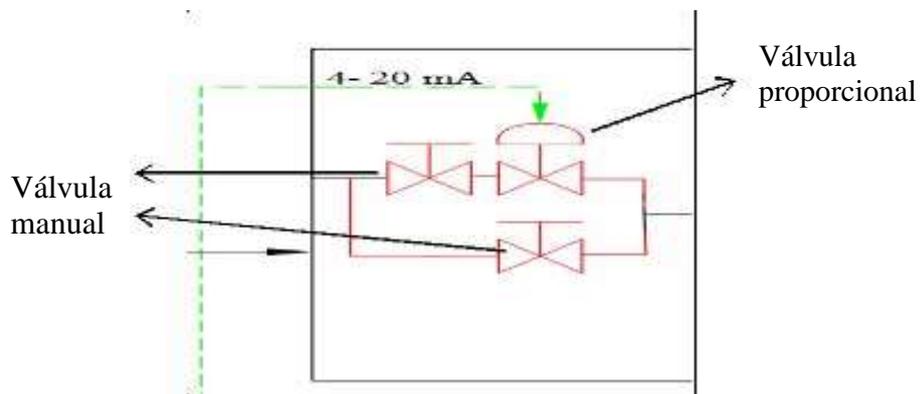
La figura 3.2 muestra las señales de control, válvulas manuales, automáticas y el tablero de control incorporado a línea de congelación #1 de camarones para la implementación del sistema de supervisión y llenado de los bucos.



**Figura 3.3: Vaso comunicante.** La ilustración muestra la conexión de los bucos mediante una tubería de 2”.

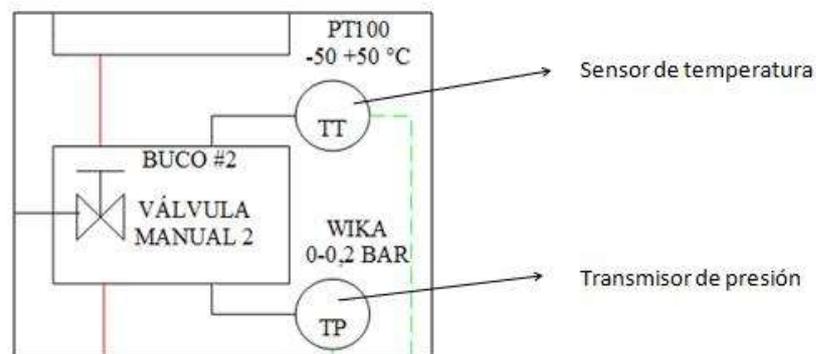
En la figura 3.3 podemos observar la implementación del vaso comunicante que une a los tres bucos de la línea de congelación, permitiendo llenar los mismos con una sola tubería de alimentación, este sistema permite que la salmuera de los tres bucos sea homogénea y esté recirculando por los mismos de forma continua.

La tubería que se utilizó para la conexión de los bucos es de 2" en acero inoxidable, cumpliendo con las normas IFS, (IFS, 2015) que establecen el uso de tuberías de acero inoxidable en plantas de procesamiento de alimentos.



**Figura 3.4: Válvula proporcional con bypass.** Observamos el diagrama de conexión de la válvula proporcional

La ilustración 3.4 muestra el diagrama de conexión hidráulica de la válvula proporcional. Se observan dos válvulas manuales una posterior a la válvula proporcional y otra en a una costado de esta, las mismas sirven de bypass para retirar la válvula proporcional en los mantenimientos.



**Figura 3.5: Ubicación de sensores.** Se observa la ubicación del transmisor de presión y el sensor de temperatura.

El diagrama de la figura 3.5 describe la colocación del transmisor de presión y el sensor de temperatura en el buco #2. Se colocaron en la parte baja del buco esto permitió tener una mejor lectura del sensor y del transmisor de presión.

## **3.2. Dimensionamiento de sensores**

### **3.2.1. Sensor de presión**

Para realizar la lectura del nivel de los bucos se consideraron varios parámetros fundamentales para la selección del sensor a utilizar, tales como presión de trabajo, temperatura de operación, densidad de líquidos.

Dadas las características de la salmuera que es una sustancia salobre se dificulta la colocación de un sensor de nivel que tenga contacto de forma directa, dadas las dimensiones del buco y las características internas de temperatura y humedad se excluyó el uso de sensores de ultrasonido y radar pues los grados de protección IP que se ofrecen en el mercado no satisfacen las necesidades requeridas para la aplicación.

Una vez analizadas las características y demás principios de medición de nivel, los autores consideraron usar el método de medición de nivel por presión hidrostática.

### **3.2.2. Rango de presión**

Para el cálculo del rango de presión a medir se tomó en cuenta las dimensiones del buco y la densidad de la salmuera, la salmuera utilizada en la compañía PROMARISCO S.A. corresponde a un valor medido y certificado por el departamento de calidad de  $1278 \text{ Kg/m}^3$

Para el cálculo de la presión ejercida por la salmuera utilizaremos la ecuación definida

Ecuación para el cálculo de la presión hidrostática.

Donde:

P= presión

= densidad del liquido

h= la altura máxima del reservorio

$P= 1278 \text{ Kg/m}^3(9,8\text{m/s}^2)(1.3\text{m})$

$P = 16281,72 \text{ Pa}$

Conversión de pascales a bar

$\text{Bar} = 16281 \text{ Pa} / 100000$

Medida en Bares = 0,1628 BAR medida máxima de presión

Con los datos obtenidos los autores consideraron la utilización de un transmisor de presión Wika S-10 que fue el más próximo en los rangos de presión a medir que ofrece el mercado.

El transmisor Wika S-10 tiene una membrana plástica enmallada que tiene contacto con la salmuera, esta membrana plástica proporciona una mayor durabilidad del transmisor y al estar en contacto con la salmuera no presenta oxidación.

La señal de salida se salida del transmisor utilizado es de 4-20 mA a dos hilos, se utilizó este tipo de señal por la baja susceptibilidad al ruido ambiental, y que la referencia del cero será de 4mA, cualquier valor por debajo de este nivel se considerara erróneo o como una ruptura del hilo conductor.

Para la conexión del transmisor se utilizó cable apantallado Belden #18 enmallado para eliminar perturbaciones ambientales y posibles interferencias en el conductor.

Para la colocación del transmisor de presión fue necesaria la construcción de una base en parte inferior externa del buco, con este objetivo el transmisor de presión no estará expuesto en su totalidad al contacto con la salmuera.



**Figura 3.6: Transmisor de presión.** Transmisor de presión Wika S11, con membrana plástica.

### 3.2.3. Sensor de temperatura

Los rangos de temperatura de la salmuera están dentro de los límites de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  por lo que los autores consideraron la utilización del sensor de temperatura tipo PT-100 con rango de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$



**Figura 3.7: Pt100.** PT100 con conexión de 3 hilos



**Figura 3.8: Transductor de pt100 4-20 mA.** Transductor Wika de 4-20 mA para PT100.

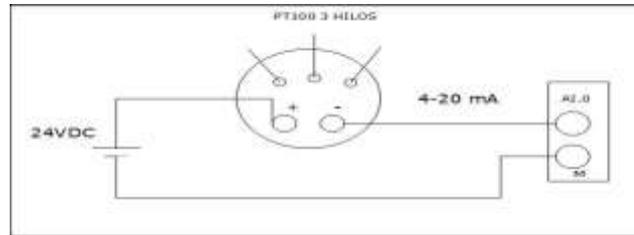
La figura 3.8 muestra el transductor de Pt100 a una señal de 4-20 mA, este fue utilizado para enviar la señal analógica de 4-20 mA al PLC. Estos transductores quedan expuestos al ambiente por tal motivo fue necesario fijarlo dentro del tablero de control para protegerlo de la humedad que se genera en el ambiente.

El transductor de la figura 3.8 se configuro para una pt100 de 3 hilos con una alimentación de 24 VDC.



**Figura 3.9: Transmisor de temperatura.** Colocación del transmisor de presión en el tablero.

En la figura 3.9 podemos observar la colocación del transductor de temperatura en el tablero de control, dentro del tablero de control el transductor queda protegido de las condiciones ambientales de la planta de proceso.



**Figura 3.10: Conexión de transmisor de temperatura.** Diagrama de conexiones del transmisor de temperatura.

La figura 3.9 muestra el diagrama de conexión del transmisor de temperatura con una fuente de alimentación de 24 VDC y una salida de 4-20 mA hacia la entrada analógica del PLC. Se utiliza una señal de 4-20 mA donde el valor más bajo de lectura por el módulo de entrada analógica del PLC será 4 mA los valores por debajo de este indicador son tomados como erróneo.

Un valor de lectura errónea da la posibilidad a una falla de lectura de la sonda o una ruptura de hilo en el cable de transmisión.

### **3.3. Selección de válvula proporcional**

#### **3.3.1. Análisis de alternativas de válvulas**

##### **3.3.1.1. Válvulas Neumáticas**

Para la selección de la válvula proporcional se consideraron parámetros técnicos y económicos del sistema.

En el mercado existen válvulas de apertura proporcional con un posicionador neumático, el uso de estas válvulas es frecuente en el las industrias, dentro de las desventajas consideradas por los autores para este tipo de válvulas están:

- Implementación de una fuente de aire comprimido.
- Implementación Unidades de mantenimiento.
- Colocación Separadores de partículas.
- Colocación Secadores de aire comprimido.

- Colocación Paso de tuberías para aire comprimido.

La implementación de válvulas con accionamiento neumático y los demos equipos necesarios para el correcto funcionamiento del proyecto generaban un costo elevado para la implementación del mismo, por tales motivos los autores descartan el uso de este tipo de sistemas.

### 3.3.1.2. Válvulas eléctricas

En la implementación del sistema los autores analizaron opciones de válvulas proporcionales, teniendo en cuenta los parámetros establecidos por las normas IFS para la colocación de válvulas que tengan contacto con sustancias que vayan a ser usadas en el proceso de elaboración de productos alimenticios.

La válvula de accionamiento eléctrico seleccionado por los autores fue la GEA-20PD, con una señal de entrada de 4-20 mA y una alimentación principal de 220 VAC, este tipo de accionamiento no depende de varios elementos adicionales a su montaje.

La alimentación principal proviene del tablero de control con un breaker de protección de 2 A, el consumo eléctrico de la válvula es de 1 A máximo.



**Figura 3.11 Válvula proporcional.** Válvula de apertura proporcional GEA-20PD (GINICE)

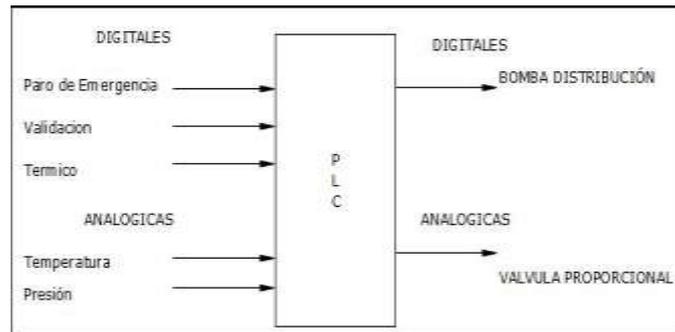
La figura 3.11 muestra la válvula proporcional GEA-20 PD utilizada en el proyecto para el llenado de los bucos.

### 3.4. El controlador

En la implementación del sistema de llenado de los bucos, los autores utilizaron un PLC de la marca Siemens modelo S7-1200 este PLC cuenta con una capacidad de procesamiento de señales analógicas y comunicación Ethernet.

### 3.4.1. Dimensionamiento del controlador

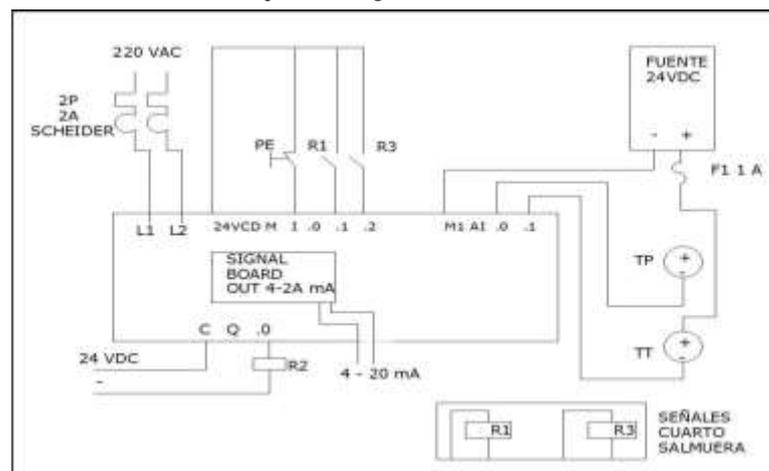
Para el dimensionamiento del controlador se consideró las variables analógicas y las variables digitales procesadas, a su vez los niveles de protección del equipo y los modos de comunicación que posee el mismo. El controlador seleccionado por los autores fue el PLC S7-1200 de la marca siemens este cuenta con las características necesarias y la cantidad suficiente de entradas digitales y analógicas para el proceso.



**Figura 3.12: Diagrama de entradas y salidas del PLC.** Diagrama de entradas digitales-salidas digitales y entradas-salidas analógicas.

La figura 3.12 muestra la cantidad de entradas y salidas utilizadas en el desarrollo del sistema, la salida analógica del sistema corresponde a la salida de la signal board del PLC.

### 3.4.2. Esquema de conexiones y montaje



**Figura 3.13 Diagrama de conexiones.** Diagrama de conexiones eléctricas PLC S7-1200

La figura 3.13 muestra el esquema de conexiones del tablero eléctrico diseñado para el sistema de control.

En el mismo se puede observar los relés R1 y R3 los mismos tienen una alimentación de 220 VAC provenientes del cuarto de salmuera. R1 es activado por medio del selector ubicado en el cuarto de salmuera, y R3 es activado por la protección térmica de la bomba de distribución con este último sabremos si la bomba tiene algún inconveniente en su encendido.

### 3.4.3. Montaje de elementos de protección



**Figura 3.14: Montaje de elementos de protección y fuente de alimentación.** Alimentación de 220VAC y fuente de alimentación 24 VDC.

En la figura 3.14 se puede observar la ubicación de los elementos de protección en el nivel superior del tablero a su vez se visualizan los relé de control, la puesta a tierra del tablero junto con la fuente de alimentación de 24 VCD que alimenta los sensores y el touch panel.

Los elementos de protección se dimensionaron en base a las hojas técnicas de los elementos utilizados, para equipotencializar el tablero eléctrico la puesta a tierra del sistema se interconectó con la puesta a tierra de la acometida de alimentación principal.



**Figura 3.15: Cableado del tablero control.** Conexión de los equipos de control y salidas a borneras.

La figura 3.15 muestra la conexión de los equipos de control con las fuentes de alimentación, las señales de los sensores y demás elementos de control están direccionados a las borneras.



**Figura 3.16: Conexión de signal board.** Signal boards 6ES7232 4HA30\_OXBO con salida de 0-20 mA

Dentro las indicaciones del PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY este no cuenta con una salida analógica de corriente, por estos motivos se incorporó una signal board con una salida de 4-20 mA, para el control de apertura y cierre de la válvula proporcional. La signal board es de montaje superficial en el PLC cuenta con una resolución de 12 bit.

#### **3.4.4. Programación**

Para la programación del PLC s71200 se utilizó el software Tía Portal V 13 de siemens que permite incorporar en un solo software de desarrollo la integración de la pantalla táctil junto con el programa del PLC. (SIEMENS, 2014)

Para la programación del PLC los autores escogieron el lenguaje KOP que permite desarrollar una programación por bloques sucesivos.

##### **3.4.4.1. Escalamiento de señales analógicas**

El escalamiento de las señales analógicas se lo realizó mediante una prueba de campo obteniendo las lecturas de los transmisores para posteriormente escalar las variables mediante una ecuación lineal.

### 3.4.4.2. Conversión de señales de corriente a voltaje

Las entradas analógicas que incorpora el PLC S7-1200 son diseñadas para lecturas analógicas de 0 – 10 VDC, los transmisores usados en el proyecto tienen salidas analógica de 4 – 20 mA, por lo que los autores acondicionaron el módulo de entrada analógica, para convertir las señales de corriente en señales de voltaje.

Conociendo los valores máximos de corriente de los transmisores y el voltaje máximo de lectura de las entradas analógicas, se las relaciono mediante la ley de Ohm, para obtener una resistencia que realice la respectiva transformación.

Salida máxima del transmisor: 20 mA

Lectura máxima de la entrada analógica 10 VDC

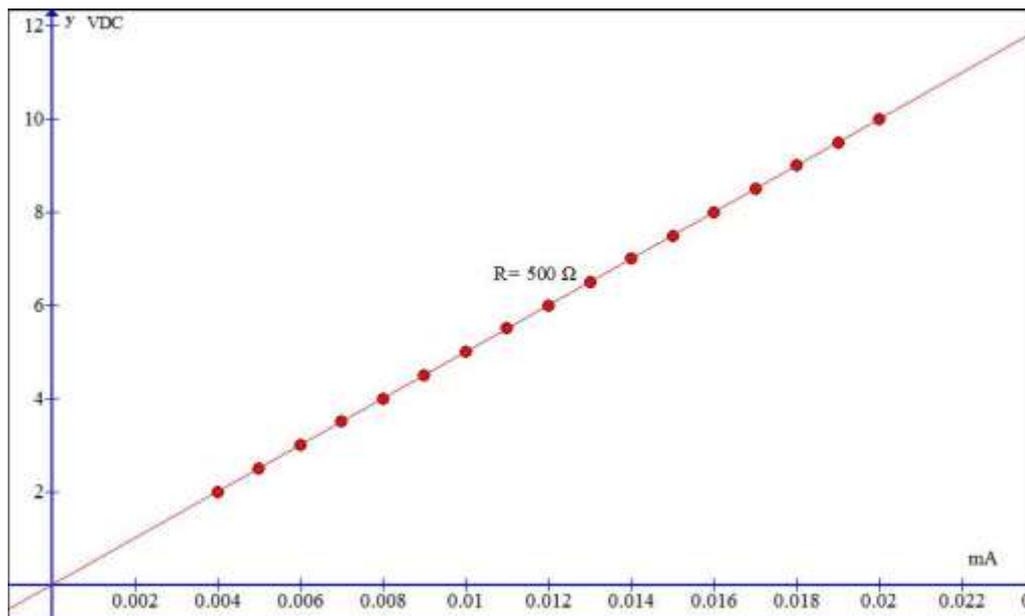
La ley de Ohm establece que el valor de las resistencias está dado por la ecuación

$$R = V / I \text{ Ecuación para cálculo de resistencia}$$

Bajo esta ley establecemos la siguiente relación

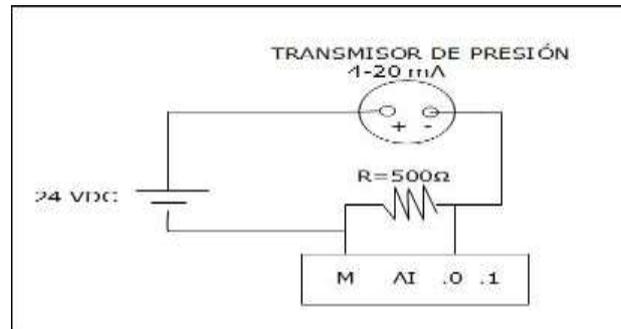
$$R = 10 \text{ VDC} / 20 \text{ mA}$$

$$R = 500 \Omega$$



**Figura 3.17: Grafica conversión de señal de corriente a voltaje.** Linealidad de la conversión de la señal de corriente.

La grafica 3.17 muestra la linealidad que se obtiene al convertir la señal de corriente a voltaje, como se observa en la gráfica para 4mA se obtuvo una señal de 2 VDC.



**Figura 3.18: Conexión de resistencia en las entradas analógicas.** Conexión de resistencia de 500  $\Omega$  para convertir señales de corriente en voltaje.

La figura 3.18 muestra la conexión de la resistencia de 500  $\Omega$  entre los terminales M y AI.0 de las entradas analógicas del PLC. La entada M está conectada a la masa de la fuente alimentación y el AI.0 a la salida del transmisor con estas conexiones cerramos el circuito.

### 3.4.4.3. Escalamiento del Transmisor de presión.

El escalamiento del transmisor de presión se lo realizo con pruebas de campo tomando las lecturas del transmisor de presión y del nivel tanque, para luego generar una ecuación que las relacione.

**Tabla 3.1**

**Muestreo de las lecturas analógicas del transmisor de presión**

Conversión Digital	Nivel del buco (%)
5540	0%
7603,2	100%

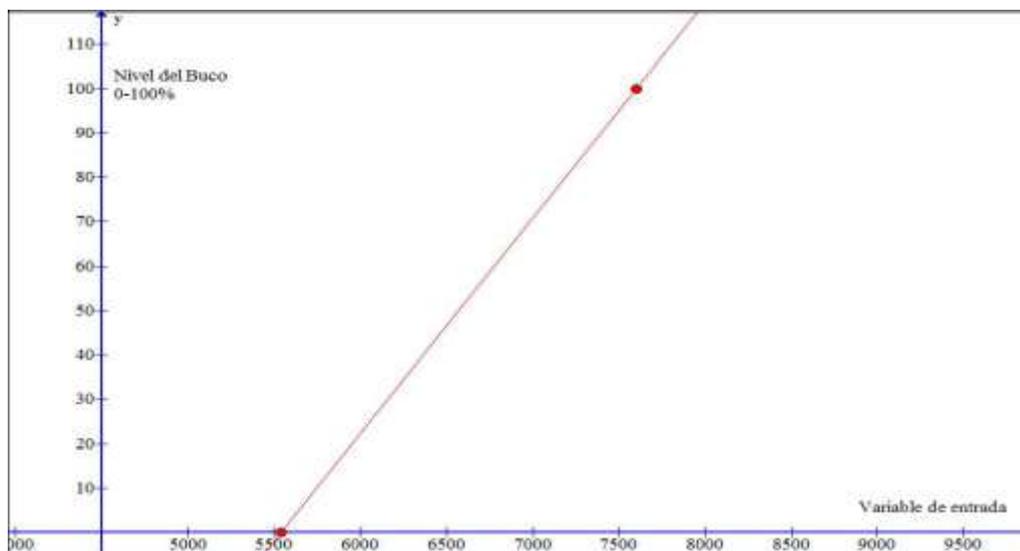
**Nota:** La tabla 3.1 detalla la relación entre el nivel del buco y la conversión digital del sensor de presión.

Ecuación de la recta está dada por la siguiente definición (Lehmann, 1980)

( ) Ecuación de la recta

— Ecuación de la pendiente

$$y = 0,0482 x - 276$$



**Figura 3.19: Escalamiento del transmisor de presión.** Linealidad de las lecturas analógicas del transmisor de presión.

La figura 3.19 muestra la relación entre el nivel del buco y la señal de entrada del transmisor de presión.

#### 3.4.4.4. Escalamiento del transmisor de temperatura

Para el escalamiento del transmisor de temperatura se realizaron pruebas generadas por un bloque seco de la marca Fluke, este bloque genera puntos de temperaturas fijos de los cuales se obtuvo el siguiente muestreo.

**Tabla 3.2**

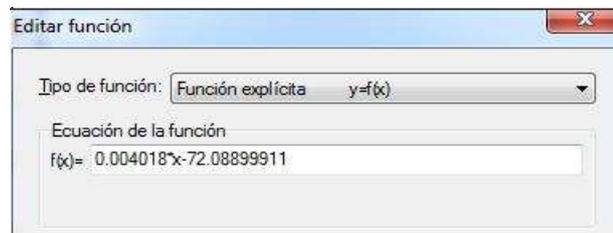
#### Muestreo de los valores del transmisor de temperatura

Conversión digital PLC	Temperatura bloque seco °C
22829,114	20
21694,714	15
20430,314	10

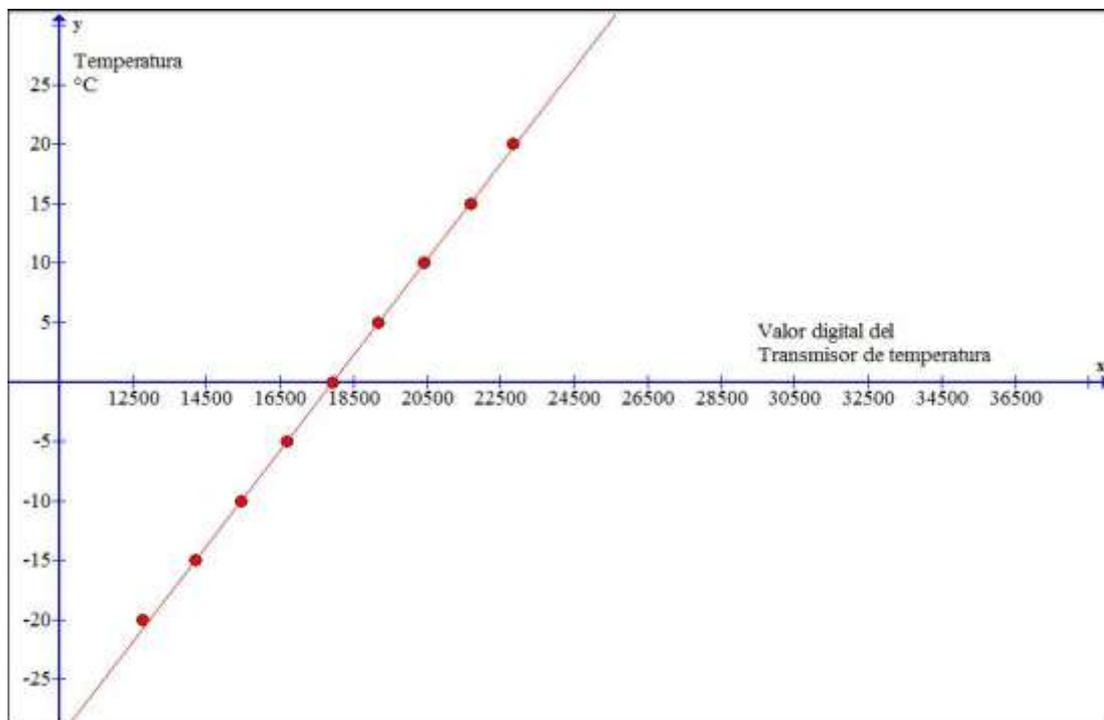
19185,913	5
17941,513	0
16697,113	-5
15452,713	-10
14208,313	-15
12763,912	-20

**Nota:** Valores de temperaturas generados por el bloque seco fluke.

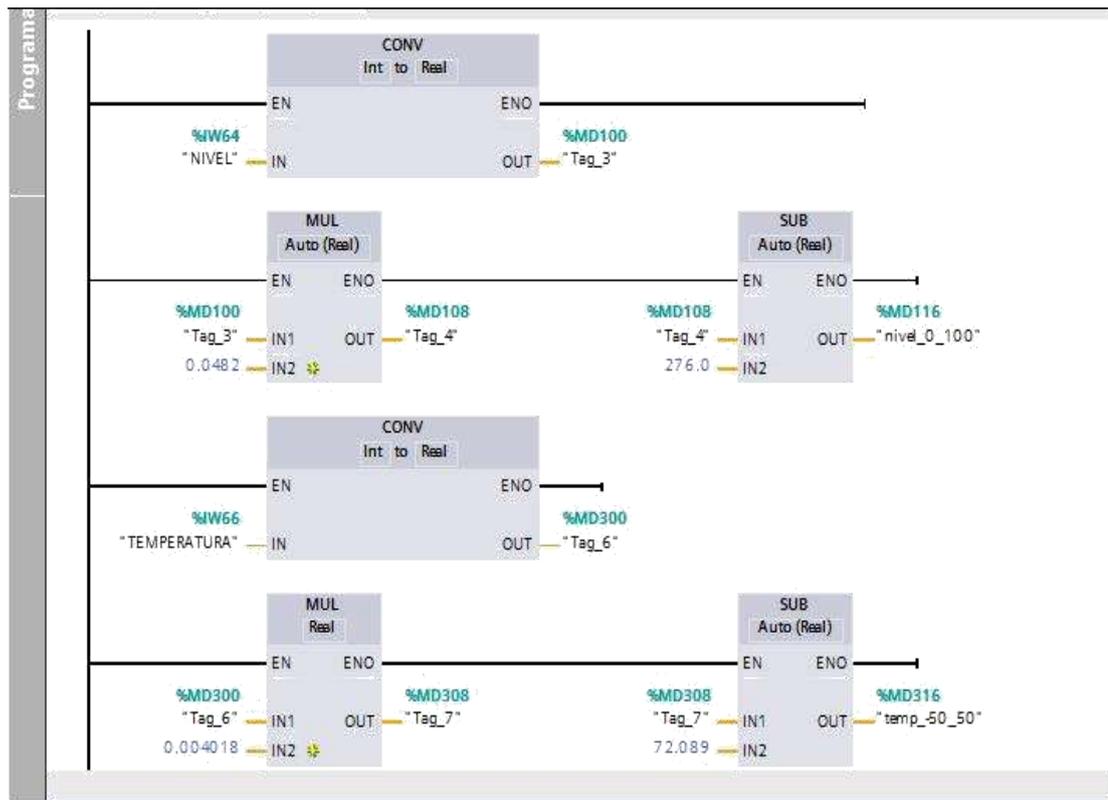
En la Tabla #2 se observan los valores de temperatura generados por el bloque seco fluke y los valores generados por el módulo de lecturas analógicas del PLC.



**Figura 3.20: Ecuación de la linealidad del sensor de temperatura.** Ecuación del sensor de temperatura obtenida del software GRAPH

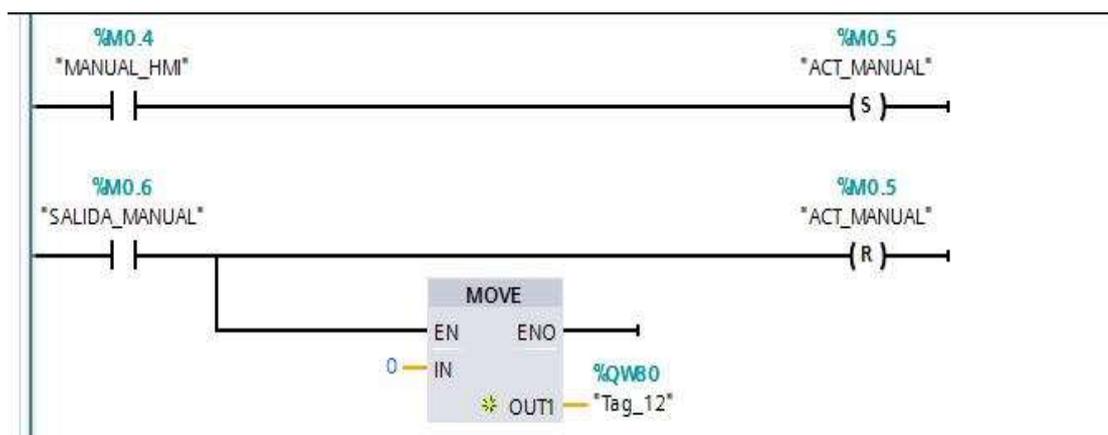


**Figura 3.21: Grafica de linealidad sensor de temperatura.** Se observa la linealidad del sensor de temperatura.



**Figura 3.22: Bloques de escalamiento de señales analógicas.** Escalamiento de las señales analógicas y conversiones de valores enteros a reales.

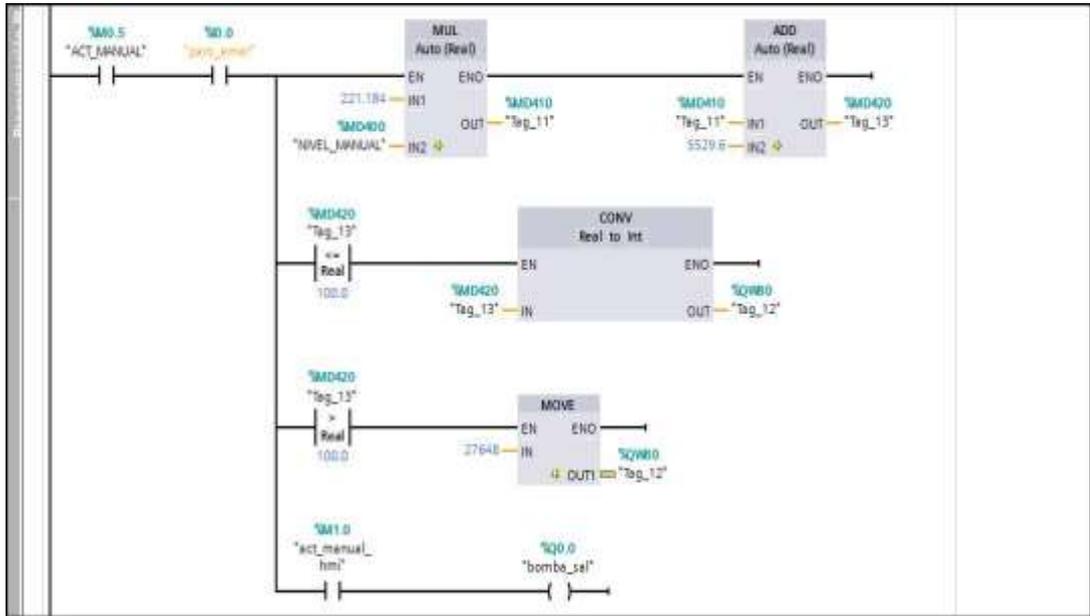
La figura 3.22 muestra los bloques de programación usados para el escalamiento de las señales analógicas, estos se diseñaron con las ecuaciones obtenidas en el escalamiento de las señales analógicas.



**Figura 3.23: Segmento de activación manual.** Segmento de activación manual para el control de la válvula proporcional y bomba de distribución.

En la figura 3.23 se observa la secuencia de activación en modo manual del sistema, la marca “MANUAL\_HMI”, es direccionada a un pulsador ubicado en la

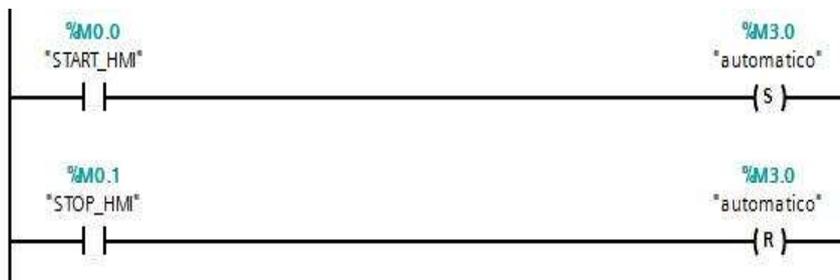
programación del touch panel, “SALIDA\_MANUAL” carga el valor de 0 de en la salida %QW80, con este valor dejamos la válvula proporcional totalmente cerrada.



**Figura 3.24: Secuencia de activación manual.** Bloque de apertura manual de la válvula proporcional y accionamiento de la bomba de distribución.

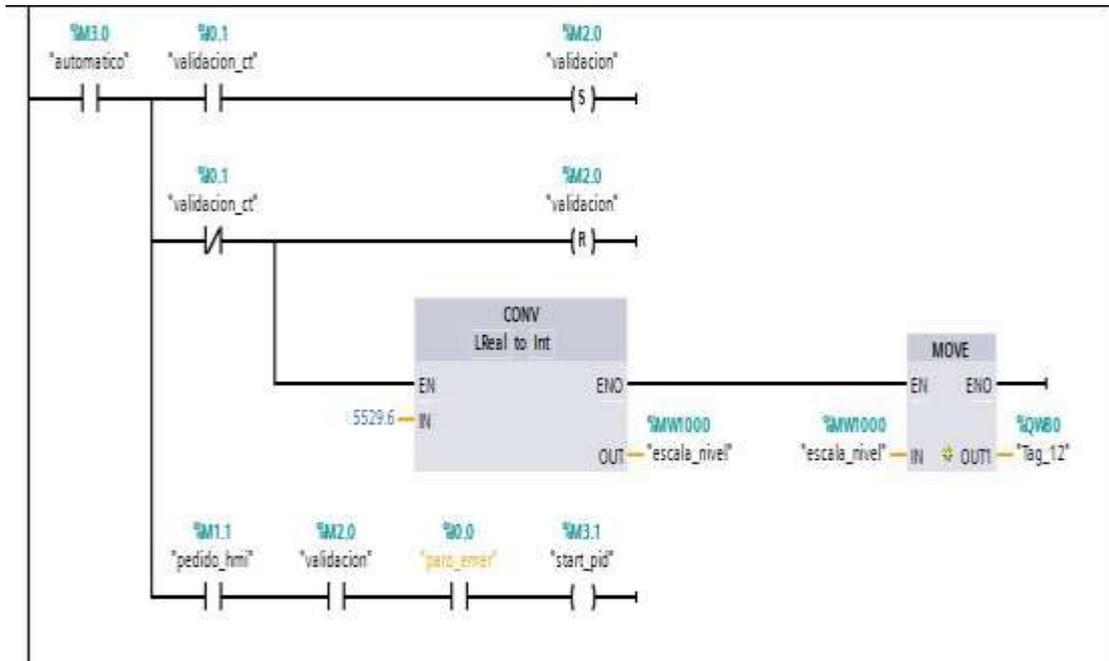
La imagen 3.24 muestra el segmento de activación manual, dentro de este segmento tenemos el escalamiento de la variable %MD400, que es ingresada por el operador en un rango de 0 al 100 % para la apertura de la válvula. Se observan secuencias de protección para las salidas analógicas en caso de que el valor ingresado por el operador supere el 100 %.

Dentro de las seguridades que se establecieron se observa la colocación de un contacto del paro de emergencia, cuando este es presionado el sistema queda inhibido hasta que este sea desactivado.



**Figura 3.25: Segmento de activación automática.** Activación del sistema en modo automático.

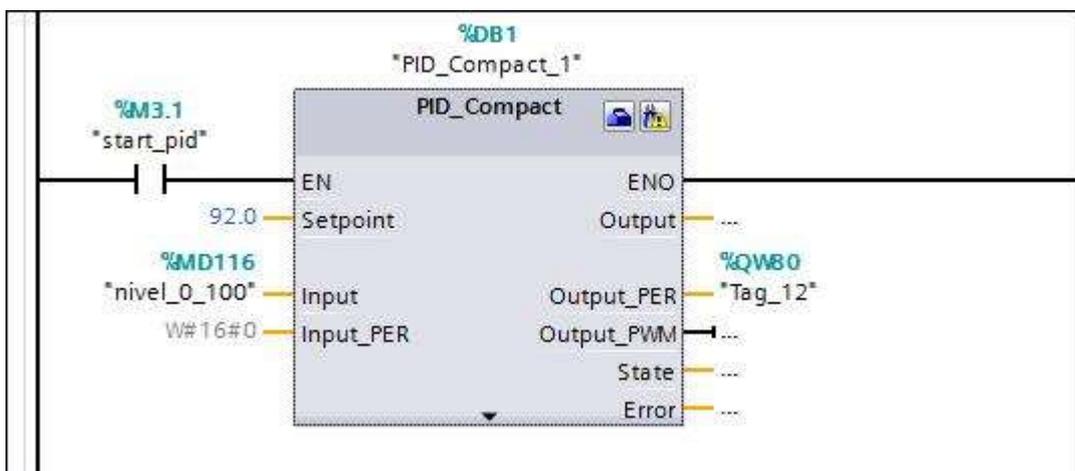
La figura 3.25 muestra la secuencia de activación y desactivación del modo automático, la marca “automático” da inicio a los lazos de control del sistema.



**Figura 3.26: Lazos de control.** Secuencias de activación del modo automático.

En la figura 3.26 se observan las secuencias de accionamiento en modo automático, en esta sección del sistema el operador activa la variable “pedido” desde la touch panel, la marca “validación” es la confirmación del operador del cuarto de salmuera con la certificación de que hay salmuera preparada para ser bombeada.

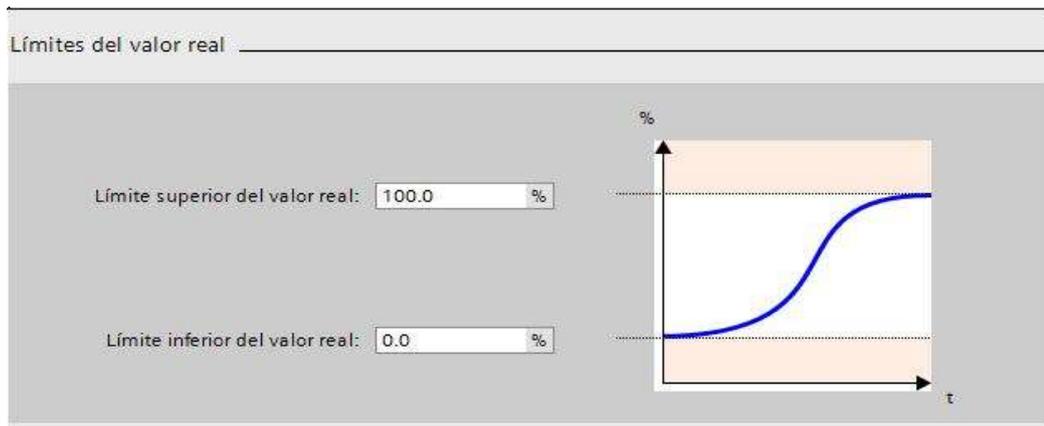
### 3.4.4.5. Control PID



**Figura 3.27: Bloque PID\_Compac\_1.** Bloque PID configuración de parámetros de entrada y salida.

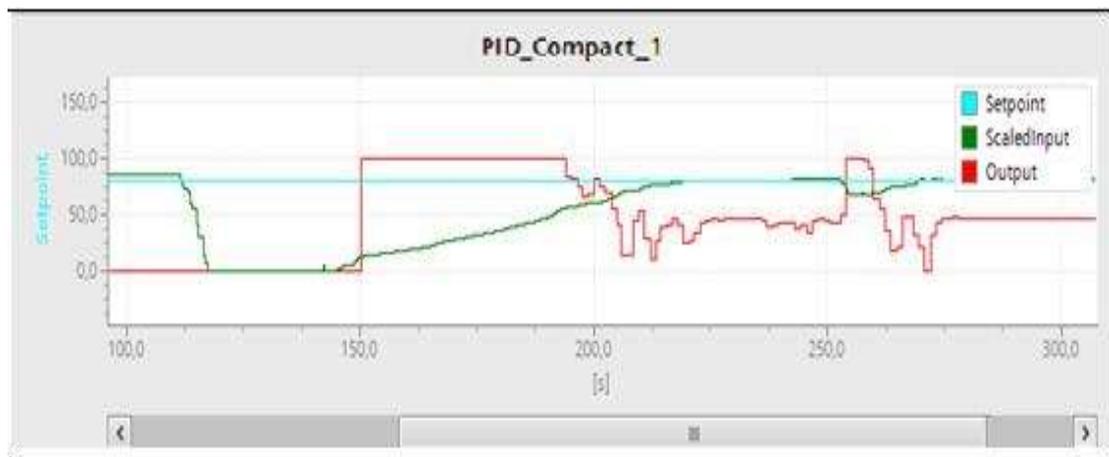
En la gráfica 3.26 podemos observar la utilización de las entrada Input del bloque PID\_Compact, la entrada input permite el uso de variables tipo real, al bloque se le asigna la variable “nivel\_0\_100” que es la señal escalada del transmisor de presión.

La salida Out\_PER permite llevar directamente la variable de salida del control PID al salida analógica del controlador.



**Figura 3.28: Límites bloque PID.** Configuración de los límites de entrada del bloque PID.

La figura 3.28 muestra la configuración de los límites de entrada del bloque PID, en una escala del 0 al 100%.



**Figura 3.29: Grafica de valores de proceso.** Gráfica del Setpoint, Output, ScaledInput.

La figura 3.29 muestra la gráfica del valor de proceso o señal medida la respuesta del controlador o señal de salida, a su vez se observa el setpoint fijado para la estabilización del sistema.

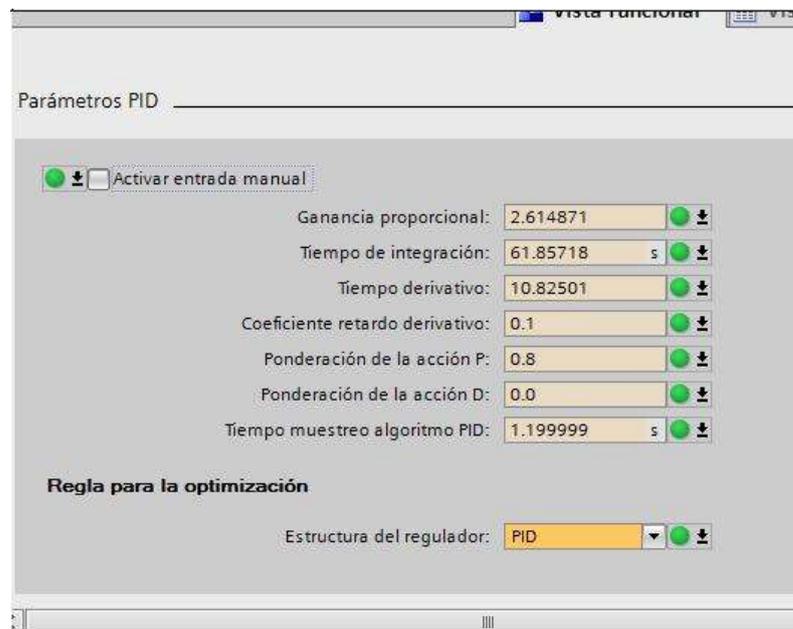
### 3.4.4.6. Optimización del sistema

Una vez realizado los ajustes del sistema el controlador PID compact tiene una función de optimización de los parámetros obtenidos mediante un nuevo muestreo y calibración de los valores obtenido en campo de ajuste.



**Figura 3.30: Gráfica del control PID optimizado.** Respuesta del control PID en modo optimizado.

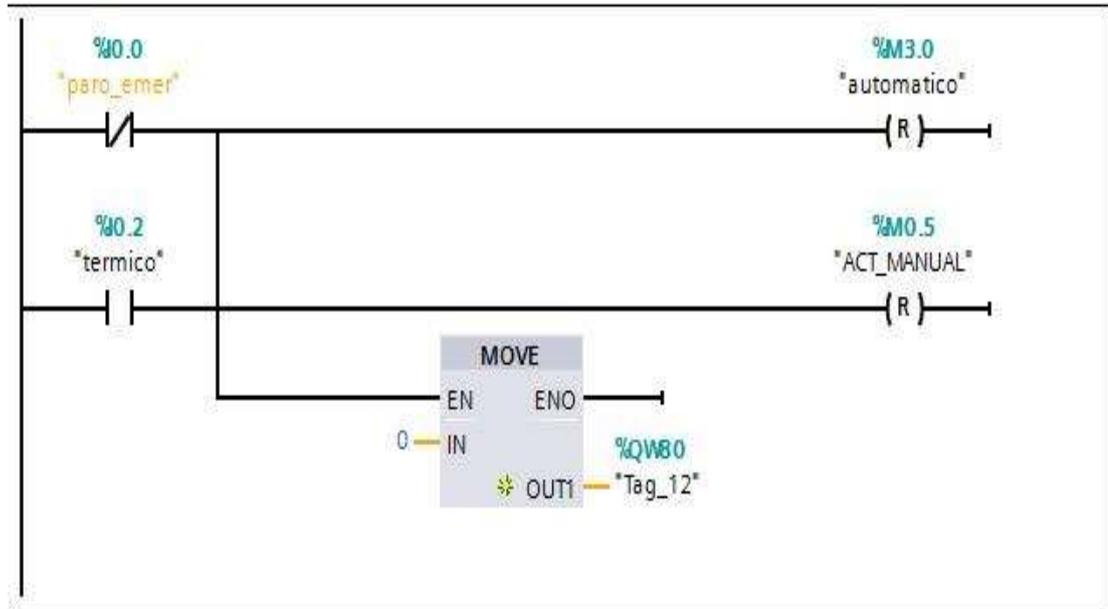
La gráfica 3.30 ilustra la respuesta del controlador PID a la variable del proceso, la optimización del sistema.



**Figura 3.31 Ganancias del controlador PID.** Valores obtenidos por el controlador PID una vez optimizado el sistema.

La imagen 3.31 muestra las ganancias obtenidas por el controlador durante el proceso de optimización.

### 3.4.5. Paro de emergencia



**Figura 3.32 Segmento de parada de emergencia.** Secuencia de activación del paro de emergencia y el térmico de la bomba.

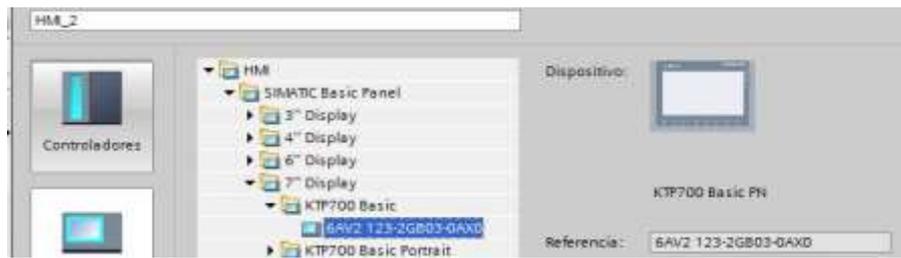
La figura 3.32 muestra la programación de la secuencia del paro de emergencia, como se observa el paro de emergencia o el térmico al ser presionados resetean las marcas de activación manual y automática a su vez cargan un valor de cero a la salida analógica del controlador, cerrando la válvula hasta que se restablezca el sistema.

Para efectos de la programación la el paro de emergencia se programó como un contacto cerrado, dado que físicamente el bloque de contacto de un stop de emergencia es un bloque cerrado, por lo que mantiene siempre activada la entrada correspondiente del controlador. Al presionarlo este realiza el respectivo cambio de estado en la programación.

### 3.5. Programación del HMI

La programación de la TOUCH PANEL KTP 700 al ser una pantalla de segunda generación se realiza en el software Tia Portal V13 que es la última versión del Tia Portal y trae integrado los utilitarios para la programación de las nuevas pantallas táctiles (SIEMENS, 2014)

### 3.5.1. Selección de HMI



**Figura 3.33 Selección de HMI.** Selección del HMI KTP700 Basic en el software Tia Portal V 13

Tia portal en su versión 13 integra las pantallas de segunda generación, en la opción de agregar dispositivos seleccionamos la HMI KTP 700. Estas pantalla cuentan con una mayor resolución de con respecto a sus predecesoras.

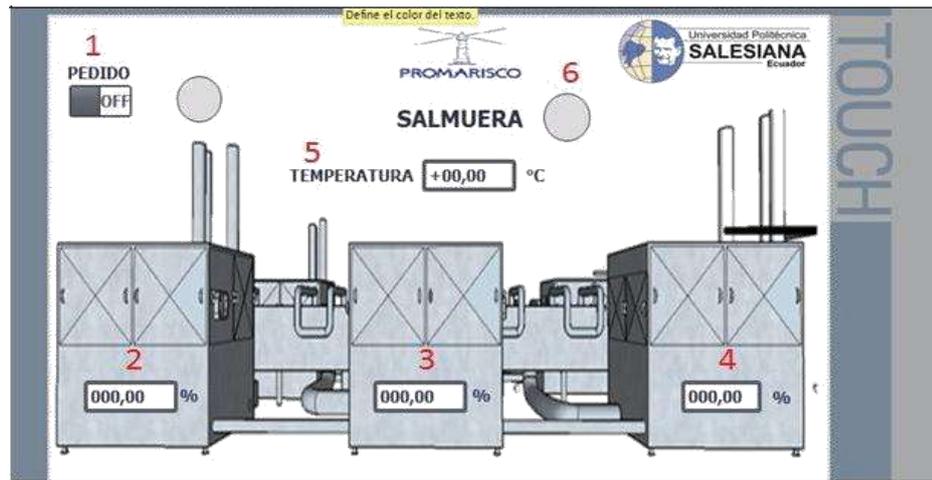
### 3.5.2. Creación de Imágenes

Para la interacción del operador con el controlador podemos los autores diseñaron tres imágenes que servirán como interface para el control de proceso.

- Imagen Raiz
- Imagen\_1
- Imagen\_2



**Figura 3.34: Pantalla principal HMI.** Imagen principal del HMI del sistema, al presionar el botón START en la pantalla principal continúa a la segunda presentación donde se puede controlar el proceso de forma automática.



**Figura 3.35: Imagen\_1; Visualización de indicadores y botones principales.** Para acceder a la Imagen\_1 se presiona el botón START.

En la imagen raíz. Se pueden observar los siguientes botones e indicadores: (1) Pedido; (2) Nivel del buco 1; (3) Nivel del buco 2; (4) Nivel del buco 3; (5) Temperatura de la Salmuera; (6) Salmuera.

### **Pedido**

El botón de pedido es una opción de dos estados que usará el operador para cuando necesite salmuera, dejando la opción de pedido accionada el sistema recuperará salmuera cuando los niveles de los bucos hayan bajado del 80% en este modelo actúa el control PID configurado.

### **Nivel de buco 1-2-3**

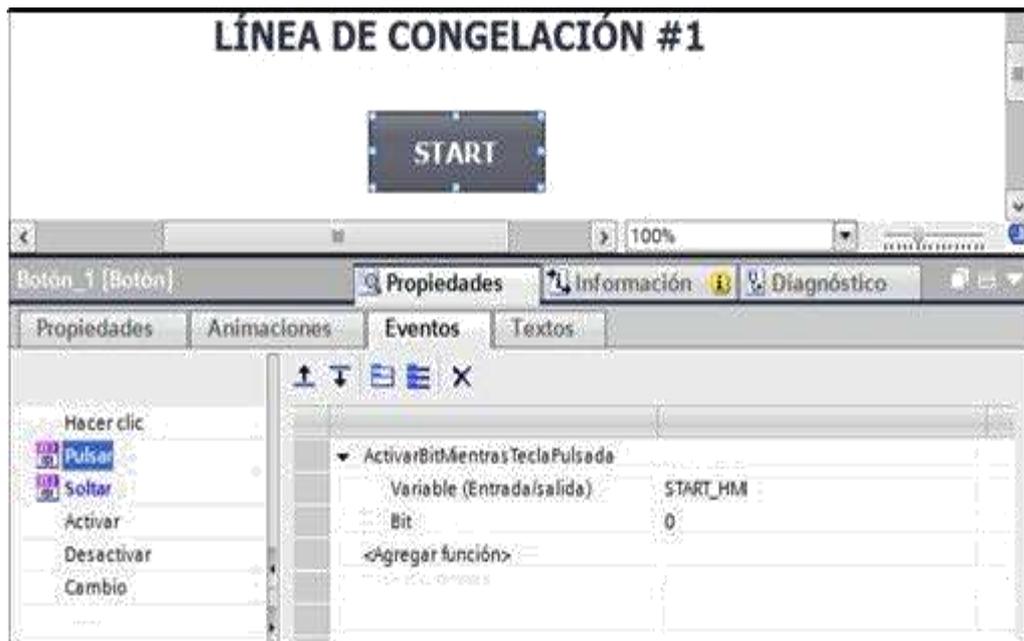
El indicador de nivel, muestra el valor porcentual del en el que se encuentra la salmuera dentro del buco.

### **Temperatura**

El indicador numérico temperatura muestra el valor exacto de la temperatura en la que se la salmuera dentro de los bucos.

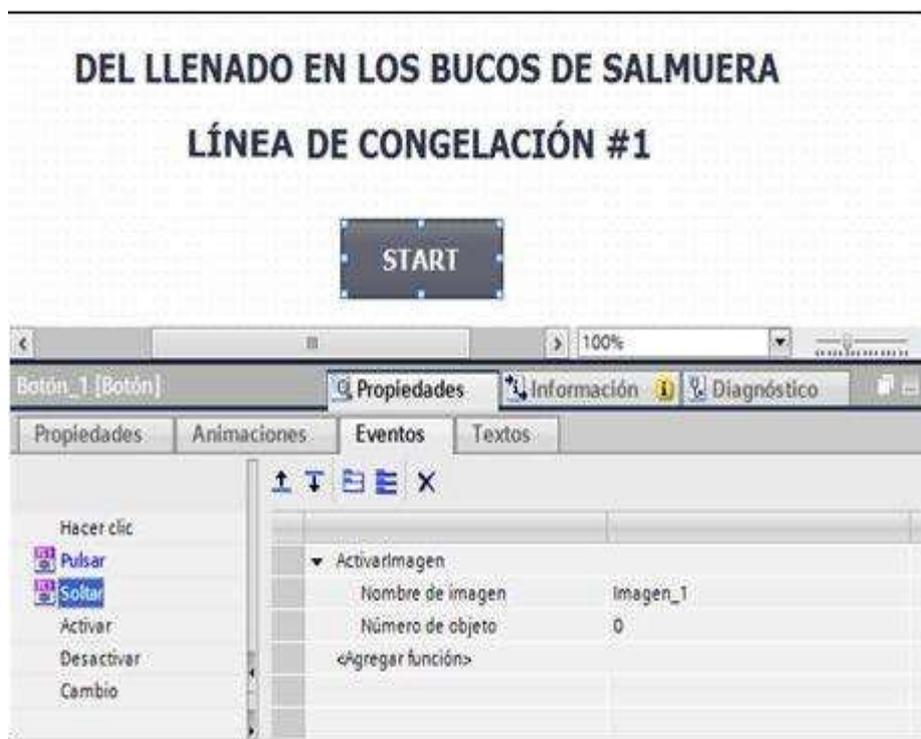
### **Salmuera**

Salmuera es una señal de confirmación proveniente desde el cuarto de salmuera, esta señal parte del selector de dos posiciones, con el cual se tiene confirmación de que hay salmuera preparada y lista para bombearla.



**Figura 3.36 Asignación de variable botón START.** Asignación de la variable PLC de la pantalla.

En la figura 3.36 se visualiza el evento pulsar, que activara la variable START\_HMI mientras mantengamos pulsado el botón.

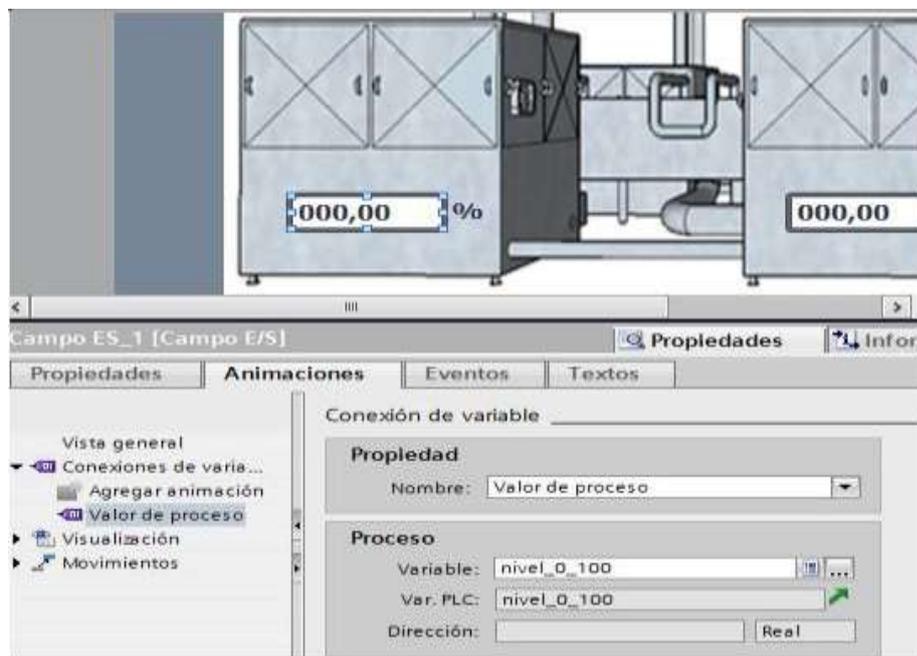


**Figura 3.37 Evento botón Start.** Asignación de evento pulsar al botón Start



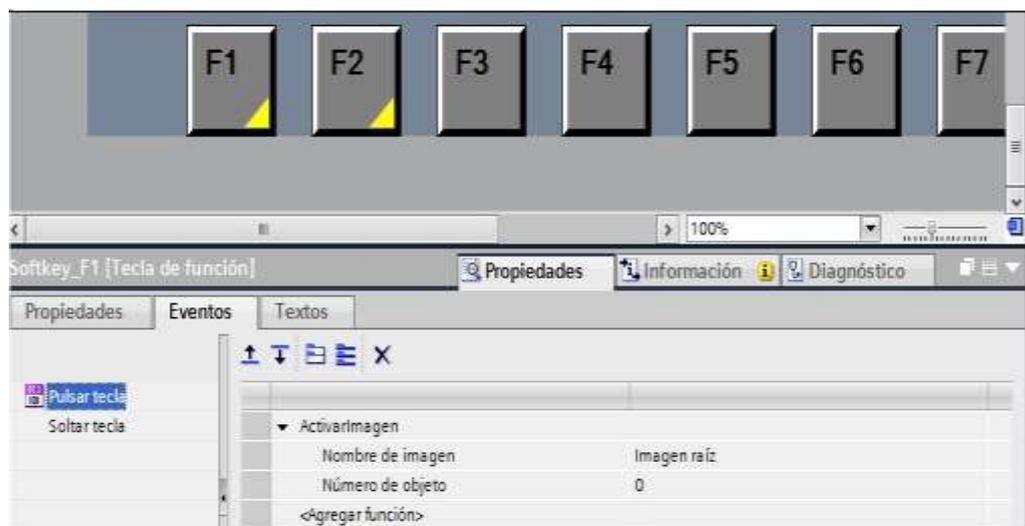
**Figura 3.38 Asignación de variable interruptor PEDIDO.** Asignación de la variable del PLC pedido\_hmi al interruptor del HMI PEDIDO.

La operación del interruptor de la figura 3.38 es activar la variable cuando el operador lo pase de estado “off” a “on” en este segmento el sistema trabajara de forma automática.

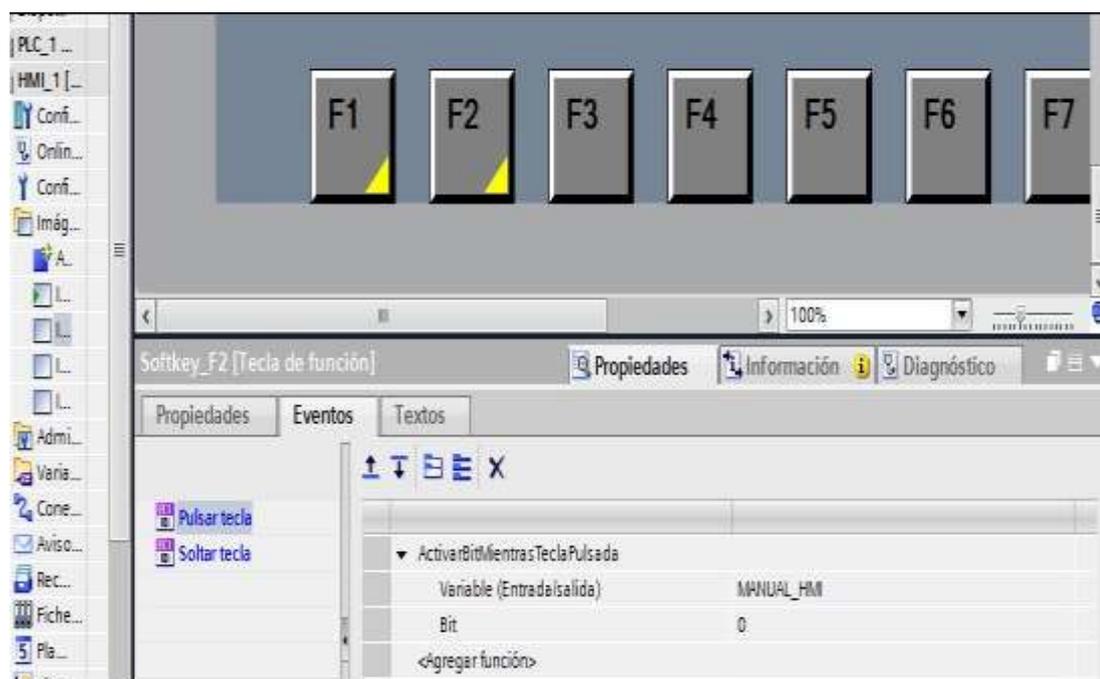


**Figura 3.39: Asignación de variable indicador de nivel.** Conexión del indicador numérico con la variable nivel 0\_100.

La variable nivel 0\_100. es el valor real del nivel de la salmuera en los bucos, este valor es el resultado del escalamiento del transmisor de presión.



**Figura 3.40: Configuración del botón F1.** Al pulsar el botón F1 el operador regresara a la pantalla principal.



**Figura 3.41: Configuración del botón F2.** Selección de eventos.

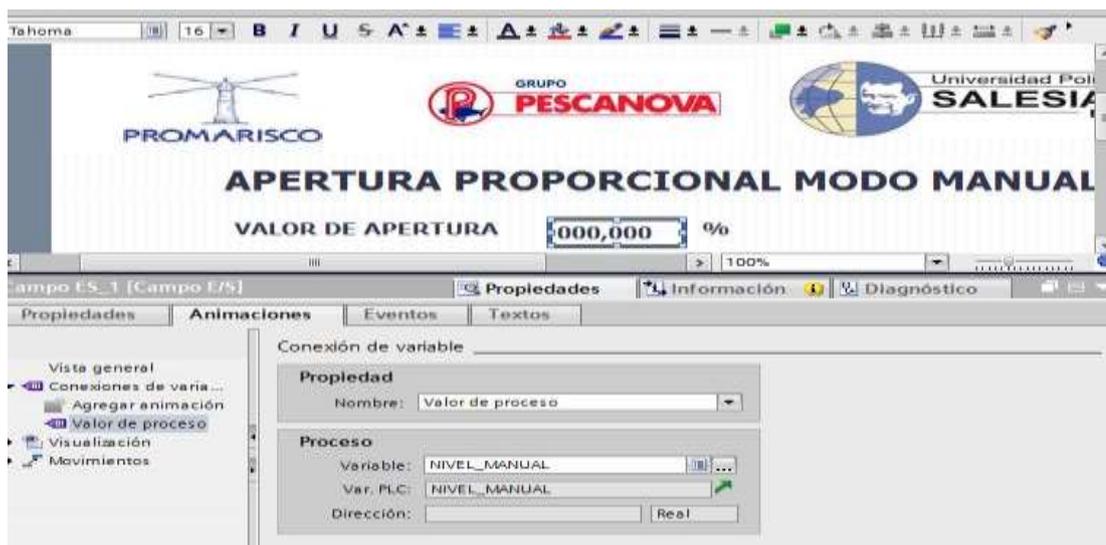
Al mantener presionado el botón F2 se activa la variable de proceso manual HMI y la acción que ocurre al soltar el botón es de activar la imagen\_2 que es el modo manual del sistema.



**Figura 3.42: Pantalla de modo manual del sistema.** Indicadores de proceso y activación del sistema.

En este modo el operador tiene control manual sobre la apertura de la válvula y el encendido de la bomba de alimentación.

Para acceder a esta pantalla el operador lo puede hacer desde la Imagen\_1 presionando la tecla F2.



**Figura 3.43 Conexión de variable al campo de entrada valor de apertura.** Conexión con variable nivel manual.

Esta variable está conectada y escalada en un valor del 0 al 100% para la apertura de la válvula proporcional, en este campo el operador puede seleccionar el porcentaje de apertura de la válvula según lo considere necesario.

### 3.6. Montaje de equipos de control.

#### 3.6.1. Montaje de la válvula proporcional.



**Figura 3.44: Montaje de válvula proporcional.** Conexión de la válvula proporcional al sistema de tuberías de la red de salmuera.

La figura 3.44 muestra el montaje de la válvula proporcional en la tubería de suministro de salmuera al buco #2 de la línea de congelación, las válvulas manuales sirven como un sistema de bypass para el desmontaje de la válvula en las tareas de mantenimiento.

La alimentación principal de la válvula proviene de los 220 VAC del tablero de control del sistema a través de un conductor concéntrico 4X14, la señal de 4-20 mA para el control de apertura es transmitida por medio de un cable belén apantallado 2X18.



**Figura 3.45: Cable Belden 2x18.** Cable Belden apantallado con línea a tierra. (BELDEN, 2015)

La figura 3.45 muestra el cable Belden usado para transmitir la señal de apertura y cierre de la válvula motorizada, en la malla se ve la línea usada para aterrizar el el conductor.

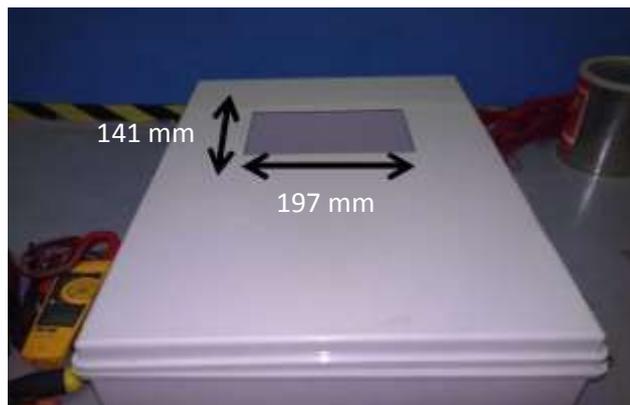
### 3.6.2. Selección del tablero



**Figura 3.46: Tablero de Schneider.** Tablero plástico de 30x20x60 cm protección IP 65.

En la figura 3.46 se visualiza el tablero plástico de dimensiones 30x20x60 cm, donde reposan los elementos de control del sistema, para las características del control y la cantidad de elementos a incluir los considero que las dimensiones técnicas más apropiadas para el tablero de control fueron 30x20x60 cm, proporcionando el espacio necesario para la colocación de los elementos de control.

### 3.6.3. Montaje de TOUCH PANEL KTP-700



**Figura 3.47: Calado para TOUCH PANEL.** Calado en el tablero para la colocación del touch panel.

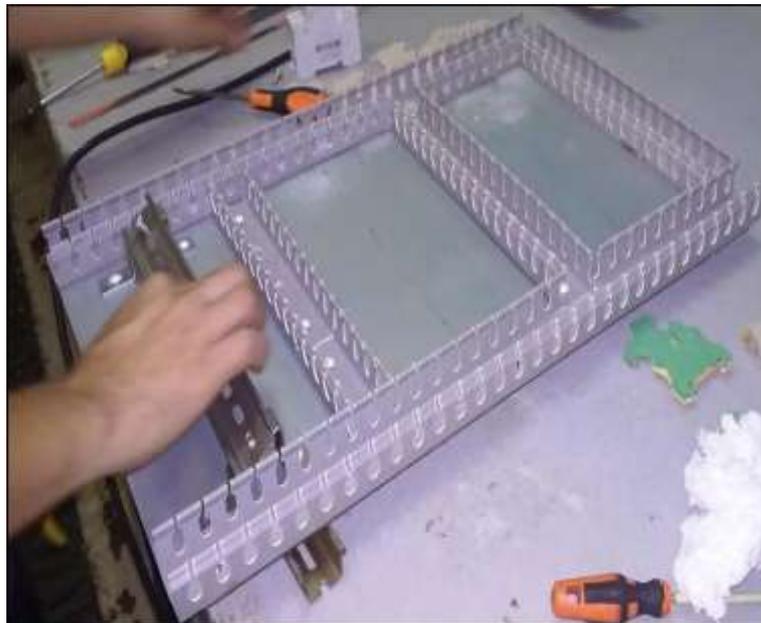
La figura 3.47 muestra el calado realizado para la colocación del touch panel KTP - 700 en el tablero, en la figura se observan las dimensiones de la perforación que se realiza en el tablero.



**Figura 3.48: Montaje del TOUCH PANEL.** Colocación del touch panel en el tablero.

La figura 3.48 muestra la colocación del TOUCH PANEL en el tablero de control, la sujeción del mismo se la realiza mediante vinchas ajustables en la parte posterior.

#### **3.6.4. Colocación de canaletas.**



**Figura 3.49: Colocación de canaletas.** Canaletas de 35x35x35 mm fijadas al plafón del tablero.

En la figura 3.49 se observa la distribución de las canaletas en el plafón del tablero, también se visualiza la riel din usada para la ubicación de las borneras.

### 3.6.5. Montaje de los elementos de protección y fuente de alimentación



**Figura 3.50: Elementos de protección.** Breakers Schneider y Fuente de alimentación de 24 VDC Allen Bradley.

En la figura 3.50 se observa la colocación del breaker de 2 polos 2A, que sirve como protección principal del sistema. El dimensionamiento del breaker se lo realiza con la suma algebraica de los valores nominales de corriente establecidos por los manuales de los equipos usados.

**Tabla 3.3**

**Valores de consumo de corriente elementos de control.**

Elementos	Consumo en Amperios AC
Fuente 24 VDC Allen Bradley.	0.62 A
PLC S7-1200 AC/DC/RLY	0.90 A
Válvula motorizada	0.30 A
TOTAL	1.82 A

**Nota:** La tabla 3.3 describe el consumo de corriente de los elementos conectados con alimentación de 220 VAC.

#### 3.6.5.1. Fuente de alimentación 24 VDC.

La fuente de alimentación de 24 VDC se utiliza para suministrar una tensión continua al transmisor de presión hidrostática, transmisor de temperatura y al touch panel.



**Figura 3.51: Fuente de alimentación 24VDC.** Fuente Allen Bradley 1606 XLS

En la figura 3.51 se observa la fuente de alimentación de 24 VDC, que suministra tensión necesaria para el funcionamiento de los elementos de control.

### 3.6.5.2. Breaker Protección 24 VDC

Para el dimensionamiento del breaker de protección de los elementos que trabajan con un voltaje DC se realiza la suma algebraica de las corrientes que consumen, descrita en la hoja técnica de cada componente.



**Figura 3.52: Protección del control 24VDC.** Breakers 2P 2A Schneider.

La figura 3.52 muestra el montaje del breaker para la protección de los elementos con necesiten un suministro de 24 VDC.

### 3.6.6. Montaje del PLC



**Figura 3.53: Montaje del PLC.** Montaje conexión del PLC con borneras.

La figura 3.53 muestra la colocación del PLC en el segundo nivel bajo los sistemas de protecciones, la colocación del plc se la realizo bajo el nivel de protección para evitar problemas producidos por ruidos y excesos de temperaturas ocasionados por los elementos de protección, además se visualiza el cableado que conecta los elementos de control internos del tablero, como las borneras que conectan los elementos de control externo.

### 3.7. Pruebas de funcionalidad

Las pruebas de funcionalidad consisten en demostrar el respectivo funcionamiento de los equipos que conforman el sistema.



**Figura 3.54: Tablero de control energizado.** PLC y fuente de 24 VDC energizadas.

La figura 3.54 muestra los elementos de control energizados y activados correctamente, se evidencia el funcionamiento de los mismos por los indicadores de color verde que incorporan en su estructura.



**Figura 3.55: Sensor de Transmisor de presión. WIKA 0 – 0,3 BAR**

La figura 3.55 muestra el sensor de transmisor de presión con una señal de 0-3 BAR que sirve para medir el nivel de los bucos.



**Figura 3.56: Vaso comunicante. Tubería de 2” para unir los bucos de la línea de congelación 1.**

La figura 3.56 muestra la tubería que conecta los bucos 1, 2 y 3 de la línea de congelación, se observa una capa de hielo que recubre el vaso comunicante, esta capa externa se produce a las bajas temperaturas que mantiene la salmuera durante el proceso de congelación.



**Figura 3.57: Funcionamiento de Válvulas.** Secuencia de apertura de la válvula proporcional.

En la figura 3.57 se observa la apertura de la válvula operando en los rangos de 0 – 48 – 66 y 100%.

Montaje del tablero en  
la línea de congelación. ←



**Figura 3.58: Ubicación del tablero de control.** Tablero de control del sistema de llenado de los bucos en la línea de congelación 1.

En la figura 3.58 se visualiza el tablero de control operando en la línea de congelación 1.



**Figura 3.59: Vista frontal del touch panel.** Touch panel montado en el tablero de control del sistema.

En la figura 3.59 se observa el touch panel energizado y ejecutando el programa cargado.



**Figura 3.60: Lecturas de nivel y temperatura de los bucos.** Visualización de las lecturas de los transmisores de presión y temperatura en el touch panel.

En la figura 3.60 se observa el nivel y temperatura que se están ejecutando los bucos 1, 2 y 3 a través del touch panel.

## CONCLUSIONES

Del presente proyecto se determinó que el llenado de los bucos mediante un sistema automatizado, disminuye en un gran porcentaje el desperdicio de salmuera por rebose de los bucos.

El uso de una válvula de apertura proporcional para el abastecimiento de líquidos es un implemento que ayuda de gran manera a controlar el caudal de ingreso de salmuera a los bucos disminuyendo el choque térmico y evitando que la salmuera gane temperatura de forma rápida.

La ejecución del bloque PID para la apertura y cierre proporcional de la válvula es de vital importancia para mantener los bucos con la cantidad adecuada de salmuera evitando así el uso innecesario de la misma.

## **RECOMENDACIONES.**

Para el uso del sistema de supervisión y control en el llenado de los bucos de salmuera el operador deberá recibir una inducción previa por parte de departamento de Mantenimiento Electrónico y Control, de la planta Promarisco S.A. Durán.

El mantenimiento del tablero, de los equipos de medición y demás elementos eléctricos y de control deberá ser situados en la matriz de Mantenimiento preventivo con una frecuencia de revisión de 1-7 una vez cada siete días.

Para la manipulación del sistema en modo manual se deberá recibir la confirmación del operador del cuarto de salmuera con la finalidad de no encender a bomba de distribución a vacío, el operador deberá estar presente en el lugar del trabajo verificando el desempeño de los equipos manipulados.

El tablero, los valores configurados en la programación, calibración de los sensores de nivel y temperatura son válidos para la línea de congelación de camarones #1.

## CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	MES 1			MES 2			MES 3			MES 4			MES 5			MES 6								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
FASE I																								
FASE II																								
FASE III																								
FASE IV																								
FASE V																								
FASE VI																								
FASE VII																								
FASE VIII																								

FASE I.- Introducción, investigación y desarrollo teórico.

Conceptos básicos.

Definición de componentes.

FASE II.- Adquisición de elementos y construcción de estructuras.

Codización.

Dimensionamiento del transmisor.

Normativas IP.

FASE III.- Pruebas de funcionamiento del transmisor de presión

FASE IV.-Montaje de elementos y confrontación de cálculos teóricos-prácticos

FASE V.- Pruebas y ajustes de precisión.

FASE VI.- Programación del PLC y Touch Panel

FASE VII.- Mantenimiento.

FASE VIII.-Elaboración de reseña escrita, anexos y tablas varias.

## PRESUPUESTO

**Tabla: Presupuesto del proyecto**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO
PLC SIEMENS S7-1200	1	\$700
HMI KTP 700	1	\$900
SIGNAL BOARD SALIDA 0-20 MA	1	\$175
TRANSMISOR DE PRESIÓN WIKA 0,02 BAR	3	\$1,800
VÁLVULA PROPORCIONAL	1	\$2,300
PT100 CON TRANSDUCTOR	1	\$250
TABLERO PASTICO 30X20X60	1	\$250
CABLE 4 X 16	400 m	\$500
RIEL DIM	2	\$10
CABLE # 18 CONTROL ROJO	100 m	\$60
CABLE # 18 CONTROL NEGRO	100 m	\$60
CABLE # 18 CONTROL AZUL	100 m	\$60
CABLE # 18 CONTROL CAFÉ	100 m	\$60
BORNERAS PARA CABE #18	20	\$10
BREAKERS SCHNEIDER 2P 2A	1	\$30
FUENTE SCHNEIDER 24 VDC	1	\$300
CABLE BELDEN APANTALLADO	20 m	\$30
BASE ACERO PARA TABLERO	1	\$250
RELÉS 24VDC	1	\$40
RELÉ 220V AC	1	\$40
SOLADURA DE BASE PARA SENSORES EN INOX	3	\$1,500
<b>VALOR TOTAL</b>		<b>\$9,325</b>

Nota: La tabla muestra el costo total del diseño e implementación del sistema, asumido por el departamento de Ingeniería & Mantenimiento de la compañía PROMARISCO S.A.

## BIBLIOGRAFÍA

IFS. (24 de 03 de 2015). *IFS*. Obtenido de <http://www.ifs-certification.com/index.php/es/retailers-es/ifs-standards/ifs-food>

Mazzone, V. (2002). *Controladores PID*. Obtenido de <http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>

SIEMENS. (2009). *SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200*. Obtenido de <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

Siemens. (2014). *Manual de Instalaciones* .

SIEMENS. (2014). *SIEMENS* . Recuperado el 24 de 3 de 2015, de <http://www.industry.siemens.com/topics/global/es/tia-portal/pages/default.aspx>

WIKA. (2013). *Hoja técnica WIKA PE 81.61* . .

## ANEXOS

### ANEXO 1: FICHA TÉCNICA TRANSMISOR DE PRESIÓN

#### Señales de salida

Clase de señal	Señal
Corriente (2 hilos)	4 ... 20 mA
Corriente (3 hilos)	0 ... 20 mA
Tensión (3 hilos)	DC 0 ... 10 V DC 0 ... 5 V

Otras señales de salida a petición

Dependiendo del tipo de señal valen las cargas siguientes:

Corriente (2 hilos)	≤ (alimentación auxiliar - 10 V) / 0,02 A
Corriente (3 hilos)	≤ (alimentación auxiliar - 3 V) / 0,02 A
Tensión (3 hilos)	> máx. señal de salida / 1 mA

#### Alimentación de corriente

##### Alimentación auxiliar

La alimentación auxiliar permitida depende de la señal de salida seleccionada

4 ... 20 mA (2 conductores)	DC 10 ... 30 V
0 ... 20 mA (3 conductores)	DC 10 ... 30 V
DC 0 ... 10 V	DC 14 ... 30 V
DC 0 ... 5 V	DC 10 ... 30 V

#### Condiciones de referencia (según IEC 61298-1)

##### Temperatura

15 ... 25 °C (59 ... 77 °F)

##### Presión atmosférica

860 ... 1.060 mbar (12,47 ... 15,37 psi)

##### Humedad atmosférica

45 ... 75 % h. r.

##### Alimentación auxiliar

DC 24 V

##### Posición de montaje

Calibrado en posición vertical con la conexión a presión hacia abajo.

#### Datos de precisión

Precisión en condiciones de referencia	
Estándar	± 0,5 % del span
Opción	± 0,25 % del span <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Solo para rangos a 0,25 bar

Incluye alinealidad, histéresis, desviación de punto cero y de valor final (corresponde a desviación de valor de medición según IEC 61298-2). Calibrado en posición vertical con la conexión a presión hacia abajo.

##### Alinealidad (según IEC 61298-2)

± 0,2 % del span BFSL

##### No repetibilidad

± 0,1 % del span

##### Error de temperatura en el rango de temperatura nominal

Rango de temperatura nominal:

0 ... 80 °C (32 ... 176 °F)

Coefficiente de temperatura medio del punto cero:

Rango de medida > 0,25 bar ≤ 0,2 % del span/10 K

Rango de medida ≤ 0,25 bar < 0,4 % del span/10 K

Coefficiente de temperatura medio del span:

± 0,2 % del span/10 K

##### Deriva a largo plazo

± 0,2 % del span/año

##### Ajustabilidad: punto cero y span

El ajuste se realiza a través del potenciómetro del instrumento.

No es posible en la salida de cable con tipo de protección IP 68.

Punto cero ± 5 %

Span ± 5 %

#### Tiempo de respuesta

##### Tiempo de establecimiento

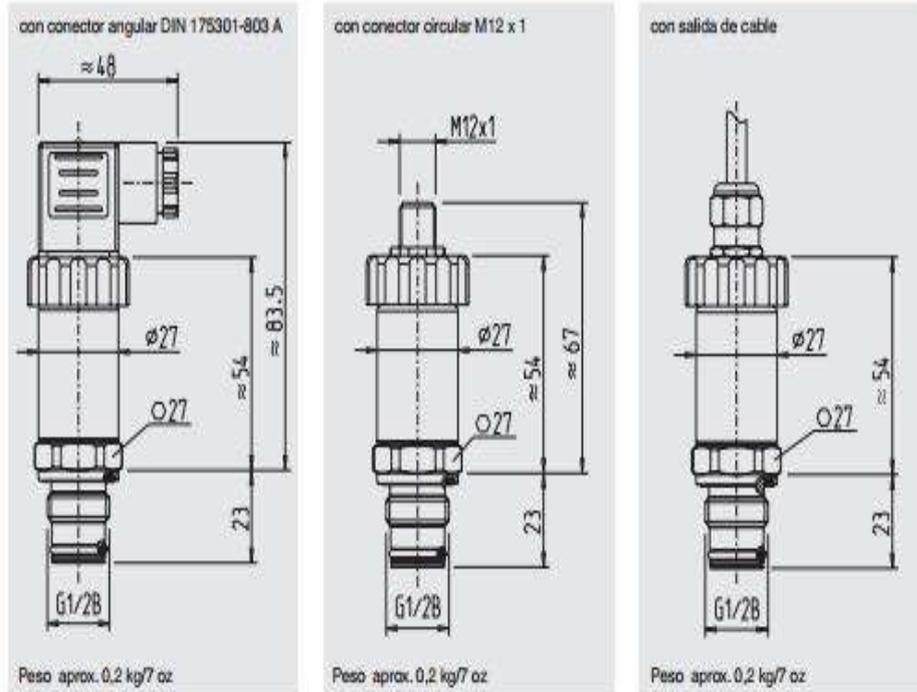
≤ 10 ms

Figura 1: Datos técnicos salida analógica transmisor WIKA S11

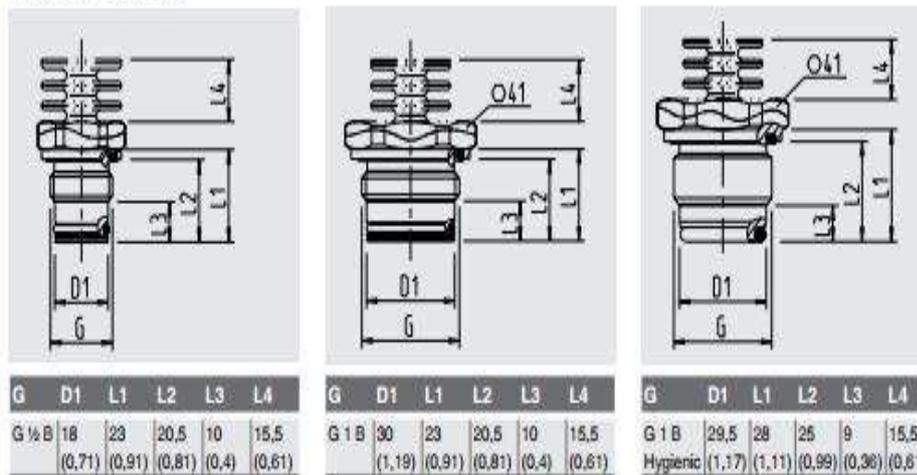
## ANEXO 2: DIMENSIONES SENSOR DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN

### Dimensiones en mm (pulg)

#### Transmisor de presión



#### Conexiones a proceso



Las indicaciones sobre taladros para roscar y para soldar se detallan en nuestra información técnica IN 00.14 en [www.wika.es](http://www.wika.es).

Figura 2: Dimensiones del transmisor de presión WIKA S11

## ANEXO 3: INSTALACIÓN DE VÁLVULA PROPORCIONAL GEA-20PD, 35PD

### PROPORTIONAL ACTUATORS INSTALLATION MANUAL

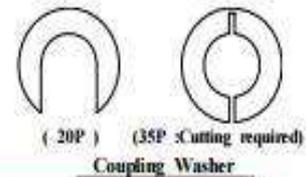
MODEL : GEA - 20P, 35P / GEA - 20PD, 35PD ( AC24V )

#### ■ MOUNTING NOTES :

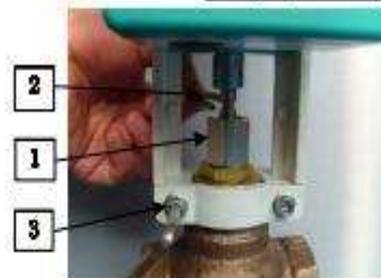
1. To prevent water soak into Actuator, mount actuator upright position of valve body
2. To protect Actuator, it was adjusted at 50% position on delivery, it should be operated after assembling with valve.

#### ■ VALVE AND ACTUATOR ASSEMBLY :

1. Unfasten the coupling nut from actuator and fix actuator upright position to the valve shaft. <Figure 2-1 >
2. Fit the coupling washer into the hole of the shaft. <Figure 2-2 >
3. Fit the actuator to the groove of valve body and fix tightly with hexagonal wrench ( 6mm ) <Figure 2 - 3 >
4. Connect coupling nut with actuator's coupling and fix high enough and tighten. < Drawing 1-4 >



<Figure 1>



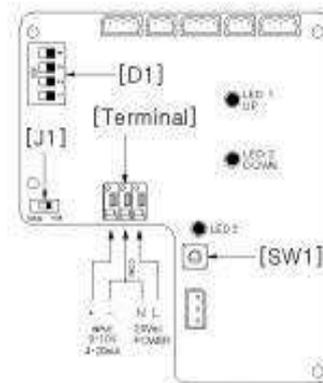
<Figure 2>

#### ■ MANUAL OPERATION

1. As automatic operation is set on delivery, use only manual operation on power off condition <Drawing 3 >
  2. Turn the manual lever 1 counter clockwise (CCW) for 90°. (turn round manual lever slightly )
  3. When turn the manual lever clockwise (CW), actuator's shaft moves down and turn counter clockwise (CCW) to move upward. <Figure 3-2 >
- \* For automatic conversion after manual operation, manual lever should be turned back for 90° and round manual lever should be also turned back slightly.



<Figure 3>



<Figure 4>

\* Manual Operation : Do not use when power on.

Figura 3: Instalación de válvula proporcional