

**SUPERVISIÓN Y CONTROL DE DOS TANQUES INTERCONECTADOS EN
SERIE**

MAURO FANOR COGOLLO GONZÁLEZ
LUIS MIGUEL HUETO GUERRERO

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ÁREA DE AUTOMATIZACIÓN
CARTAGENA D. T Y C.**

2009.

**SUPERVISIÓN Y CONTROL DE DOS TANQUES INTERCONECTADOS EN
SERIE**

MAURO FANOR COGOLLO GONZÁLEZ

LUIS MIGUEL HUETO GUERRERO

Monografía presentada
como requisito para optar al título de
Ingeniero Electrónico, en el marco del Minor en Automatización Industrial

Director
Phd José Luis Villa Ramírez
Ing. Electrónico.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ÁREA DE AUTOMATIZACIÓN

CARTAGENA D. T Y C.

2009.

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias, D. T. y C.,

Yo, **MAURO F. COGOLLO GONZÁLEZ** Identificado con la cedula de ciudadanía No. **1'050'948.020** de Turbaco - Bolívar, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi Monografía y publicarla en el catálogo online de la biblioteca.

(Firma)

MAURO F. COGOLLO GONZÁLEZ
NOMBRE DEL ESTUDIANTE

Registrarse esta autorización ante notario público.

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias, D. T. y C.,

Yo, **LUIS MIGUEL HUETO GUERRERO**, Identificado con la cedula de ciudadanía No. **1'128'057.125** de Cartagena - Bolívar, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi Monografía y publicarla en el catálogo online de la biblioteca.

(Firma)

LUIS MIGUEL HUETO GUERRERO
NOMBRE DEL ESTUDIANTE

Registrarse esta autorización ante notario público.

Cartagena D. T. y C., 1 de Septiembre de 2009

Señores:

COMITÉ DE PROYECTO DE GRADO.

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Universidad Tecnológica de Bolívar.

Ciudad

Apreciados Señores:

En primera instancia reciban un cordial saludo, en la presente hacemos entrega de la Monografía titulada **“SUPERVISIÓN Y CONTROL DE DOS TANQUES INTERCONECTADOS EN SERIE”**.

Esperamos que nuestro proyecto sea de completo agrado a ustedes y anticipamos nuestro agradecimiento por su atención.

Atentamente,

LUIS MIGUEL HUETO G.
1'128'057.125 Cartagena/Bolívar

MAURO F. COGOLLO GONZÁLEZ.
1'050'948.020 Turbaco/Bolívar

Cartagena D. T. y C., 1 de Septiembre de 2009

Señores:

COMITÉ DE PROYECTO DE GRADO.

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Universidad Tecnológica de Bolívar.

Ciudad

Apreciados Señores:

En primera instancia reciban un cordial saludo, por la presente me permito informarles que la monografía titulada **“SUPERVISIÓN Y CONTROL DE DOS TANQUES INTERCONECTADOS EN SERIE”**. Ha sido desarrollada en el Minor en Automatización Industrial como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Electrónicos, y ha sido realizada por los estudiantes Mauro Fanor Cogollo González y Luis Miguel Hueto Guerrero.

Como director del proyecto considero que el trabajo ha sido desarrollado conforme a los objetivos establecidos al principio del mismo. Y es realmente satisfactorio y amerita ser presentado para evaluación ante el comité curricular del programa.

Atentamente,

Phd JOSÉ LUIS VILLA RAMÍREZ

Director

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Alcides Hueto y Ana Sofía Guerrero, a mis Hermanos Alcides Manuel y Nevis del Carmen, a todos mis amigos y a todas aquellos docentes y conocidos que me han apoyado en mi desarrollo como profesional.

A Guillermo Castillo Matos, quien confió en mí desde un principio y aportó en gran medida a mi formación.

Luis Miguel Hueto Guerrero

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Julio C Cogollo Paternina y Beatriz M González Moreno, a mi Hermana Marysabel Cogollo González, a mi abuela Mary Luz Moreno, al resto de mi familia tíos, primos, a todos mis amigos y a todas aquellos docentes y conocidos que me han apoyado y no me han abandonado en este proceso profesional.

Mauro Fanor Cogollo González

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Phd. José Luis Villa Ramírez, Ingeniero Electrónico y Director del Proyecto.

Msc, Oscar Acuña, Ingeniero Eléctrico, por sus valiosos consejos.

Ledy Castro Flórez, Bibliotecaria, Por su valiosa colaboración en la búsqueda de información.

Diego, Auxiliar de Laboratorio, por su colaboración y consejos para el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN | |
| 1. Descripción de la planta | 1 |
| 1.1 Materiales de la planta | 3 |
| 1.2 Instrumentos de la planta | 4 |
| 1.3. Antecedentes del controlador de la planta | 4 |
| 2. Arquitectura control y supervisión | 6 |
| 2.1. Solución del problema y modo de operación | 6 |
| 2.1.1. Modo de operación | 7 |
| 2.1.2 Modo de adquisición de datos | 8 |
| 3. Instrumentación, materiales y equipos utilizados | 9 |
| 3.1 Transmisor diferencial de presión | 9 |
| 3.1.1 Calibración | 11 |
| 3.1.2 Calibración del span | 11 |
| 3.1.3 Calibración de Cero | 12 |
| 3.2 Electroválvula | 13 |
| 3.2.1 Características | 14 |
| 3.3 Motobomba | 15 |
| 3.4 Finales de carrera | 16 |

| | |
|--|----|
| 3.5 Luz o Led Piloto | 17 |
| 3.6 Contactor | 18 |
| 3.7 Pulsadores | 19 |
| 3.8 Cable o conductor | 19 |
| 3.9 Conectores Centronics | 20 |
| 3.10 PLC (Controlador Lógico Programable) SIMATIC S7-200 CPU 214 de SIEMENS | 20 |
| 3.11.1 Características mecánicas | 21 |
| 3.11.2 Características técnicas | 21 |
| 3.11.3 Características adicionales de la cpu 214 | 22 |
| 3.11.4 Funciones de la cpu 214 | 22 |
| 3.11.5 Comunicaciones | 23 |
| 3.12 Wincc flexible | 27 |
| 3.13 Equipo de cómputo | 28 |
| 3.13.1 Requisitos mínimos | 28 |
| 3.14 Base del PLC | 29 |
| 4. Implementación de la arquitectura | 31 |
| 4.1 Diagrama de los circuitos de control y de potencia de planta | 31 |
| 4.2 Conexionado y normativas del cableado | 36 |
| 4.4. Diseño del conector centronics | 40 |
| 4.5 Implementación del programa en el PLC. | 41 |
| 4.5.1. Consideraciones previas del diseño | 41 |
| 4.5.1.1. Escalamiento de la variable controlada | 41 |

| | |
|--|----|
| 4.5.1.2 Configuración del EM 235 | 42 |
| 4.5.1.3 Creación de la subrutina de PID en el PLC | 43 |
| 5. Wincc flexible 2008 | 47 |
| 5.1 Crear un proyecto | 47 |
| 5.2 Información del proyecto | 50 |
| 5.3 Conexión del Wincc con OPC | 51 |
| 5.4 Creación de las variables | 52 |
| 5.5. Insertar una imagen | 53 |
| 5.6. Asignación de una variable a un objeto | 54 |
| 5.7 Creación de un fichero avisos | 55 |
| 5.8 Ejecutar la aplicación | 56 |
| 6. Caracterización de la planta y determinación de las constantes del PID | 57 |
| 6.1. Implementación del Programa del PLC para obtener constantes PID | 58 |
| 6.2. Descripción del Programa HMI de caracterización desarrollado en Wincc | 63 |
| 6.3 Laboratorio en Wincc | 65 |
| 7 Control y supervisión de la planta | 72 |
| 7.1 Implementación del programa del PLC para el control y supervisión | 73 |
| 7.2 Implementación del programa en el Wincc | 80 |
| 7.3 Ejecución de la práctica de supervisión y control con Wincc | 86 |
| 8. Conclusión | 89 |
| 8 Bibliografía. | 91 |

RESUMEN

En este trabajo se ha diseñado e implementado una arquitectura de control y supervisión a un prototipo de laboratorio de dos tanques en serie. La principal característica del desarrollo realizado es que corresponde a una arquitectura industrial.

La arquitectura implementada ha sido llevada a cabo con un PLC – Simatic S7 – 200 de SIEMENS para el control y Wincc flexible 2008 para la interface hombre máquina.

El sistema de supervisión implementado consta de dos modos de operación: un estado manual y un estado Automático (PLC). En el estado Manual no se realiza acción de control alguno, ya que este estado se utilizara para verificar cada una de las señales y la realización de pruebas en el mismo, en estado Automático (PLC) el proceso es regulado bajo una acción de control PID.

INTRODUCCIÓN

La supervisión y control de procesos industriales ha llegado a una consolidación tecnológica y normativa ampliamente aceptada en la industria. Este trabajo tiene por objeto diseñar e implementar, en un prototipo industrial de laboratorio, los aspectos más relevantes de este tipo de arquitecturas.

El sistema en estudio consta de 2 tanques interconectados en serie. La entrada del sistema es un flujo de agua a uno de los tanques mediante una bomba centrífuga, la cual es manipulada a través de una electroválvula proporcional, y la salida del sistema es el nivel de agua en el tanque de salida.

La arquitectura implementada utiliza un PLC – S7 200 y la supervisión con Wincc flexible 2008, y obedece en su estructura conceptual a una arquitectura industrial.

La culminación total de este proyecto beneficia a la comunidad estudiantil de la Universidad Tecnológica de Bolívar, específicamente a los que tienen conexión directa con los laboratorios de control automático, permitiéndoles realizar prácticas donde puedan desarrollar los conocimientos adquiridos en un salón de clase, y a la vez acercarse a las soluciones tecnológicas más utilizadas en industria.

Este trabajo está organizado como se detalla a continuación. En el Capítulo 1 se explica la descripción del Prototipo Industrial trabajado. En el Capítulo 2 se expone el problema planteado y la solución propuesta. En el Capítulo 3 se estudia y explica todo lo concerniente a los Instrumentos, materiales y equipos utilizados en el desarrollo del proyecto. En el Capítulo 4 se muestra el diseño de cada una de las partes utilizadas en la implementación de la planta. En el Capítulo 5 se realiza una explicación básica del programa utilizado para la supervisión Wincc flexible 2008. En el capítulo 6 se propone un método para hallar los valores de un posible regulador PID, a través de la técnica de Ziegler-Nichols. En el Capítulo 7 se explica la supervisión y control de la planta, utilizando los datos obtenidos en la práctica presentada en el Capítulo 6.

1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La planta consta de 2 tanques interconectados en serie, es decir, la interconexión de los tanques no modifica el comportamiento dinámico de cada uno de ellos. El prototipo industrial fue desarrollado por el grupo de Automatización Industrial y Control – GAICO de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Una descripción detallada del prototipo se encuentra en [1].



Figura 1 Planta al iniciar este proyecto

A estos tanques se les suministra agua a través de una motobomba la cual la succiona de un depósito, hasta cada uno de los tanques interconectados en serie. La tubería posee una válvula de tres vías la cual permite direccionar el flujo de agua ya sea al tanque 2 y desde ahí pasa el agua al tanque 1 como se puede apreciar en la Figura 2 o directamente al tanque 1 como se puede observar en la figura 3.

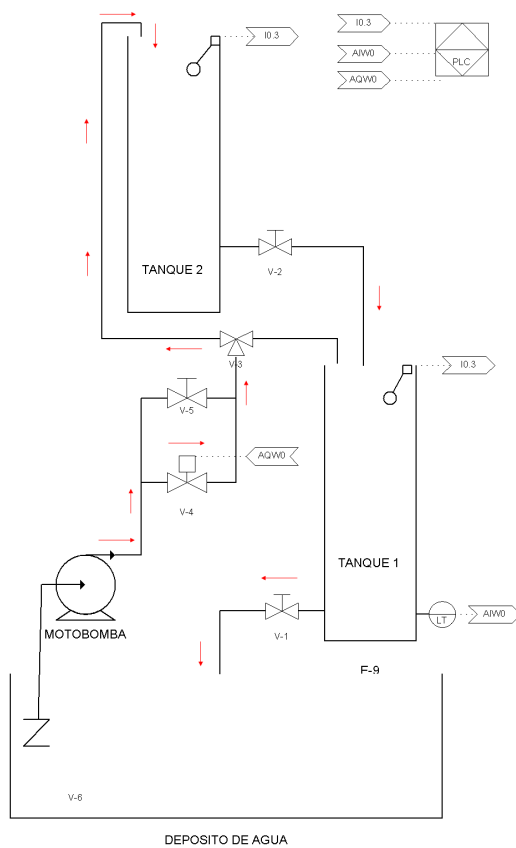


Figura 2 Suministro de agua al tanque 2

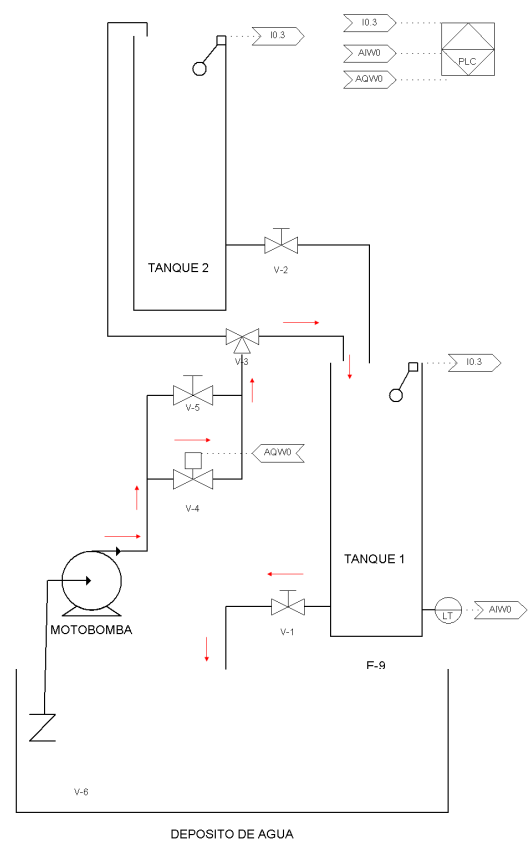


Figura 3 Suministro de agua al tanque

En esta sección se detalla la estructura física del prototipo.

1.1 MATERIALES DE LA PLANTA

Como se puede apreciar en la figura 1, la planta está montada sobre una base creada con ángulos de hierro de 1" x 1" x ¼", pintado de azul policromado, la mesa es de madera forrada con formica tipo pino, los cuales constituyen la estructura base de la planta, los tanques que están conectados en serie, están hechos con tubos de PVC de 8" de diámetro, estos tanques también poseen un sistema visual para observar el nivel en que se encuentra el líquido en cada uno de los tanques, mediante un tubo transparente de PVC de 1", posee un tanque rectangular hecho en acero inoxidable con dimensiones 70*30*43cm. el cual permite almacenar agua para que luego esta sea suministrada a los tanques, la tubería con la que se interconecta todo el fluido es una tubería de PVC de ½", estas tuberías poseen como limitantes de flujo válvulas manuales, donde sus funciones se describen a continuación: una válvula de desagüe para cada uno de los tanques, una válvula para la entrada del flujo del líquido en cada uno de los tanques, además, una válvula para pruebas en paralelo con la electroválvula y una válvula de 3 vías que permite direccionar el flujo entre los tanques como se puede apreciar en las figuras 2 y 3, y por último en la entrada de flujo de líquido de la motobomba posee un cheque el cual permite que el agua sea adsorbida por la motobomba pero no sea devuelta al depósito de agua.

1.2 INSTRUMENTOS DE LA PLANTA

En cuanto a la parte de instrumentación se posee un **transmisor diferencial de presión** el cual permite detectar la altura en que se encuentra el líquido en el tanque inferior, este transmisor tiene conectado el sensor en la parte de inferior del tanque 1, el cual transmite una señal de 4 a 20mA a una tarjeta de adquisición de datos, la **Electroválvula** se encuentra entre la motobomba y cada uno de los tanques, permitiendo controlar el flujo que llega a los tanques por medio una señal de 0 a 10VDC que le suministra la tarjeta adquisición de datos. El agua suministrada al tanque 2 se alimenta a través de una **Motobomba** que se enciende por medio de una alimentación de 120VAC. Esta instrumentación tiene características industriales y continua siendo utilizada en este trabajo por lo que en la sección 3 se detallarán las características técnicas de cada uno de estos elementos.

1.3 ANTECEDENTES DEL CONTROLADOR DE LA PLANTA

El prototipo originalmente es controlado a través de una tarjeta de adquisición de datos PC-818L de Nacional Instruments, a continuación se detallan las características de la tarjeta:

Entrada Análoga:

Canales: 16 simples u 8 diferenciales con selector.

Resolución: 12 bits.

Sobre Voltaje: ± 30 V máximo.

Rata De Conversión: 40KHz

Salida Análoga:

Canales: 1

Resolución: 12 Bits

Rango de Salida: 0 a ± 5 (+10) V con referencia en la tarjeta de -5(-10) V con referencia externa DC o AC ± 10 máximo.

Entrada Digital

Canales: 16.

Nivel: TTL compatible.

Voltaje de Entrada: Bajo 0.8V, Alto 2.0V \pm 30V Máximo

Carga de Entrada: Baja 0.4mA máx. A 0.5V, Alta 0.05mA a 2.7 V.

Salida Digital:

Canales: 16

Nivel: TTL compatible.

Voltaje de salida: 0.8V, a 0.5V máx. Alto -0.4 mA a 2.4V mínimo¹

¹ Tesis Control de Nivel, UTB,
Autor Luz Elena López Camargo, Carlos Arturo Rico Roa

2. ARQUITECTURA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN.

El problema planteado consiste en proponer e implementar una estrategia de control y supervisión y control del proceso de nivel en serie utilizando una arquitectura industrial. La variable controlada es el nivel del tanque 1, la variable manipulada es el caudal de entrada al tanque 2, y el objetivo de control es regular el valor del nivel del tanque 1 de acuerdo a la referencia establecida por el usuario. Lo anterior a través de una arquitectura industrial implementada a través de equipos industriales de automatización y siguiendo las normas de automatización de procesos.

2.1 Solución del Problema y Modo de Operación

Para la solución del Problema se propone la arquitectura planteada en la Figura 4.

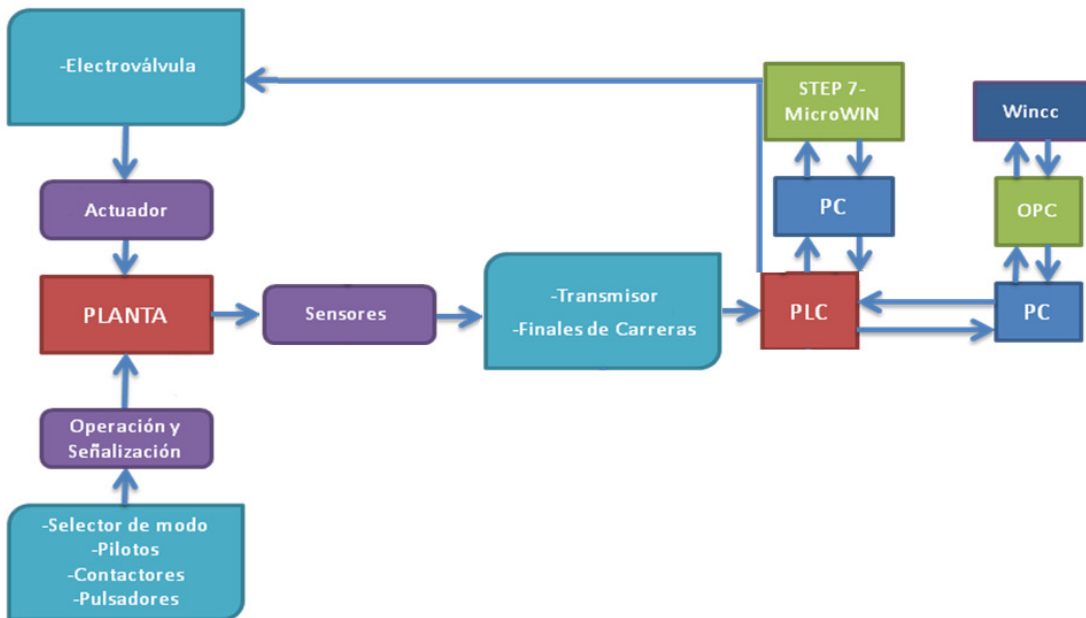


Figura 4 Esquema de solución

Adicional al Transmisor de presión diferencial que lee el nivel del tanque1 y lo convierte en una señal de 4mA a 20mA, y a la electroválvula que dependiendo el nivel de tensión que tenga en su entrada permitirá mayor o menor flujo de agua hacia el tanque 1, también se plantea colocar para la seguridad del prototipo dos finales de carreras en cada uno de los tanques.

El final de carrera que se encuentra más próximo en el momento de un posible desbordamiento de agua (90cm) se debe activar una alarma en el sistema y cuando el nivel del tanque1 esté a punto de rebosar (97cm) se debe detener totalmente el sistema.

A continuación se explica el funcionamiento del prototipo en cada uno de Modos antes mencionados.

2.1.1 Modo Manual

En este modo el prototipo industrial no cuenta con ningún tipo de control, es decir, se suministra flujo de agua al tanque y con la variable manipulada se limita el flujo de agua hacia el tanque de forma manual mediante una fuente variable, para que esto se lleve a cabo en este modo hay que puentear el positivo de la fuente variable con el positivo de la salida de la electroválvula, en caso que la planta pase a un estado crítico, es decir, que el nivel de agua del tanque controlado esté a punto de desbordar, el proceso se detiene automáticamente.

2.1.2 Modo de adquisición de datos.

Este modo es parecido al modo manual solo que en la entrada la variable controlada y la variable manipulada entran directamente a una tarjeta de adquisición de datos para ser manipulado y controlado por un programa externo (Diferente del PLC) por ejemplo Labview.

2.1.3 Modo PLC

Es el modo más importante del prototipito industrial, debido a que en este se puede controlar por medio de un PLC y supervisar a través de Wincc flexible 2008 todo el proceso de la planta, y ver con mayor precisión las variables presentes en la planta.

3 INSTRUMENTACIÓN, MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

En el presente capítulo se describen cada uno de los instrumentos, materiales, equipos y software utilizados en el proyecto.

3.1 Transmisor Diferencial de Presión

Los transmisores son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un elemento receptor, indicador, registrador, controlador o una combinación de estos. Los Transmisores pueden manejar varios tipos de señales: Neumáticas, electrónicas, digitales, hidráulicas y telemétricas.

El Transmisor Diferencial de Presión consiste en detectar la diferencia de presión en el fondo del líquido y en la parte superior del líquido, (Ocasionada por el peso que origina el nivel del líquido). El extremo con que se detecta la presión en el fondo del líquido se conoce como el extremo de alta presión, y el que se utiliza para detectar la presión en la parte superior del líquido como baja presión, Una vez se conoce el diferencial de presión y la densidad del líquido, se puede obtener el nivel.

El transmisor utilizado en el desarrollo del proyecto es **Rosemount 1151** el cual es llamado Transmisor Diferencial de presión Inteligente, ya que posee la característica de tener involucrada la comparación de una entrada de presión contra la salida

La conversión de la señal análoga a digital se realiza en el modulo sensor. Un microprocesador es el encargado de tomar la señal del sensor linealizar, bajar las oscilaciones, amortiguarla y transferirla a valores digitales. El microprocesador también controla la señal digital-análoga del convertidor colocando en su salida valores entre 4-20mA.² En la figura 5,6 y 7 se muestra el perfil, el frente y la parte de atrás del Transmisor diferencial de presión.

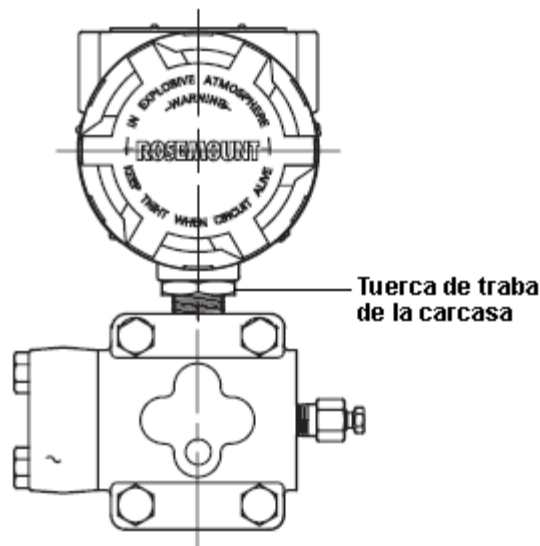


Figura 5 (Transmisor diferencial de Presión perfil)

² Tesis Control de Nivel, UTB,
Autor Luz Elena López Camargo, Carlos Arturo Rico Roa

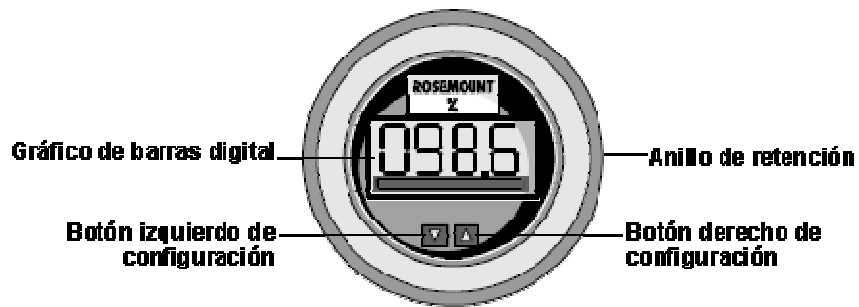


Figura 6 (Transmisor diferencial de Presión frente)

3.1.1 Calibración

Como el Transmisor Diferencial de Presión en este proyecto es utilizado para medir el nivel de agua de un tanque cilíndrico, se calibra dependiendo de la presión que genere el nivel más alto del tanque y la presión que genere el nivel más bajo del tanque, Para calibrar el transmisor por la toma de alta presión se coloca la señal de presión para el rango del span (100%), se acciona el ajuste del Span hasta leer 20 mA. en el multímetro, para calibrar el cero (0.0%), debe haber presión de baja presión, se acciona el ajuste del cero hasta que en el multímetro se lean 4 mA.³

3.1.2 Calibración del Span;

Para calibrar el 100% se presiona el Botón Span durante 5 segundos, cuando el nivel del agua se encuentre en el máximo nivel deseado, la lectura del instrumento debe ser del 100% (20mA).

³ <http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/teoria/nivel/diferen.htm>

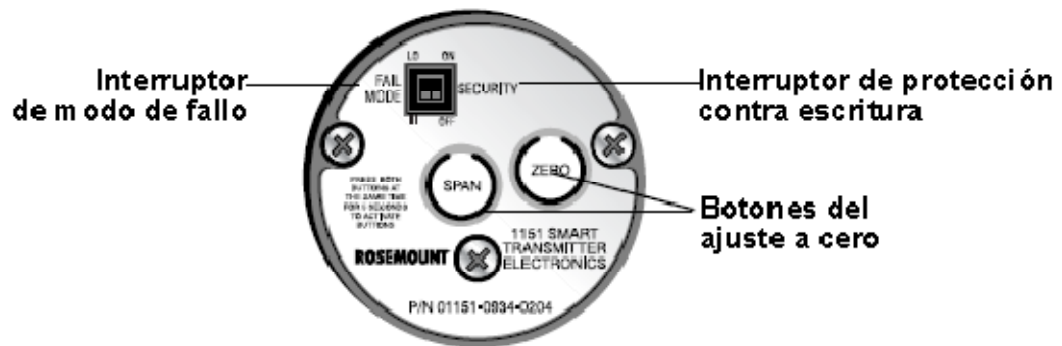


Figura 7 (Transmisor diferencial de Presión atrás)

3.1.3 Calibración del Cero;

Para la calibración del 0% se presiona el Botón Cero durante 5 segundos, cuando el nivel del agua se encuentre en el mínimo nivel deseado, la lectura del instrumento debe ser del 0% (4 mA).

Cabe aclarar que es necesario que la planta se encuentre apagada una vez haya alcanzado el nivel máximo o el nivel mínimo para realizar la calibración, en cada uno de los casos.

3.2 Electroválvula

Conocida como Válvulas Solenoide Proporcionales la cual podemos apreciar en la Figura 8 y 9.

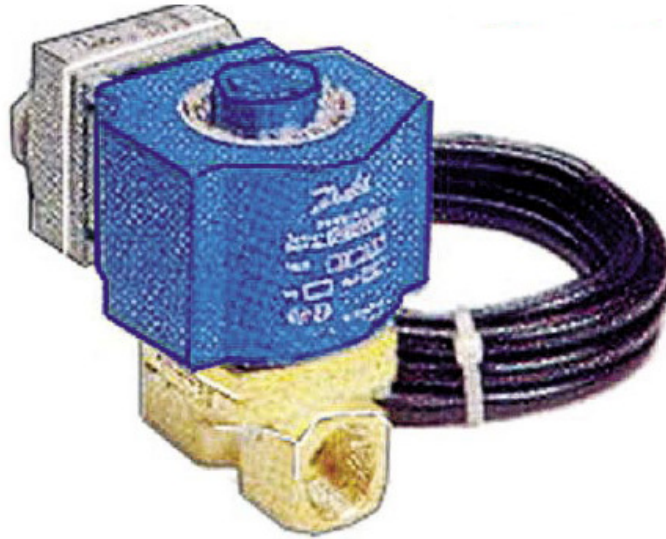
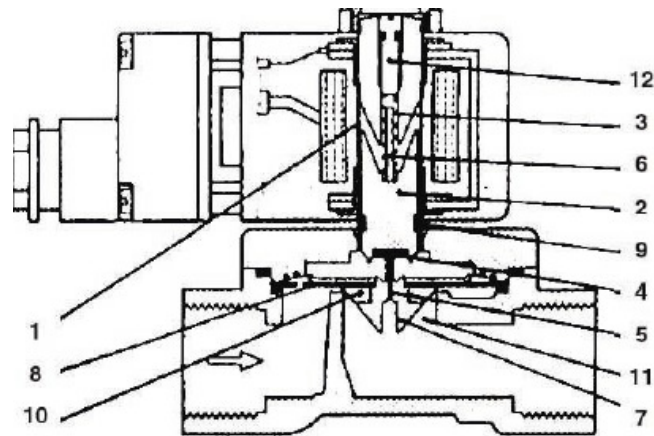


Figura 8(Electroválvula)



1. Tubo de armadura acero inox. 18/8
2. Armadura acero inox. 17cr.
3. Muelle, acero inox. 18/8
4. Placa de válvula, FPM
5. Orificio piloto, acero inox. 8/8
6. Pasador de distancia, latón Ms 58
7. Cono de válvula, acero inox. 18/8
8. Diafragma, FPM
9. Anillos de guía, PTFE
10. Placa, PTFE
11. Cuerpo de válvula, latón Ms58
12. Tornillo, acero inox. 18/8

Figura 9 (Partes de la Electroválvula)

Proporcionan una variación infinitesimal del caudal. Estas válvulas son adecuadas para la regulación proporcional del caudal de líquido, puesto que el porcentaje de apertura es proporcional a la corriente que llega a la bobina, permitiendo de esta manera realizar un control y monitoreo a través de PC., cantidades de procesos, etc.

Las válvulas AV260 son suministradas con un convertidor de señal incorporado tipo ESIC. La señal de control puede una señal de tensión de 0 a 10 VCC o una señal de corriente de 4 a 20mA.

3.2.1 Características:

Señales de control normalizadas: 0 a 10VCC ó 4a 20mA.

Alimentación: 21-30VCC

Protección: IP67

Fluido: Líquidos neutros de 50 csc máximo.

Temperatura del fluido: -10 a 80°C; ambiente -25 a 50°C.

Presión diferencial: 0,5 a 10 Bar

Presión máxima de prueba: 16 bar

Condiciones de regulación: mejor que 1:20 (5-100%)

Respuesta rápida de acción directa, de regulación lineal.

Baja dependencia de la presión diferencial.

Protección contra cortes en la alimentación (la válvula se cierra)

Señal mínima: Válvula cerrada

Señal máxima: Válvula totalmente abierta.

Montaje en cualquier posición, se recomienda la bobina hacia arriba.

Consumo de la bobina 20watts máximo.

Alimentación cable marrón de 2mts.

Señal de control cable negro.

Conexión negativa cable azul.

3.3 Motobomba

Bomba de succión de agua accionada por motor eléctrico, marca Discover, con potencia de ½HP, Altura Max 35M, Cap. Max 35l/min, alimentación 110V-60Hz-5.4A., clase B. El cuerpo de la bomba es de hierro fundido, el motor es tipo asíncrono de elevado rendimiento con ventilación externa, en la figura 10 podemos observa una foto de la Motobomba y en la figura 11 las piezas que conforman la motobomba.



Figura 10(motobomba)



Figura 11 (piezas de Motobomba)

3.4 Finales de Carrera

Dentro de los componentes electrónicos, el **final de carrera** o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite") o limit swicht, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo al finalizar el llenado de un tanque, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.⁴



Figura 12 (Final de carrera)

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_final_de_carrera

3.5 Luz o led piloto

Los LED son dispositivos en estado sólido que generan luz de una manera radicalmente diferente a otras fuentes de luz. En los leds, un bajo voltaje de corriente continua (CC) circula a través de dos capas de material semiconductor. Esto resulta en la generación de fotones de luz de un reducido rango de frecuencias. El color de la luz depende del material semiconductor utilizado y del tipo de dopante (impurezas) que se le agregue. El semiconductor se aloja en una caja epoxi que además funciona como un sistema óptico (lente), que enfoca la luz producida.⁵

En el caso de lo led Piloto se usan muchos led para generar la ilusión de una sola luz y permitiendo generar una luz más visible, en la figura 13 podemos observar dos ejemplos de estos led.



Figura 13 (Led Piloto)

⁵ <http://www.greenpeace.org/raw/content/argentina/cambio-climatico/revolucion-energetica/eficiencia-energetica/leds.pdf>

3.6 Contactor

Un Contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.⁶ En la figura 16 podemos apreciar un Contactor de 24 VDC.



Figura 14 (Contacto)

⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Contactor>

3.7 Pulsadores

Un botón o pulsador es un dispositivo utilizado para activar alguna función. Los pulsadores son de diversa forma y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos⁷, permite el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo.

Puede ser el contacto normalmente cerrado en reposo NC, o con el contacto normalmente abierto Na o ambos. Consta del botón pulsador; una lámina conductora que establece contacto con los dos terminales al oprimir el botón y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición primitiva al cesar la presión sobre el botón pulsador⁸.

3.8 Cable o conductor

Se llama **cable** a un conductor o conjunto de ellos generalmente recubierto de un material aislante o protector, Los cables cuyo propósito es conducir electricidad se fabrican generalmente de cobre, debido a la excelente conductividad de este material, o de aluminio que aunque posee menor conductividad es más económico.

⁷ [http://es.wikipedia.org/wiki/Bot%C3%B3n_\(dispositivo\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Bot%C3%B3n_(dispositivo))

⁸ <http://www.publysoft.net/~watios/pulsador.htm>

3.9 Conector centronics

Es un conector externo definido por el estándar SCSI-1, llamado así después de que una impresora usase este conector. Se usan, en vez de pines, dos filas de contactos planos y dos enganches a los lados del conector se utilizan para unir el conector a su sitio⁹, en la figura 15 podemos observar el Conector Centronics Hembra

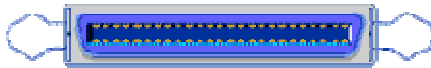


Figura 15 (Conector Centronics Hembra)

3.10 PLC (Controlador Lógico programable) SIMATIC S7 – 200 CPU 214 de SIEMENS.

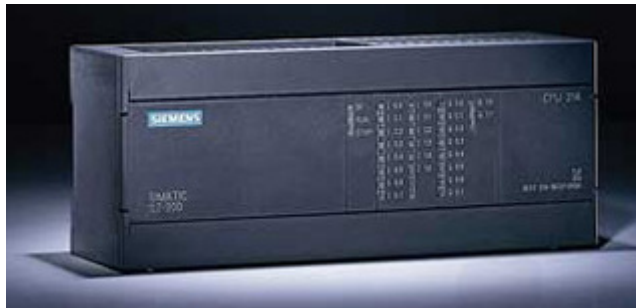


Figura 16 (PLC Siemens)

Es un PLC de Gama Media, el Simatic S7 – 200, el cual brinda características para una gran variedad de tareas, además, posee gran versatilidad en el manejo de entradas y salidas, y versatilidad al momento de interconectar varios PLC del mismo tipo.

⁹ <http://roncero.org/documentos/scsi/node57.html>

Permite implementar módulos con niveles de tensión desde 5 – 30 VDC y de 120 – 230 VAC, lo cual es una gran ventaja en el momento de incrementar y variar el número de módulos para las prácticas de laboratorio.

La CPU 214 facilita el control destinado a tareas exigentes; con un alto número de entradas / salidas, gran memoria y más funciones especiales integradas. A continuación se detallan sus características mecánicas y técnicas más importantes.

3.11.1 Características mecánicas

El Simatic S7 – 200 presenta las siguientes características mecánicas:

- Caja de plástico rígida y compacta.
- Elementos de conexión y control de fácil acceso.
- Ensamblaje en estándar horizontal o vertical.
- Bloque terminal ensamblado y conectado como permanente.

3.11.2 Características técnicas

- Estándares internacionales; el Simatic S7-200 presenta los requerimientos en seguridad VDE, UL, CSA y FM. La calidad en el sistema de fabricación empleado está certificado por el ISO 9001.
- Integridad en los datos; el programa de usuario y los más importantes parámetros de configuración están almacenados en la EPROM interna.

- Fuente de alimentación DC 24V integrada, destinada para la directa conexión de sensores y actuadores.
- Entradas / salidas digitales integradas (CPU 214 con 14 entradas y 10 salidas).
- Tomas de interrupción.
- Contadores de alta velocidad.
- Fácil expansión.
- Simulador (opcional).
- Potenciómetros analógicos.

3.11.3 Características adicionales de la cpu 214:

- 2 salidas de impulsos de alta frecuencia.
- Reloj en tiempo real.
- Submódulo de memoria EEPROM (opcional).
- Módulo de batería para copia de seguridad de gran longitud.

3.11.4 Funciones de la CPU 214.

La CPU 214 posee una serie de funciones que se describen así:

- Rápida ejecución de instrucción;
- Tiempos de ejecución de 1.2 ms o 0.8 ms
- Juego de instrucciones extendido;
- Una amplia variedad de operaciones básicas como lógica binaria, asignamiento de resultado, escritura, conteo, generación de tiempos, carga, transferencia, comparación, intercambio, rotación, generación de

complementos, llamadas a subrutinas, instrucciones de comunicación integradas y otras funciones útiles como modulación de duración de pulso, funciones para manejar pulsos, funciones aritméticas, aritmética en coma flotante, control en lazo cerrado PID, funciones de salto, funciones de bucle y conversiones para simplificar la programación.

- Conteo.
- Control de interrupciones:
 - Interrupciones controladas por evento.
 - Interrupciones controladas por tiempo.
 - Interrupciones por conteo.
 - Interrupciones de comunicaciones.
- Control y supervisión directa de entradas y salidas.
- Protección mediante clave de acceso:
 - Acceso total.
 - Acceso de sólo lectura y Protección completa
- Funciones de diagnóstico y depurado.
- "Forzado" de entradas y salidas en modos de diagnóstico y depurado.

3.11.5 Comunicaciones. El Simatic S7 – 200 CPU 214 presenta un sistema de comunicación muy versátil, el cual permite a través de la PPI (Interface Punto a Punto) integrada, un amplio rango de posibilidades de comunicación.

Con la interface RS 485 puede ser utilizado en dos modos:

- **Modo PPI:**

Varios PLCs Simatic S7-200 pueden ser manejados o monitorizados sobre una línea simple de dos conductores. Las conexiones punto a punto pueden ser realizadas con las siguientes unidades:

- Dispositivos de programación PG 720/720C, PG 740 y PG 760.
- PC's.
- Display de texto TD 200;
Paneles de operación COROS OP3; OP5, OP15, OP25 y OP35.
- SIMATIC S7-200.

- **Modo interfaz de programación libre:**

Especificado por el usuario, pueden ser empleados protocolos de comunicación orientados a bit (ej. un protocolo ASCII o un Modo bus).

Pueden ser establecidas conexiones punto a punto con:

- Cualquier DTE que posea interfaces serie, ej. impresoras o lectores de códigos de barras.
- S7-200 micro PLC, ej. para el simple intercambio de datos entre dos CPU's.
- Las altas tasas de transferencia del PROFIBUS-DP proporcionan una total utilización de las características en tiempo real del S7-200 dentro de una estructura de distribución en planta.
- Los tiempos de respuesta en el rango de los milisegundos permite, por ejemplo:
 - Sincronización de motores.

- Aplicaciones orientadas a interrupción.
- Coordinación de operaciones de contaje en alta velocidad

En el Cuadro 1 se muestra los datos técnicos del PLC SIMATIC S7 – 200 CPU 214, y a través de un cuadro comparativo se muestran las características de los PLC SIMATIC S7, en el Cuadro 2 se muestra la distribución de los bornes de conexión al PLC se describen y detallan en la Figura 17.

| | CPU 214 |
|---|---|
| Memoria de programa Memoria de datos Módulos de memoria (opcional) | 4 KB / aprox. 2 K líneas 2,048 palabras 1 incluida (EEPROM); |
| Lenguaje de programación Ejecución del programa | STEP 7 Micro/WIN o STEP 7 Micro/DOS - Ciclo libre - Por interrupción - Por tiempo (5 to 255 ms) |
| Tiempo de ejecución para operaciones de bit Marcas Contadores Temporizadores Funciones rápidas integradas: - Entradas de interrupción - Contadores - Salidas de pulso | 0.8 ms 256 128 128 4 1 contador bidireccional 2 contadores rápidos 2 |
| Interfaces | - Comunicación RS 485 - Bus Backplane |
| E/S integradas: - Entradas digitales - Salidas digitales - Potenciómetros analógicos E/S conectables: - E/S digitales - E/S analógicas | 14 10 2 Máx. 64 entradas y 64 salidas 16 entradas y 16 salidas |
| Grado de protección | IP 20 |

Cuadro 1. Datos Técnicos PLC Simatic7 – 200, CPU 214

| CPU 214 | DC | Relés p lectura / m lectura | AC entrada 24 V / entrada 120 V |
|---|--|---|---|
| Tensión de alimentación Potencia perdida Corriente de salida | DC 24 V 8 W 280 mA | AC 120 - 230 V 9 W 280 mA | AC 120 - 230 V 11 W 280 mA |
| <u>Entradas integradas</u> Tensión de entrada Aislamiento | 14 DC 24 V Optoacoplador | 14 DC 24 V Optoacoplador | 8 AC 24 V(e. 24V) AC 120 V(e. 120V) Optoacoplador |
| <u>Salidas integradas</u> Tensión de carga típica Aislamiento Corriente de salida | 10 (transistor) DC 24 V Optoacoplador Máx. 0.75 A | 10 (relé) DC 24 V/ AC 24 a 230V Relé Máx. 2 A | 10 (triac) AC 24 a 230V Optoacoplador Máx. 1.2 A |
| Dimensiones en mm Peso aproximado | 197 x 80 x 62 390 g | 197 x 80 x 62 490 g | 197 x 80 x 62 490 g |

Cuadro 2. Cuadro Comparativo CPU 214, Salidas D.C, Relé, y A.C.

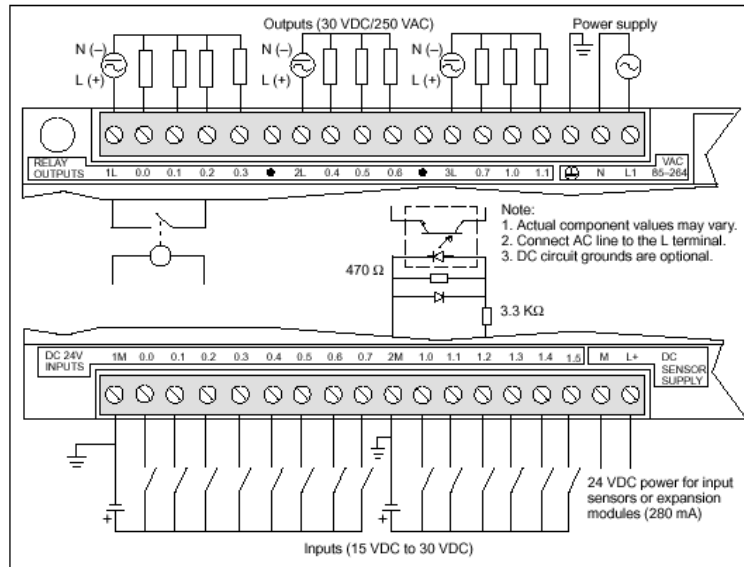


Figura 17. Identificación de los terminales de conexión para la CPU 214 AC/DC/ Relay¹⁰

3.12 Wincc flexible 2008

SIMATIC Wincc flexible 2008 es un software HMI, ejecutable en Windows, desarrollado por la empresa Siemens para la realización de proyectos de supervisión de procesos.



Figura 18

¹⁰ Tesis Control de Nivel, UTB,
Autor Luz Elena López Camargo, Carlos Arturo Rico Roa

Wincc flexible 2008 cuenta con librerías con objetos preprogramados, bloques gráficos reutilizables, herramientas inteligentes e incluye una herramienta de traducción de textos automatizada para proyectos multilingües.¹¹

3.13 Equipo de Computo

Para la interfaz gráfica y la programación utilizada es primordial un computador para el desarrollo de comandos y desarrollo de las aplicaciones que permitirá comunicar al operador con el proceso, para ello se requiere un equipo con requisitos mínimos para que pueda llevarse a cabo todos los procesos.

3.13.1 Requisitos Mínimos:

- Sistema Operativo: Windows Xp
- Procesador: 1.2Ghz
- Memoria: 1G
- Disco Duro: 20G

¹¹ http://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-wincc-flexible_es.pdf

3.14 Base Del PLC.

Para la manipulación de cada una de las entradas y salidas del PLC fue necesario el diseño de una base para este, a continuación se muestra en las figuras 19 y 20 el esquema electrónico de la base del PLC¹².

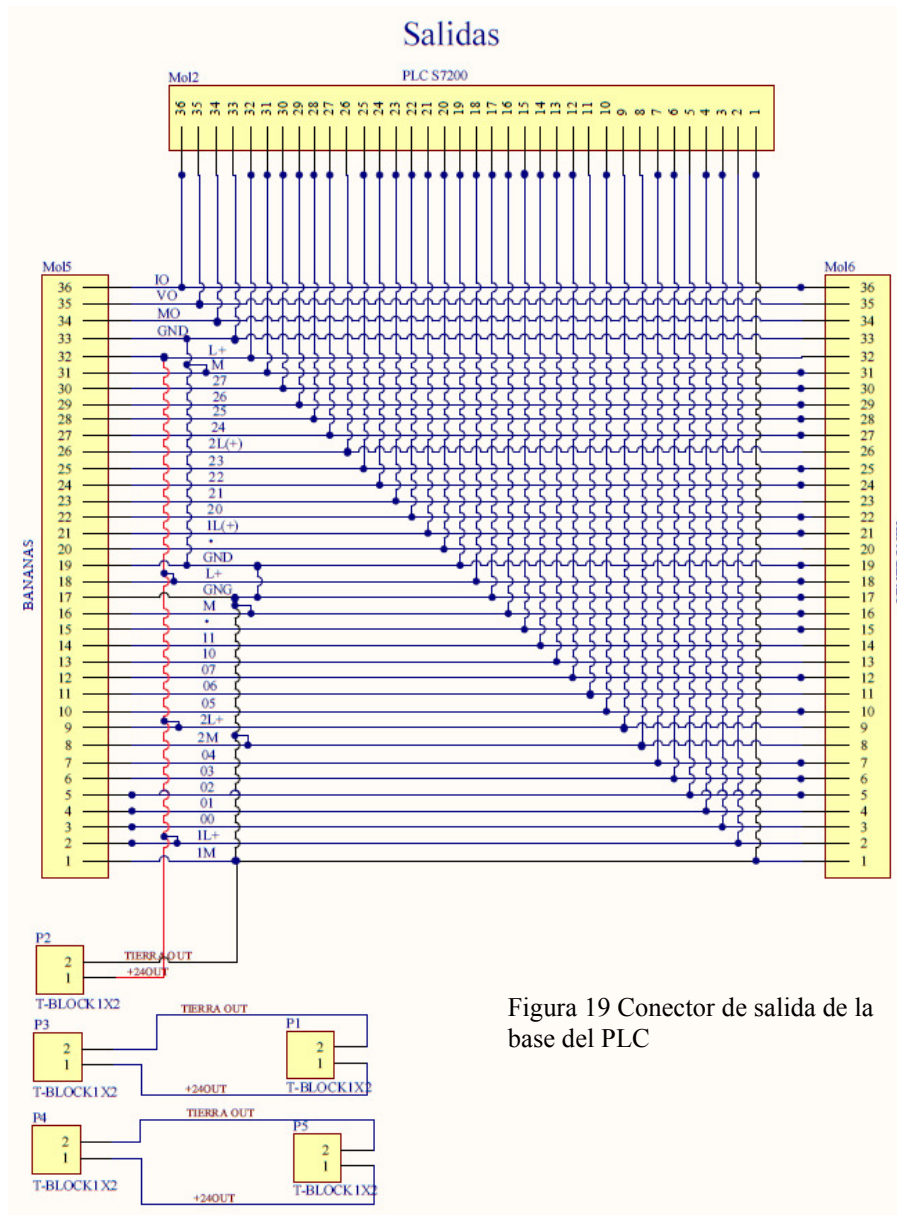


Figura 19 Conector de salida de la base del PLC

¹² Esquemas realizados por el Ing. Luis Acosta, para mayor detalle consultar el Cd de esta monografía.

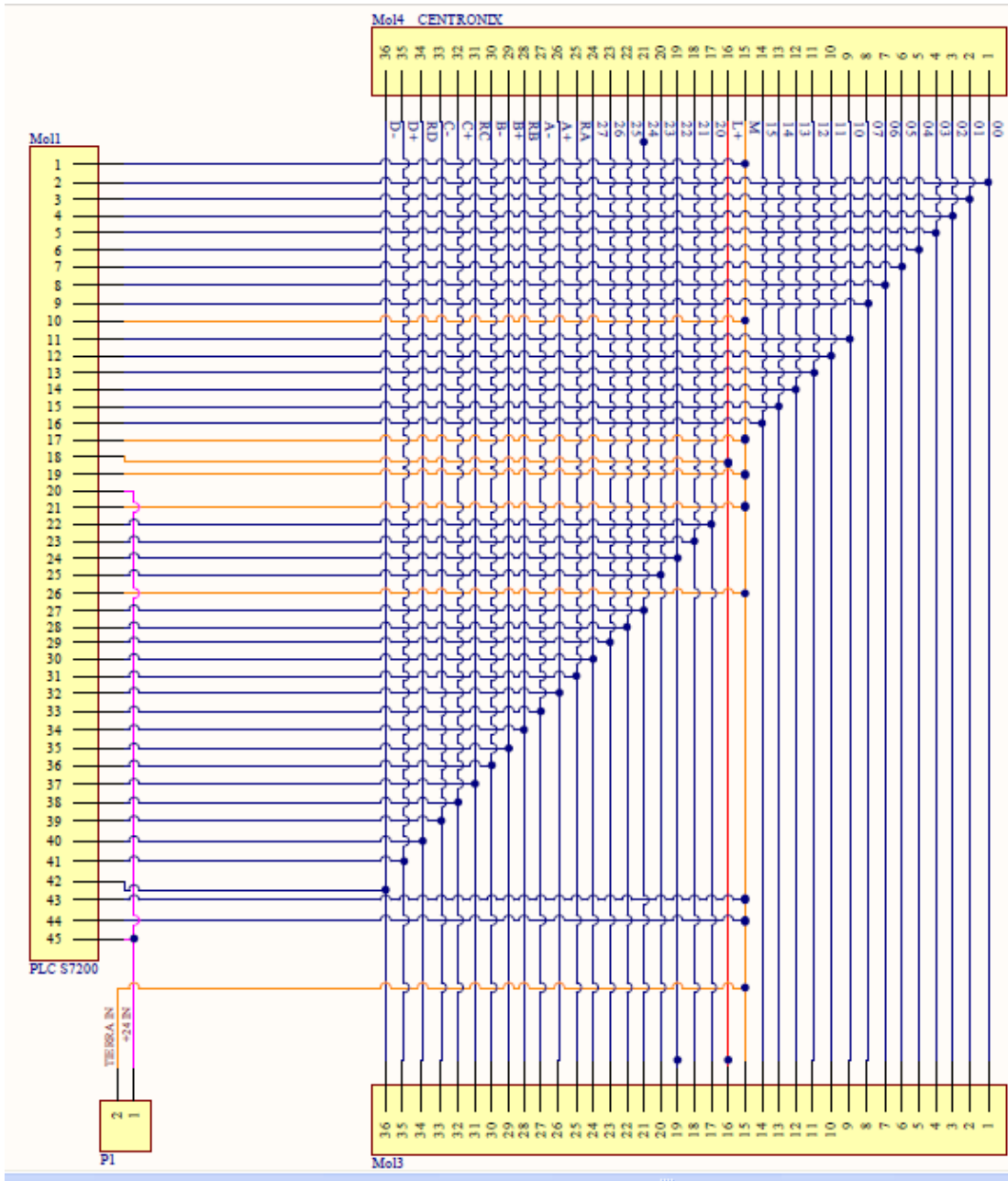


Figura 20 Conector de entrada de la base del PLC

4 IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA

4.1 Diagrama de los circuitos de Control y de Potencia de la Planta

El diagrama unifilar se muestra en la figura 21, el cual muestra las siguientes partes:

- Etapa de alarma: en cada tanque hay un sensor de nivel, que no es más que dos sensores finales de carrera (FL1, FL2), los cuales al activarse activan el contactor KM3. Y envía una señal de alarma hacia el PLC
- Etapa Transmisor de Presión: Debido a que el transmisor entrega una señal de 4 a 20mA (0 a 32000 convertidos en el PLC), y como este tiene que estar conectado en modo manual y PLC, es necesario colocarle una resistencia para convertir la señal de 0 a 10voltios para que quede común en los dos modos.

$R = V/I$ De donde, $V = 10 \text{ voltios}$ y $I = 20mA$, entonces se tiene:

$$R = V/I = 10/20 * 10^{-3} = 500\Omega$$

Con esta resistencia el spam del transmisor es:

$$V_{Min} = 4mA * 500\Omega = 2V$$

$$V_{Max} = 20mA * 500\Omega = 10V$$

- Etapa de electroválvula: Esta posee tres cables: negro que es tierra, azul que es la entrada de (0-10V), y café que es la alimentación de 24V.
- Etapa Reguladora de voltaje: Esta etapa es la fuente variable de 0-10V, la cual se utiliza en el modo manual para controlar la apertura de la electroválvula.

- Bornes laterales: Estos son cuatro bornes, en los cuales se encuentra una salida de 24V, la salida del transmisor de nivel(2-10V), la entrada de voltaje de la electroválvula, y la salida de la fuente regulada.
- Selector de tres estados: este es el conmutador para selección el modo manual o el modo PLC.
- Etapa Manual: Es el modo manual de planta, es decir no hay ningún tipo de control, para que funcione hay que conectar la salida de la fuente regulada a la entrada de la electroválvula.
- Etapa del PLC: Es el modo automático de la planta, en la cual está presente solo el PLC y la supervisión, y el sistema de alarma de la planta la cual cuenta con dos finales de carrera (FI3, FI4), los cuales al activarse se detienen automáticamente todo el sistema.
- Etapa de potencia: Es la etapa de fuerza del sistema, ver figura 24, en la cual al activarse cualquier Contactor, ya sea en modo manual o en modo PLC, activa automáticamente la motobomba.
- Diseño del Tablero: el esquema del diseño del tablero se muestra en la Figura 25, Teniendo el diagrama unifilar de la planta se puede realizar el diseño del tablero, el cual contiene los cuatro contactores¹³, los pulsadores de arranque y salida, las borneras y los pilotos.

¹³ La explicación de los elementos del tablero se explican más adelante.

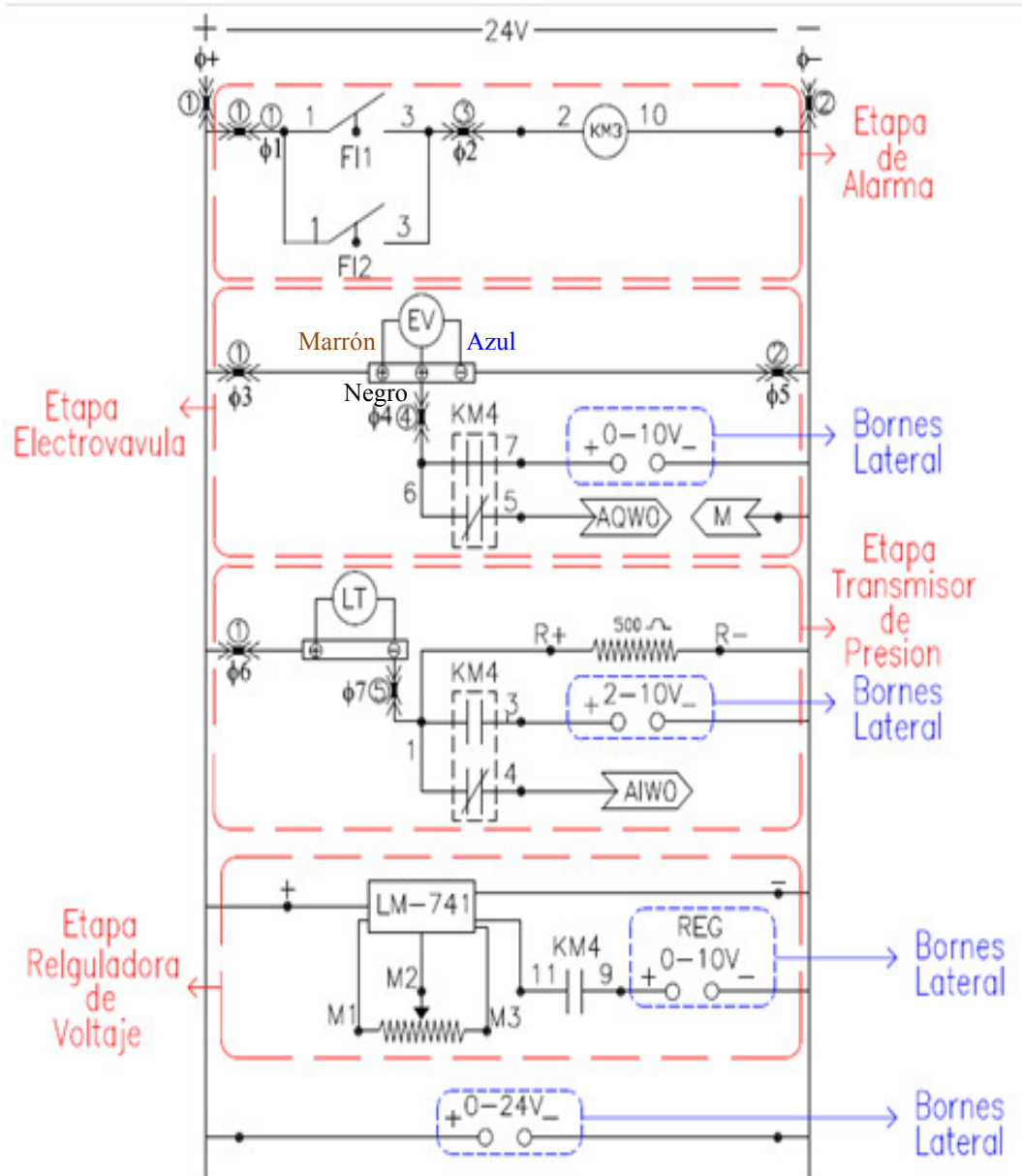


Figura 21 Diagrama de Control de la planta (Parte 1)

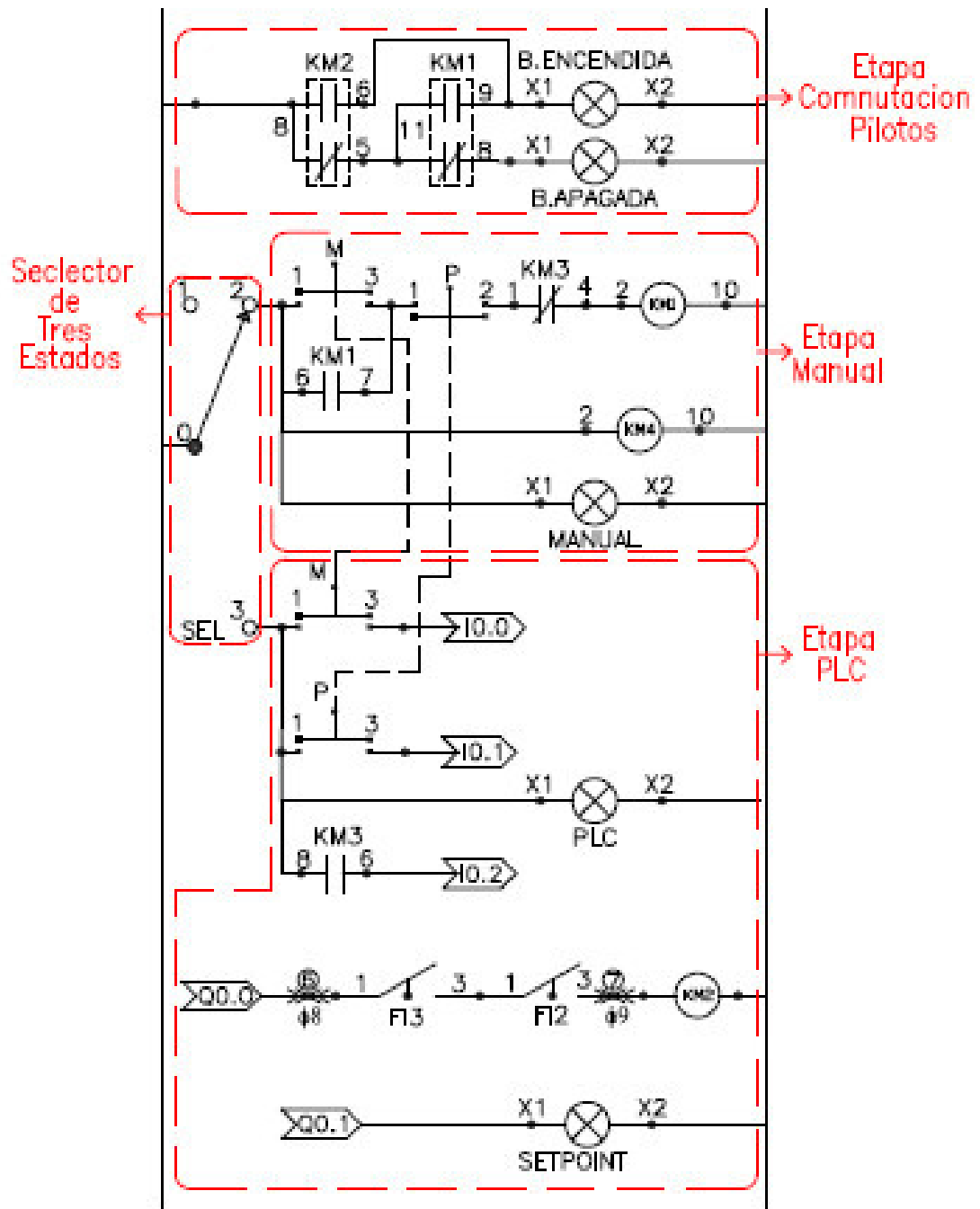


Figura 21.1 Diagrama de Control de la planta (Parte2)

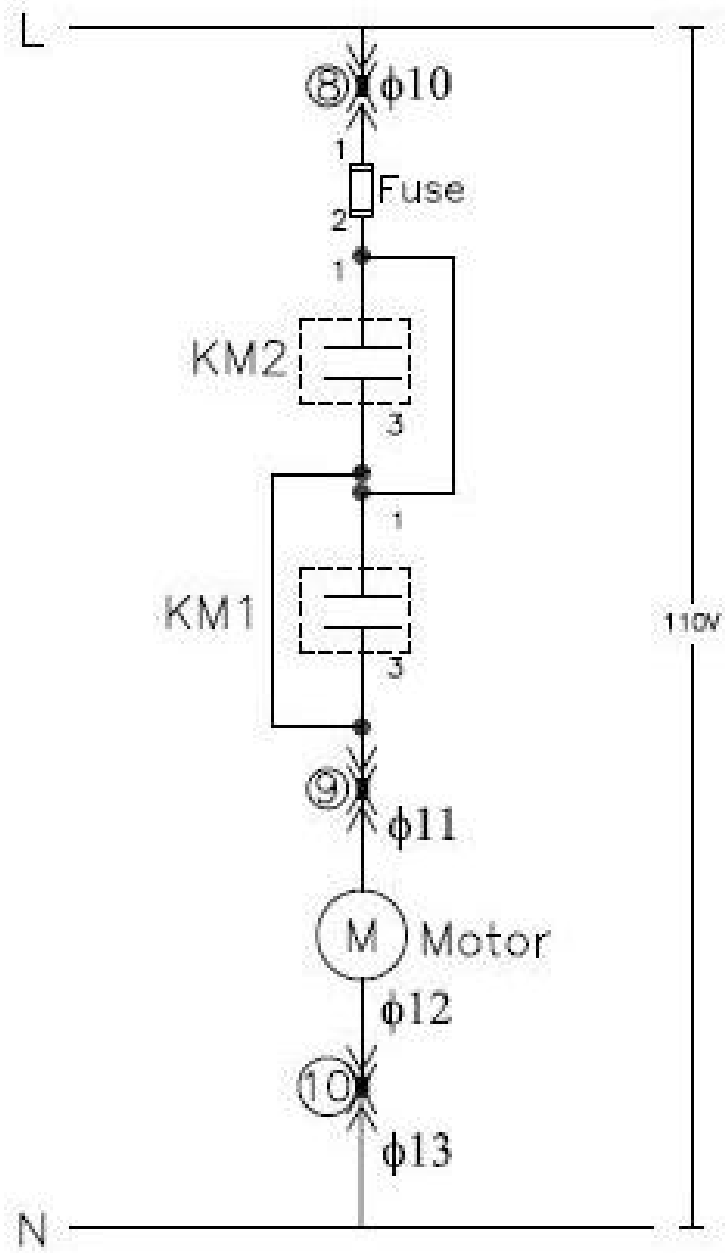


Figura 22 Diagrama de Potencia de la planta

4.2 Conexiones y normativas del cableado

Cada cable en el tablero esta marcado y referenciado como se muestra en la Tabla 1¹⁴ y la Tabla 2¹⁵

| Conexionado del Cableado Parte De Control | | |
|---|---------------------------|---------------------------|
| Numero | De | Hasta |
| 1 | Conector Centronics(Q0.0) | Nodo 6 |
| 2 | Nodo 3 | 2 KM3 |
| 3 | Nodo 1 | 0 Selec |
| 4 | 2 Selec | 1 Pul Arranque |
| 5 | 3 Pul Arranque | 1 Pul Parrada |
| 6 | 2 Pul Parrada | 1 KM3 |
| 7 | 4 KM3 | 2 KM1 |
| 8 | 1 Pul Arranque | 6 KM1 |
| 9 | 7 KM1 | 3 Pul Arranque |
| 10 | 6 KM1 | 2 KM4 |
| 11 | 1 Pul Arranque | X1 B.Manual |
| 12 | 9 KM1 | X1 B.Encendida |
| 14 | Nodo1 | + LM715 |
| 15 | R-(LM715) | Nodo 2 |
| 16 | R+(LM715) | 1 KM4 |
| 17 | 1 KM4 | Nodo 5 |
| 18 | Salida (LM715) | 11 KM4 |
| 19 | 6 KM4 | Nodo 4 |
| 20 | 9 KM4 | Bornes(0-10V) REG |
| 21 | 7 KM4 | Bornes(0-10V) |
| 22 | 3 KM4 | Bornes(2-10V) |
| 23 | Salida (LM715) | Potenciómetro (M1) |
| 24 | Salida (LM715) | Potenciómetro (M2) |
| 25 | Salida (LM715) | Potenciómetro (M3) |
| 26 | 4 KM4 | Conector Centronics(AIW0) |
| 27 | 5 KM4 | Conector Centronics(AQW0) |
| 28 | 3 Selec | 1 Pul Arranque(Aux) |
| 29 | 3 Pul Arranque(Aux) | Conector Centronics(I0.0) |
| 30 | 1 Pul Arranque(Aux) | 1 Pul Parada(Aux) |
| 31 | 3 Pul Parada(Aux) | Conector Centronics(I0.1) |

¹⁴ Todos los comunes(tierra o “-“ de la fuente) estas unidos con el cable “0”

¹⁵ El neutro de la alimentación se conecta en el nodo 10, junto con el cable del motor.

| | | |
|----|---------------------------|---------------------------|
| 32 | 1 Pul Arranque(Aux) | X1 B.PLC |
| 33 | X1 B.PLC | 8 KM3 |
| 34 | Nodo 1 | 8 KM2 |
| 35 | 6 KM2 | 9 KM1 |
| 36 | 6 KM3 | Conector Centronics(I0.2) |
| 37 | Conector Centronics(Q0.1) | X1 Set-Pointer |
| 41 | 8 KM2 | X1 B.Apagada |
| 42 | 5 KM2 | 11 KM2 |
| 45 | Nodo 1 | Bornes(+24) |
| 46 | Nodo 7 | 2 KM4 |

Tabla 1 Conexionado de la parte de control

| Conexionado del Cableado Parte De P0tencia | | |
|---|--------|--------|
| 38 | Nodo 8 | 1 Fuse |
| 39 | 2 Fuse | 1 KM2 |
| 40 | 1 KM2 | 1 KM1 |
| 43 | 3 KM2 | 3 KM1 |
| 44 | 3 KM1 | Nodo 9 |

Tabla 2 Conexionado de la parte de Potencia

| Cables de Entrada Al Tablero | | |
|------------------------------|--|---------|
| Cable | Descripción | Llegada |
| Φ+ | Cable de +24V de la Fuente | Nodo 1 |
| Φ- | Cable de -24V de la Fuente | Nodo 2 |
| Φ1 | Cable del sensor por Alto Nivel | Nodo 1 |
| Φ2 | Cable del sensor por Alto Nivel | Nodo 3 |
| Φ3 | Cable de +24V de la Electroválvula | Nodo 1 |
| Φ4 | Cable de 0-10V de la Electroválvula | Nodo 4 |
| Φ5 | Cable Común de la Electroválvula | Nodo 2 |
| Φ6 | Cable de +24V del Transmisor | Nodo 1 |
| Φ7 | Cable de -24V del Transmisor | Nodo 5 |
| Φ8 | Cable del sensor de Seguridad de Nivel | Nodo 6 |
| Φ9 | Cable del sensor de Seguridad de Nivel | Nodo 7 |
| Φ10 | Cable de la Fase Para el Motor | Nodo 8 |
| Φ11 | Cable del Motor(Fase) | Nodo 9 |
| Φ12 | Cable del Motor(Neutro) | Nodo 10 |
| Φ13 | Cable del Neutro Para el Motor | Nodo 10 |

Tabla 3 Cables de Entrada al Tablero

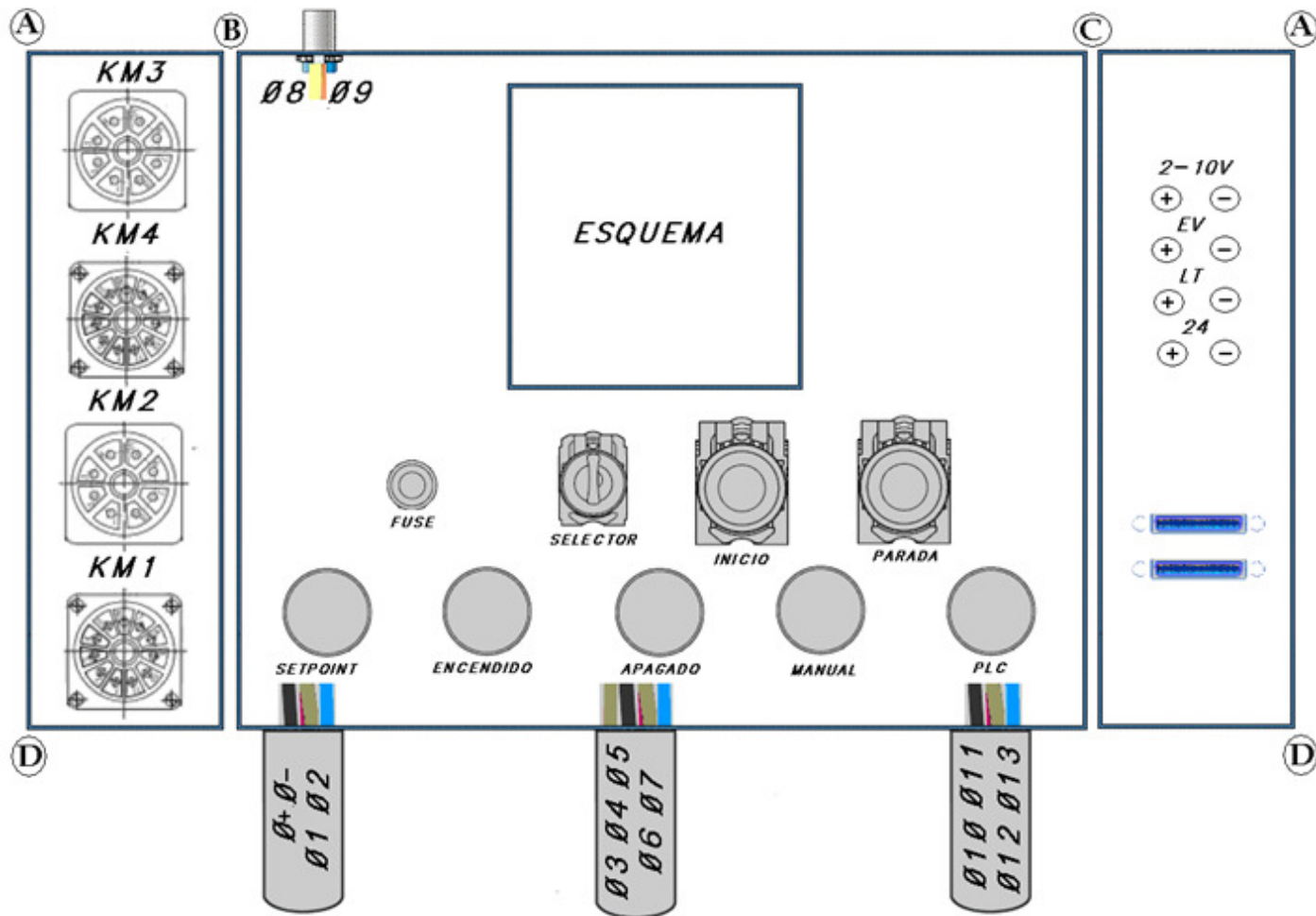


Figura 23, Tablero de Control

4.4.1 Diseño del conector Centronics

En la figura 24 se observan las conexiones del conector Centronics para las entradas y en la figura 25 las conexiones para la salida.

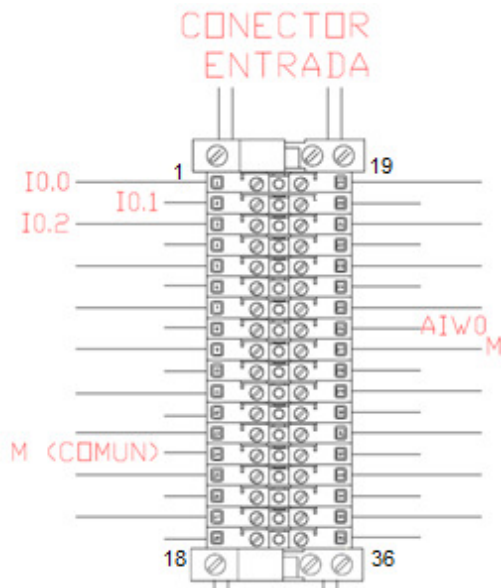


Figura 24, Conexiones de entrada (Vista de Lado)

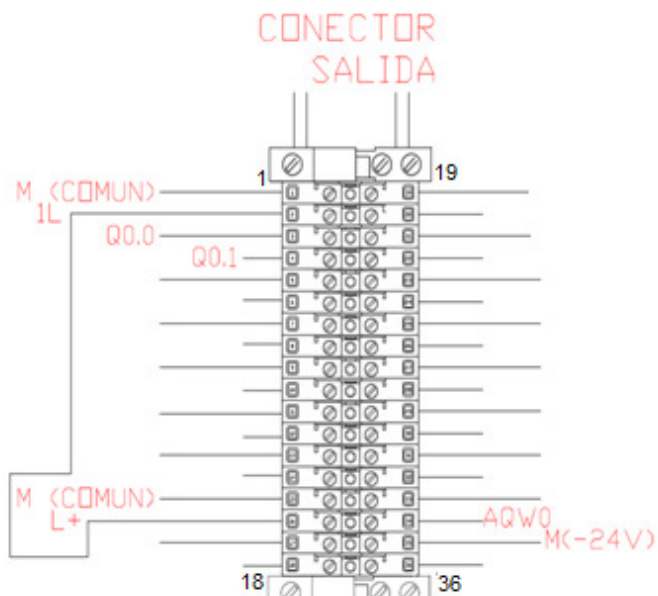


Figura 25, Conexiones de salida (Vista de Lado)

4.5 Implementación del programa en el PLC

4.5.1 Consideraciones previas del diseño

4.5.1.1 Escalamiento de la variable controlada

La señal del nivel del tanque no es proporcional a la lectura en centímetros de ésta, entonces se tiene la necesidad de caracterizarla por segmentos:

| Valor del Transmisor | Lectura en CM |
|----------------------|---------------|
| 6071 | 0 |
| 12518 | 20 |
| 18882 | 40 |
| 25286 | 60 |
| 32000 | 81 |

Tabla 4

Si se grafica la tabla 4 y se calcula la pendiente en cada trama vemos:

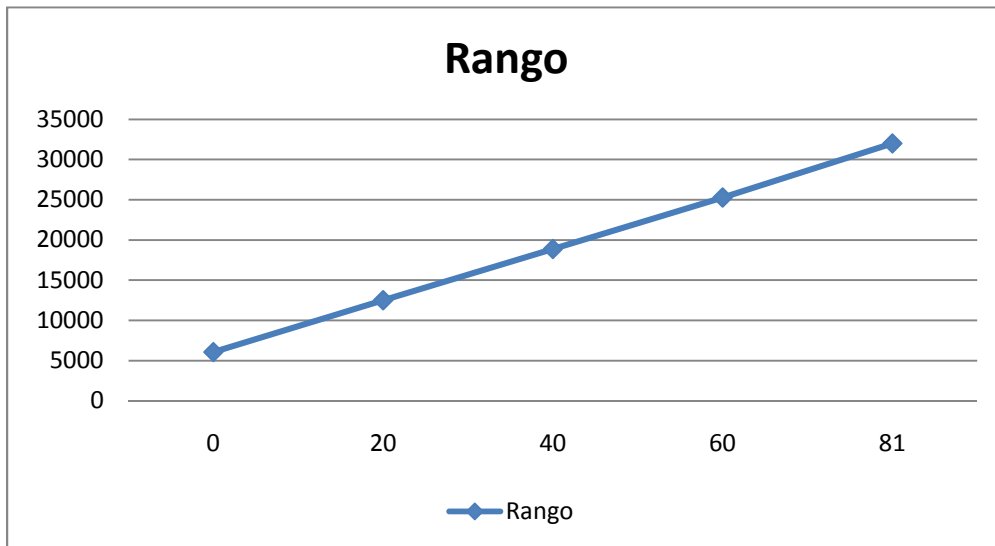


Figura 26 Pendientes de Recta

| | M | 1/m |
|-------------|-------------|-------|
| Rango 0-20 | 0,003102218 | 322,4 |
| rango 20-40 | 0,003142678 | 318,2 |
| Rango 40-60 | 0,003123048 | 320,2 |
| Rango 60-81 | 0,003127793 | 319,7 |

Tabla 5

De lo anterior se muestra que la pendiente cambia, es decir que hay segmentos donde la velocidad de subida es mayor, esto se tiene en cuenta para el diseño en el PLC.

4.5.1.2 Configuración Del EM 235

Hay que configurar el módulo EM 235 para que trabaje con un voltaje de 0-10V, esto se hace con la siguiente tabla¹⁶.

Tabla A-21 Tabla de interruptores de configuración del EM 235 para seleccionar el rango de las entradas analógicas y la resolución

| Unipolar | | | | | | Rango máx. | Resolución |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|--------------|
| Int. 1 | Int. 2 | Int. 3 | Int. 4 | Int. 5 | Int. 6 | | |
| ON | OFF | OFF | ON | OFF | ON | 0 a 50 mV | 12,5 μ V |
| OFF | ON | OFF | ON | OFF | ON | 0 a 100 mV | 25 μ V |
| ON | OFF | OFF | OFF | ON | ON | 0 a 500 mV | 125 μ V |
| OFF | ON | OFF | OFF | ON | ON | 0 a 1 V | 250 μ V |
| ON | OFF | OFF | OFF | OFF | ON | 0 a 5 V | 1,25 mV |
| ON | OFF | OFF | OFF | OFF | ON | 0 a 20 mA | 5 μ A |
| OFF | ON | OFF | OFF | OFF | ON | 0 a 10 V | 2,5 mV |
| Bipolar | | | | | | Rango máx. | Resolución |
| Int. 1 | Int. 2 | Int. 3 | Int. 4 | Int. 5 | Int. 6 | | |
| ON | OFF | OFF | ON | OFF | OFF | \pm 25 mV | 12,5 μ V |
| OFF | ON | OFF | ON | OFF | OFF | \pm 50 mV | 25 μ V |
| OFF | OFF | ON | ON | OFF | OFF | \pm 100 mV | 50 μ V |
| ON | OFF | OFF | OFF | ON | OFF | \pm 250 mV | 125 μ V |
| OFF | ON | OFF | OFF | ON | OFF | \pm 500 mV | 250 μ V |
| OFF | OFF | ON | OFF | ON | OFF | \pm 1 V | 500 μ V |
| ON | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | \pm 2,5 V | 1,25 mV |
| OFF | ON | OFF | OFF | OFF | OFF | \pm 5 V | 2,5 mV |
| OFF | OFF | ON | OFF | OFF | OFF | \pm 10 V | 5 mV |

Tabla 6

En la tabla 6 se muestra que los interruptores en ON son el 2 y el 6, el resto están apagados.

¹⁶ Tabla sacada del manual del s7-200, adjunto en el CD de esta monografía.

4.5.1.3 Creación de la subrutina de PID en el PLC

Para la creación del PID se hace necesario entrar al programa STEP 7-MicroWIN, luego en herramientas y por último en Asistente de operaciones, como se observa en la Figura 27. Para una descripción detallada de la configuración del módulo de PID de este tipo de PLCs ver [3].

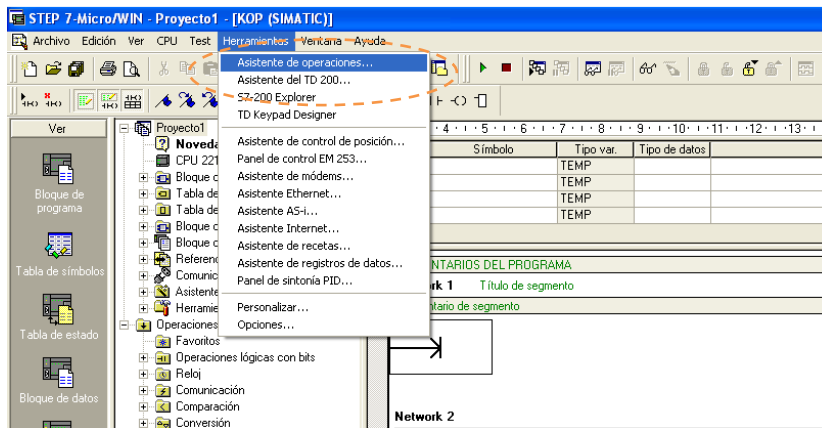


Figura 27 Asistente de creación del PID

A continuación, se selecciona la configuración de operación que en este caso es PID y se da clic en siguiente, como se observa en la figura 28.

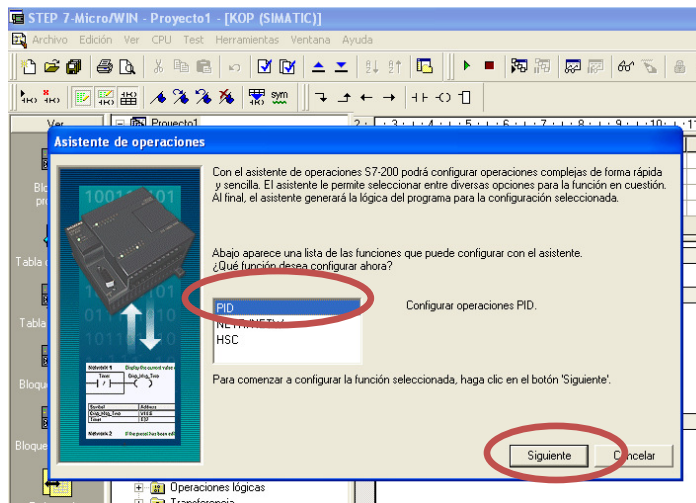


Figura 28 Selección de Operación

Luego se selecciona el lazo de control, que en este caso es el lazo 0, y se vuelve a dar clic en siguiente, como se observa en la figura 29.

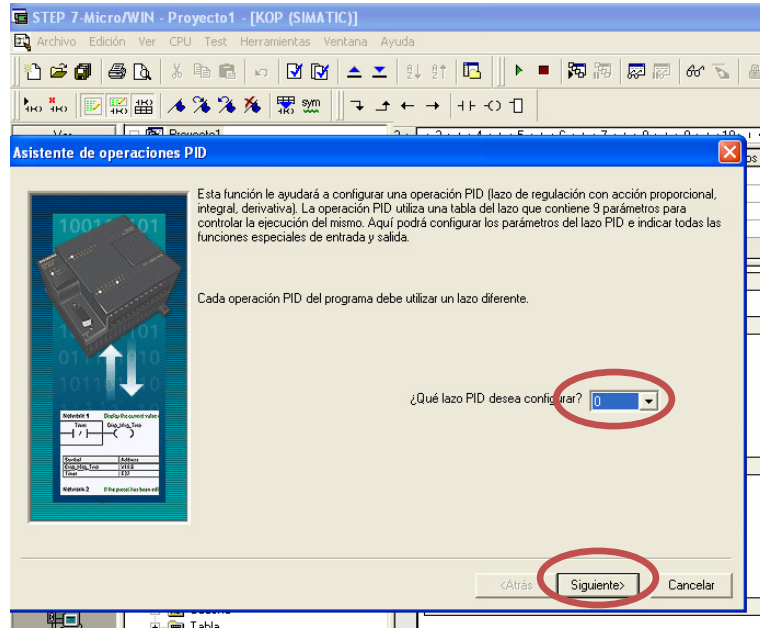


Figura 29 Selección de Lazo de Control

A continuación se coloca el límite inferior del lazo igual a 0, y el límite superior del lazo igual a 32000, estos valores corresponden a la conversión del transmisor de nivel (0-10V). Hay que saber que el tiempo de muestro tiene que ser un valor entero, el tiempo mínimo es de 1seg, las demás constantes no se modifican debido a que se modificarán desde el programa supervisor.

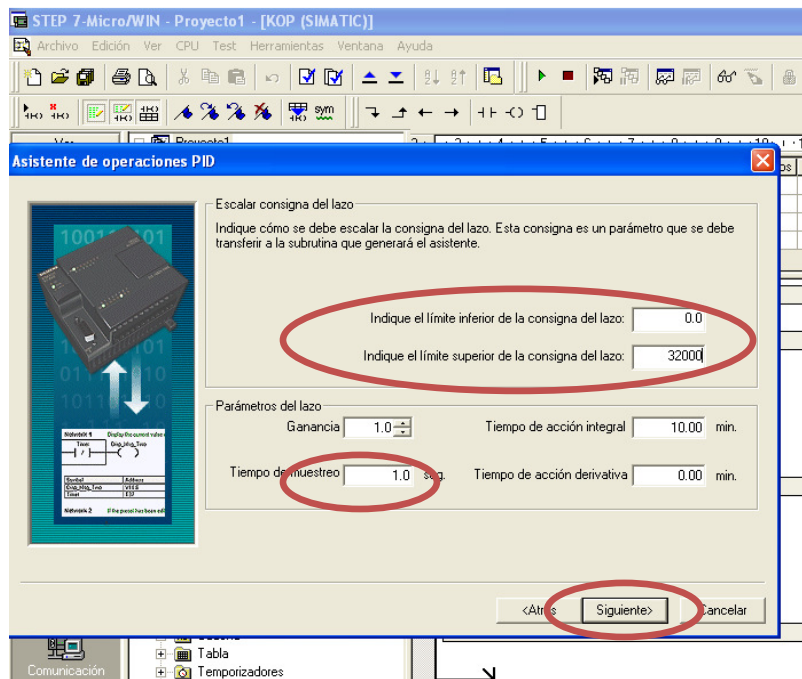


Figura 30 Selección de Límites

Posteriormente, se llega a la tabla de datos del PID, se define VB100 como localización de la tabla de configuración como se observa en la Figura 31.

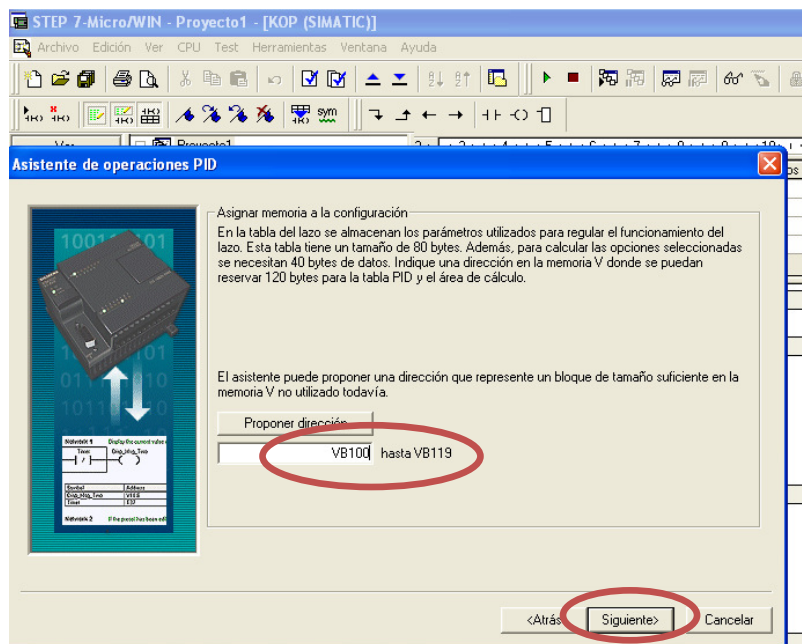


Figura 31. Asignación de Memoria

Se activa el control manual por PID como se muestra en la Figura 32 se da clic en siguiente y finalizar.

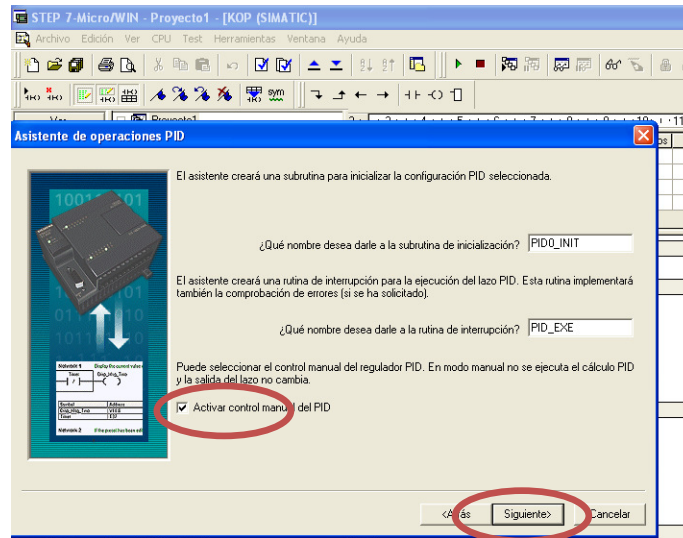


Figura 32. Activación del Control Manual por PID

La creación del modulo del PID aparece en la parte inferior del proyecto en el STEP 7-MicroWIN, lista para ser llamada en el momento que se necesite, como se muestra en la figura 33

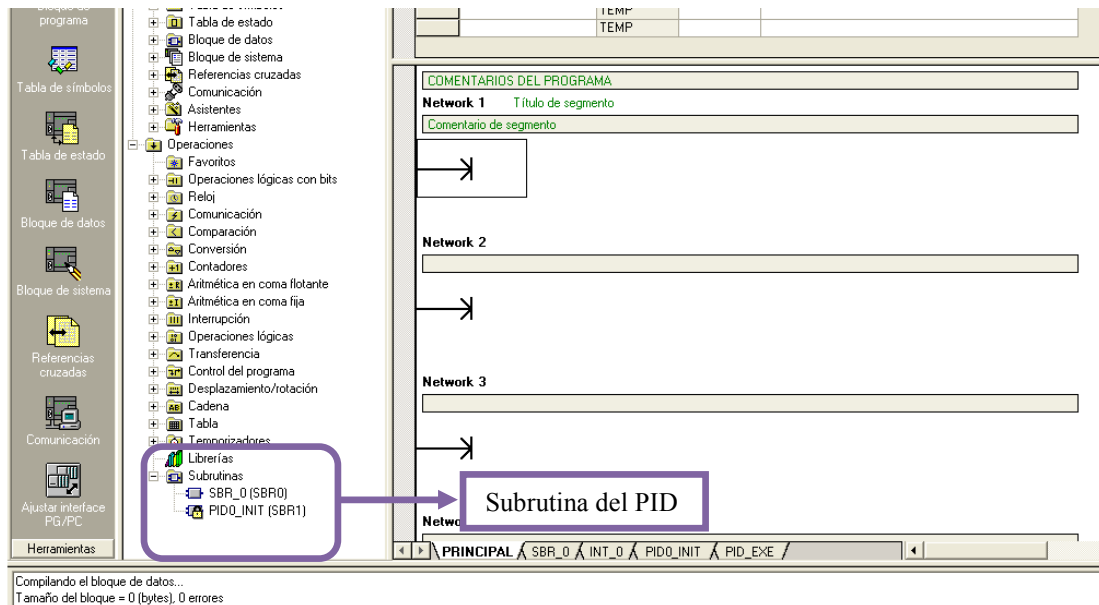


Figura 33. Modulo del PID

5. WINCC FLEXIBLE 2008

En esta sección se presenta, en forma de tutorial, una explicación detallada de la construcción de interfaces hombre – máquina utilizando el software WinCC Flexible 2008.

5.1 Crear un proyecto

Se inicia Wincc flexible 2008 como se puede apreciar en la figura 34:

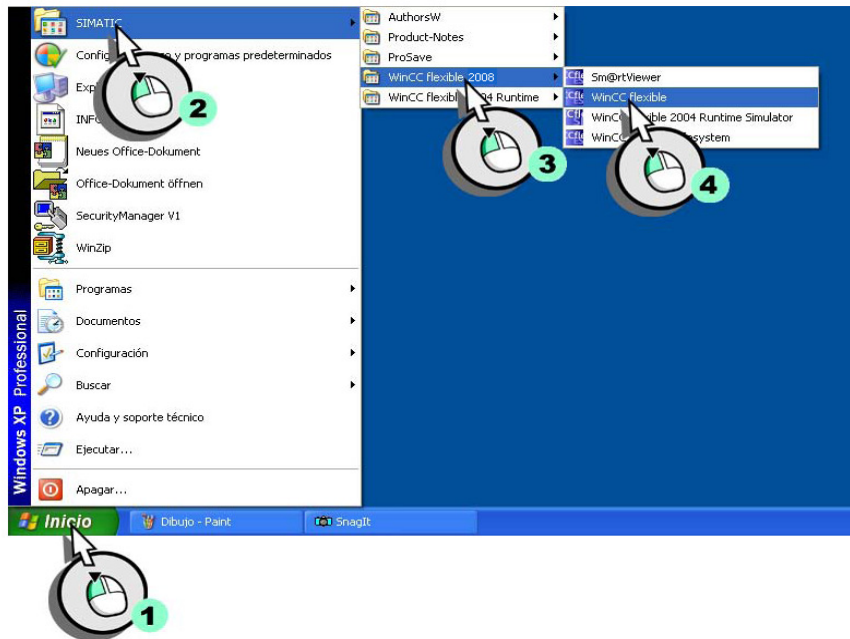


Figura 34 Inicio de Wincc flexible 2008

Se abre el asistente de proyectos de Wincc flexible 2008, este asistente le ayuda a crear el proyecto, guiando paso a paso el proceso de configuración. A continuación para crear un proyecto se da clic en crear proyecto nuevo con el asistente de proyecto como se indica en la figura 35.

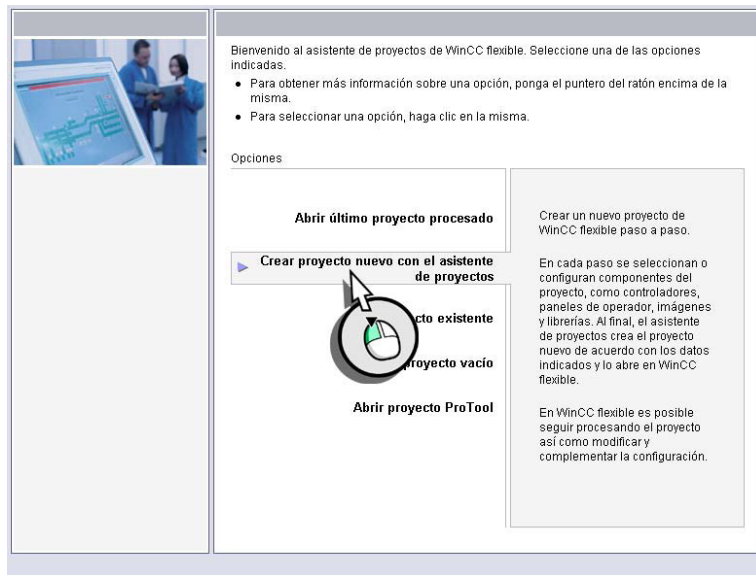


Figura 35 Asistente de creación de proyectos.

Para manejar la planta piloto de los dos tanques conectados en serie necesita únicamente un panel de operador y por tanto, seleccione «Máquina pequeña» como se puede apreciar en la figura 36:

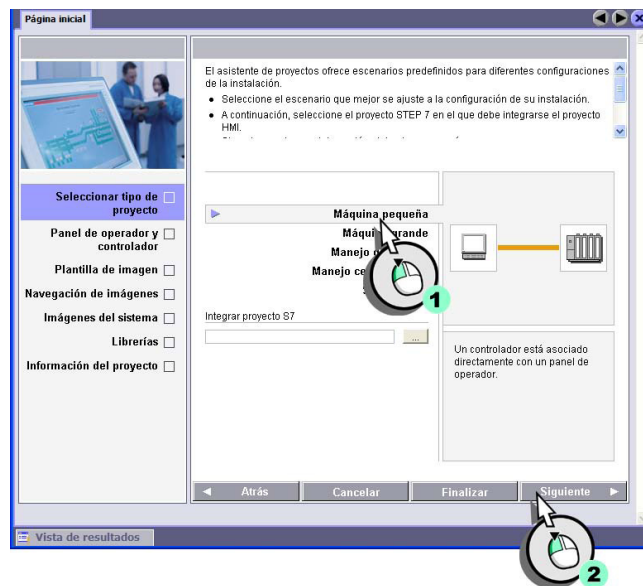


Figura 36 Selección de Máquina

Se selecciona el controlador, y se elige Simatic S7 200 como se observa en la figura 37, haciendo referencia al PLC utilizado en este proyecto.

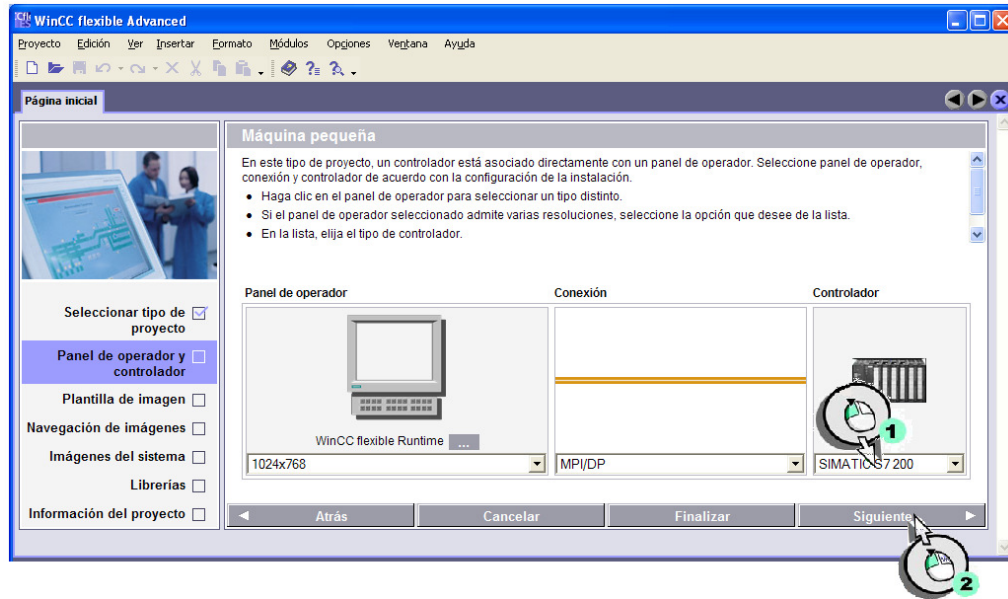


Figura 37 Selección del PLC

Se hace clic en «Siguiente» para aplicar los ajustes estándar de la página «Plantilla».

Se Hace clic en «Siguiente» para aplicar los ajustes estándar de la página «Librerías» y a continuación «Finalizar».

5.2 Información del proyecto

Al terminar con la creación del proyecto, aparece la siguiente ventana, la descripción de cada una de estas se muestra a continuación:

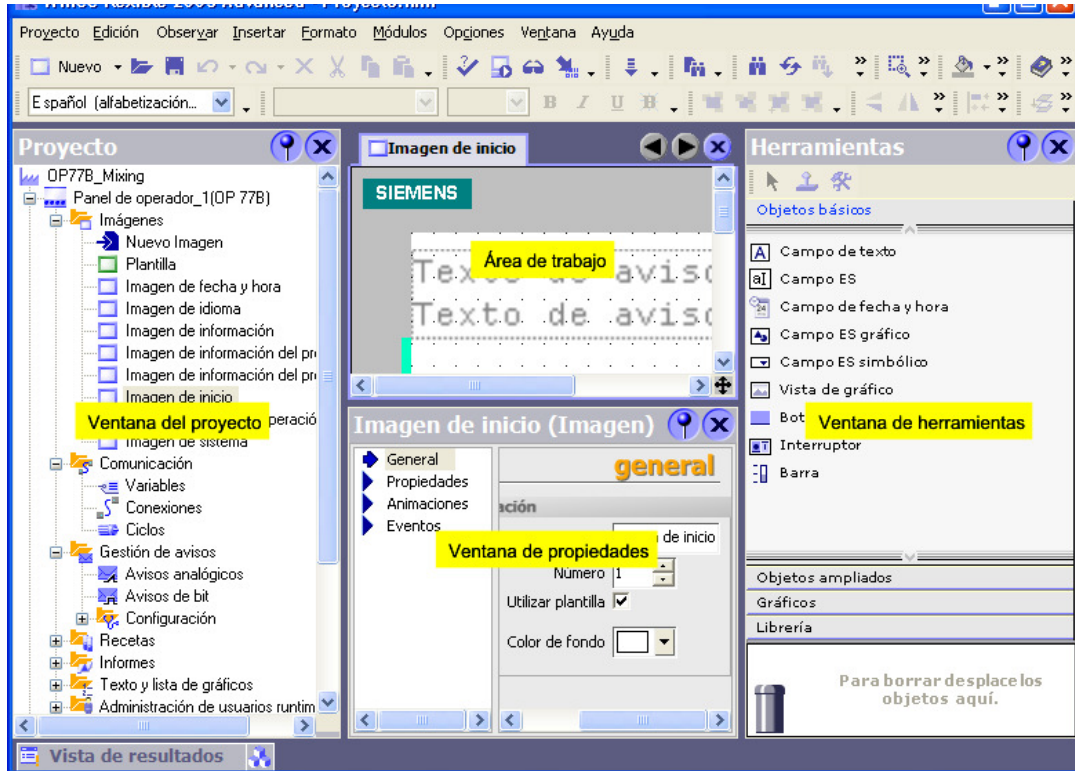


Figura 38 Wincc Flexible 2008

En el **área de trabajo** se editan los objetos del proyecto. Todos los elementos de Wincc flexible 2008 se agrupan en torno al área de trabajo. A excepción del área de trabajo, todos los elementos se pueden disponer y configurar en función de las necesidades del usuario (por ejemplo, desplazar u ocultar).

En la **ventana del proyecto** se visualiza una estructura de árbol con todos los componentes y editores disponibles de un proyecto, y desde ahí se pueden abrir los componentes que se necesitan en el proyecto, además, a partir de dicha ventana es

posible acceder a las propiedades del proyecto, así como a la configuración del panel de operador.

En la **ventana de propiedades** se editan las propiedades de los objetos, por ejemplo el color de los objetos de imagen. La ventana de propiedades sólo está disponible en algunos editores.

La **ventana de herramientas** contiene una selección de objetos que se pueden insertar en las imágenes, tales como los objetos gráficos o los elementos de manejo. Así mismo, la ventana de herramientas dispone de librerías con objetos ya preparados, así como de colecciones de bloques de imagen.

5.3 Conexión del Wincc con OPC

En conexiones se selecciona la conexión con OPC, la cual exporta las variables que se tengan guardadas en un archivo previamente creado.



Figura 39 Conexión con OPC

5.4 Creación de las variables

Se da clic en variable y a continuación en se da clic en agregar variable como se observa en la figura 40.

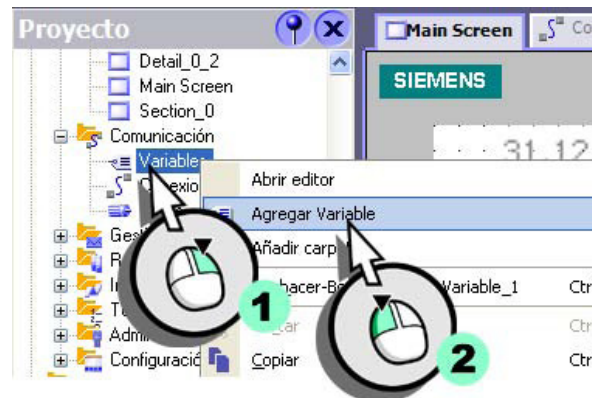


Figura 40 Creación de Variables

A continuación se modifican los siguientes parámetros de la variable como se observa en la figura 41:

Nombre: Se le coloca el nombre de la variable.

Símbolo: Se selecciona la variable en el archivo OPC que corresponda.

Ciclo de adquisición: Se coloca el tiempo de captura de la variable creada, este va de 100ms hasta 1 hora.

Fichero: Se coloca el archivo donde se guarda la variable para ser exportada a Excel.

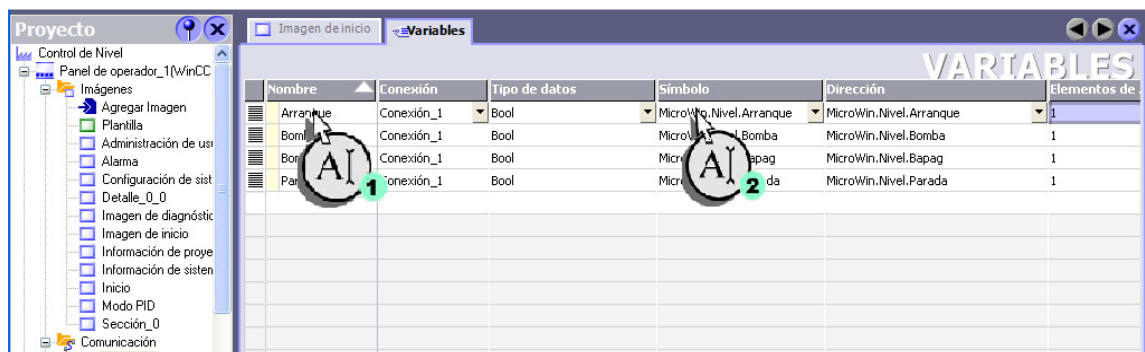


Figura 41 Modificación de Parámetros de las Variables.

5.5 Insertar una imagen

Para insertar una imagen, un botón, una barra, una línea o cualquier objeto, hay que ir al cuadro de herramientas, el cual se encuentra al lado derecho del área de trabajo, y se busca en objetos básicos, objetos ampliados, en gráficos o en las librerías, por ejemplo para agregar un tanque, se sigue la siguiente ruta herramientas/gráficos/symbol factory graphics/symbol factory 256 color/tanks, y por último se selecciona el tanque deseado o el indicado para la aplicación que se realice, a continuación se arrastra a la pantalla principal, como se muestra en la figura 42, y así se pueden agregar todas las imágenes necesarias para la supervisión que se desee crear.

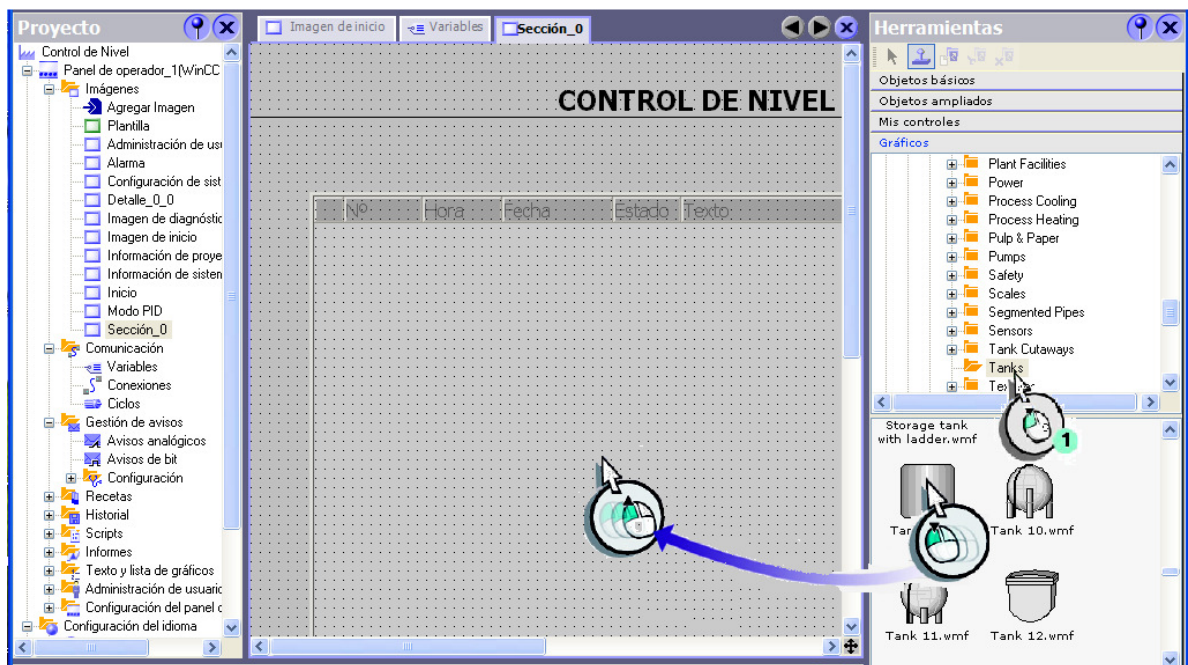


Figura 42 Insertar Objetos

5.6 Asignación de una variable a un objeto

Se da clic derecho sobre la imagen que se desea visualizar la variable, y luego en propiedades como se aprecia en la figura 43.

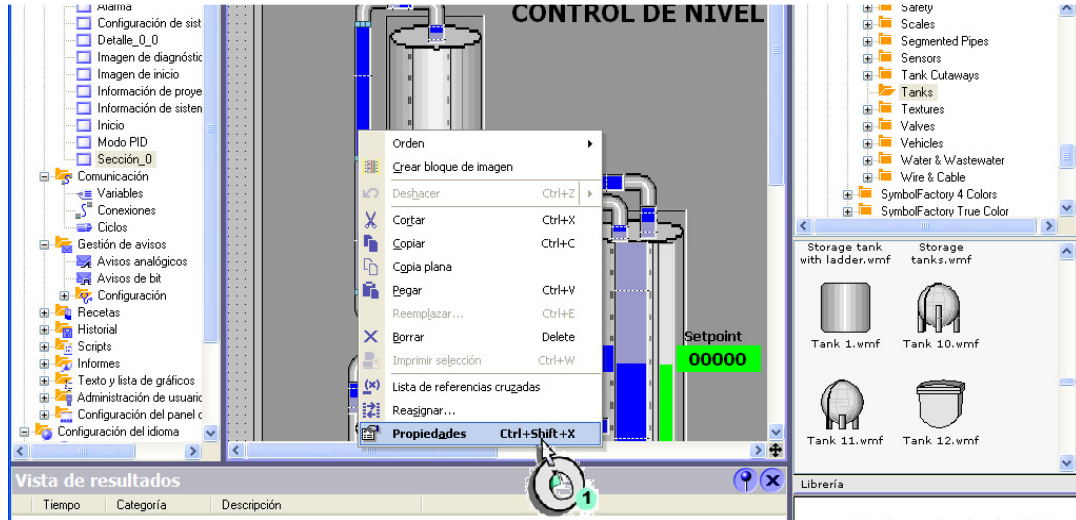


Figura 43. Cambio de propiedades de objetos.

En el cuadro de propiedades, se selecciona la variable que se desea visualizar del objeto seleccionado, como se muestra en la figura 44.

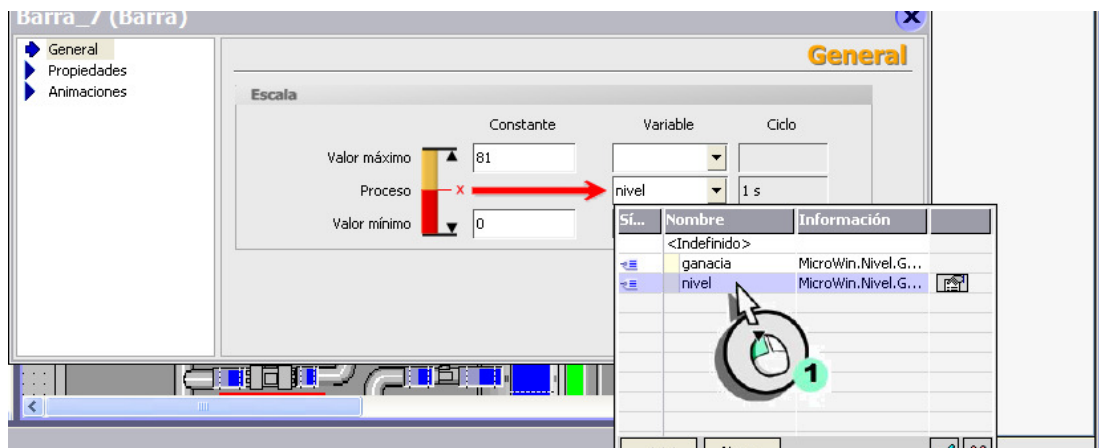


Figura 44 Asignación de variables

Este mismo procedimiento se repite, para los pulsadores, para las graficas de las curvas y para las barras.

5.7 Creación de un fichero avisos

En la mayoría de los procesos se documenta el estado de las variables presentes, esto se hace con un “Fichero de avisos” que guarda los avisos o cambios que suceden en las variables durante la supervisión, esto se logra haciendo clic en historial, y luego en “Agregar Fichero de avisos”, como se observa en la figura 45.

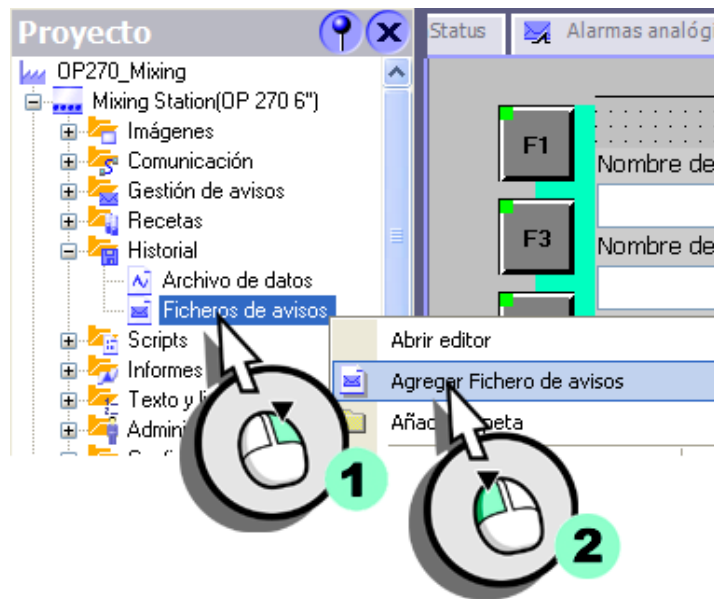


Figura 45 Agregar fichero de avisos.

Luego se configura el fichero, con un nombre, y la dirección del fichero en la cual se guardarán los datos del proceso como se puede apreciar en la figura 46.

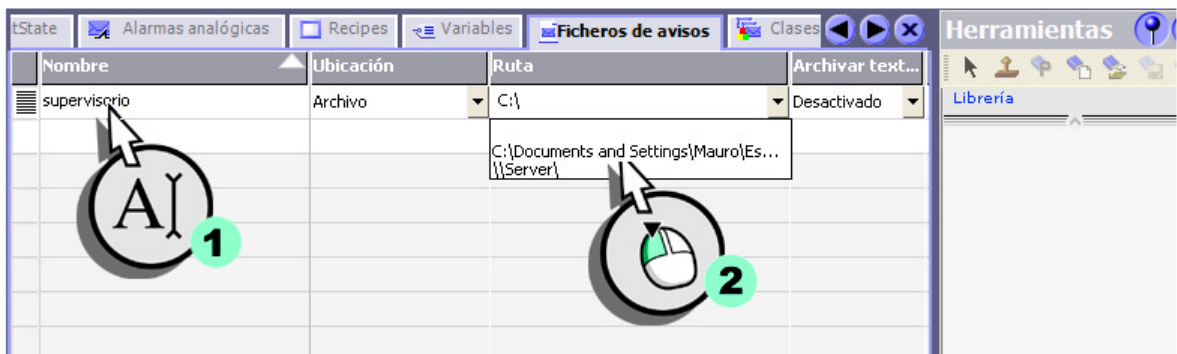


Figura 46 Configuración de fichero

5.8 Ejecutar la aplicación

Para ver y simular la aplicación creada se da clic en iniciar runtime como se aprecia en la figura 47, y automáticamente compila y muestra la visualización y control del proceso.

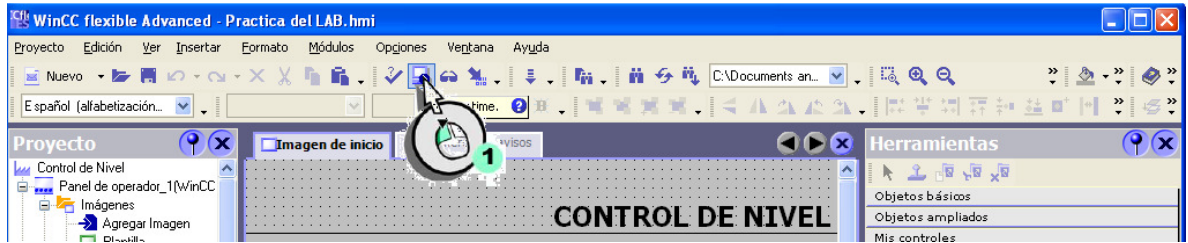
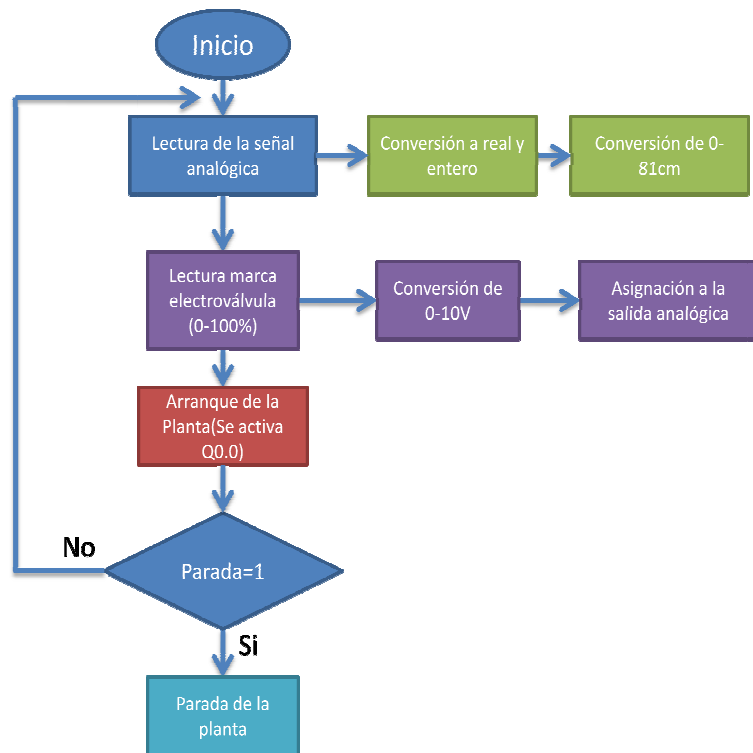


Figura 47 Runtime a la aplicación

6. CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA Y DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES DEL PID

En este capítulo se describe la configuración e implementación del sistema de supervisión y control, que permita la caracterización del proceso. La caracterización tiene por objeto obtener las constantes K_p , T_i y T_d del control PID. Se empieza con el diseño del programa para el PLC, como se muestra en la figura 48.

Para la implementación del programa en le PLC s7-200, se tiene el siguiente algoritmo:

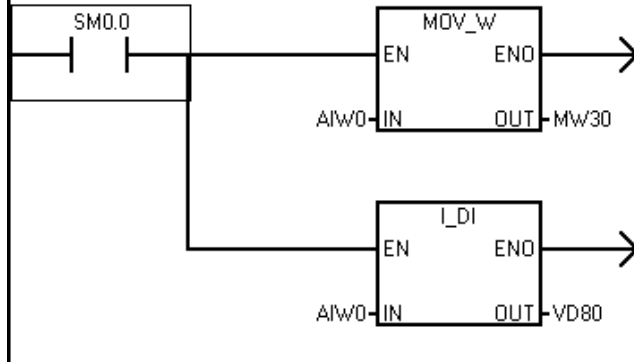


Algoritmo 1 Diagrama del programa para implementar en el PLC

6.1. Implementación del programa del PLC para Obtener Constantes PID

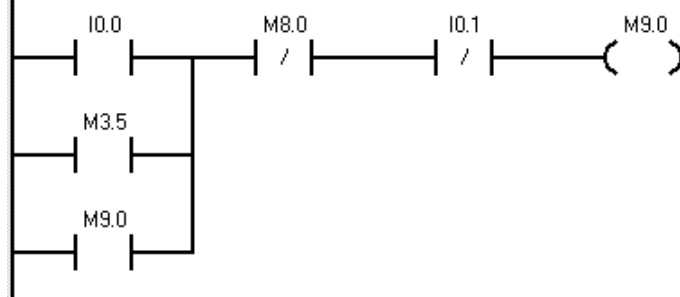
Network 1 Transferencia de la entrada analógica AIW0

Se Transfiere la entrada analógica AIW0 a una marca entera MW30, y a una marca real VD80.

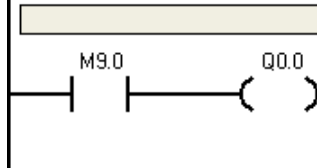


Network 2 Arranque del sistema

Se puede arrancar y/o parar a través del Wincc por medio de la marca M3.5 o M8.0, o por medio de los pulsadores del tablero del banco. Este arranque activa una bobina interna llamada M9.0

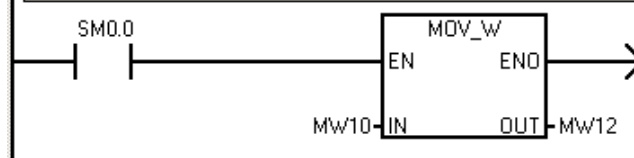


Network 3 Condicion de ensendido para la MotoBomba



Network 4 Porcentaje de abertura de la electrovalvula

MW10 la marca de donde en el Wincc se le asigna el porcentaje a la electrovalvula.
Mw12 es la marca que recibe en el PLC dicho porcentaje.



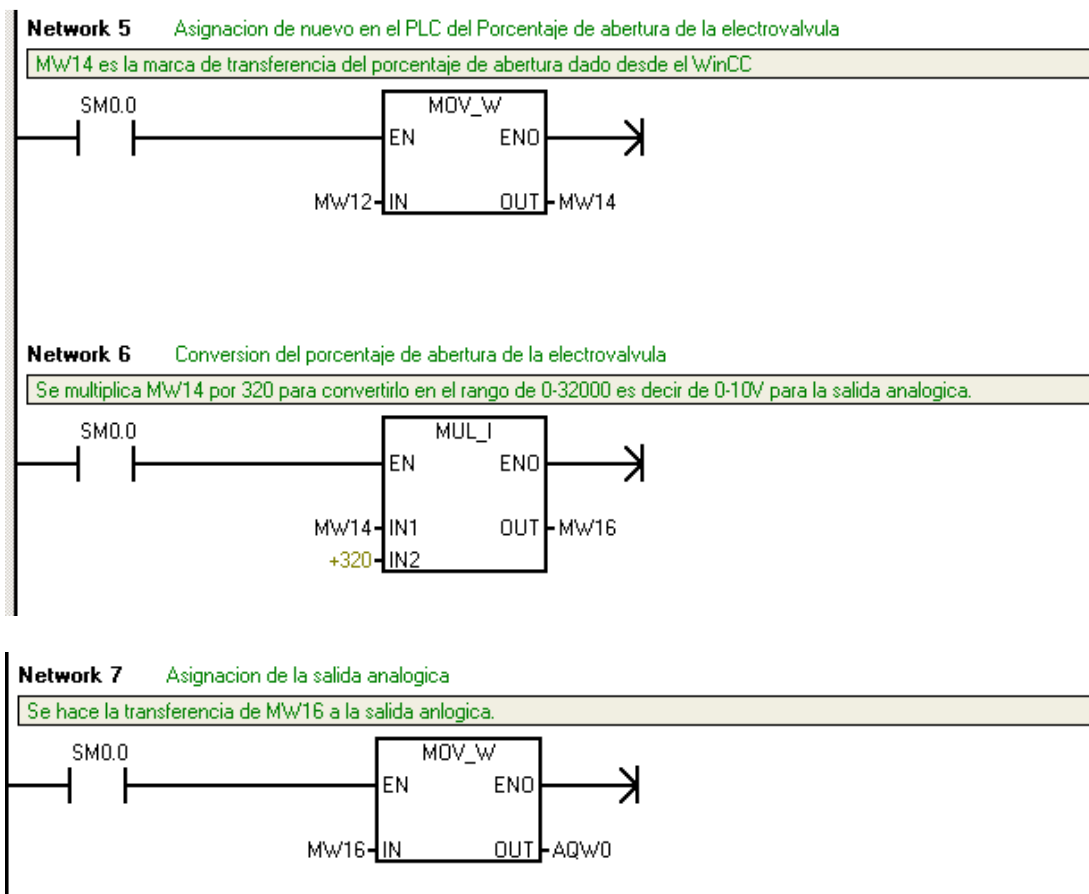


Figura 48 Diseño del Programa del PLC

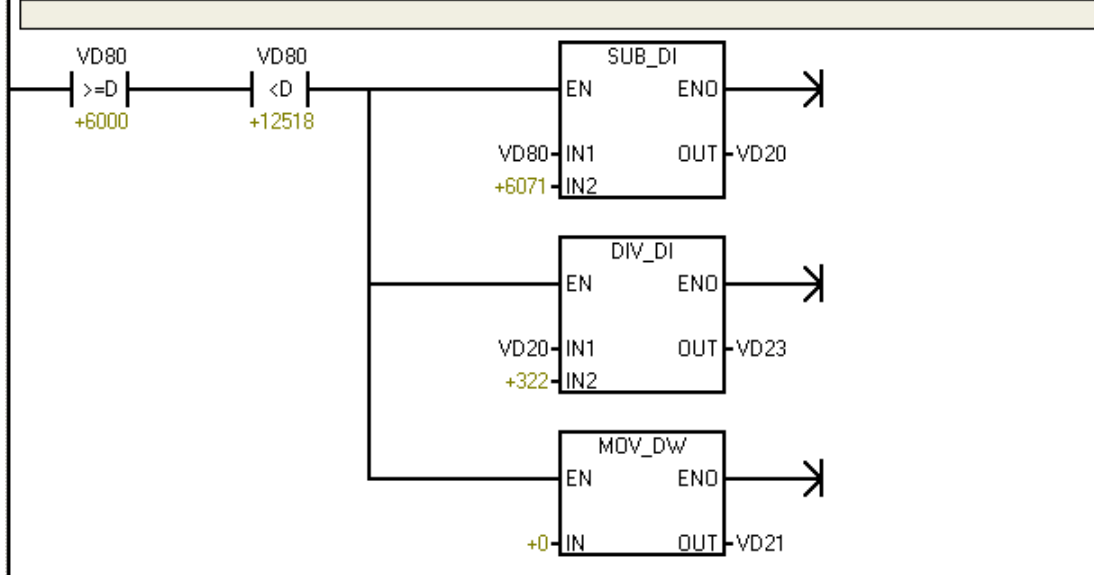
Como la salida del transmisor de nivel no es proporcional al nivel del tanque, es necesario modelar con la ecuación de una línea recta, es decir:

$$Nivel VD23 = \frac{(Entrada Analógica) - a}{m} - b^{17}$$

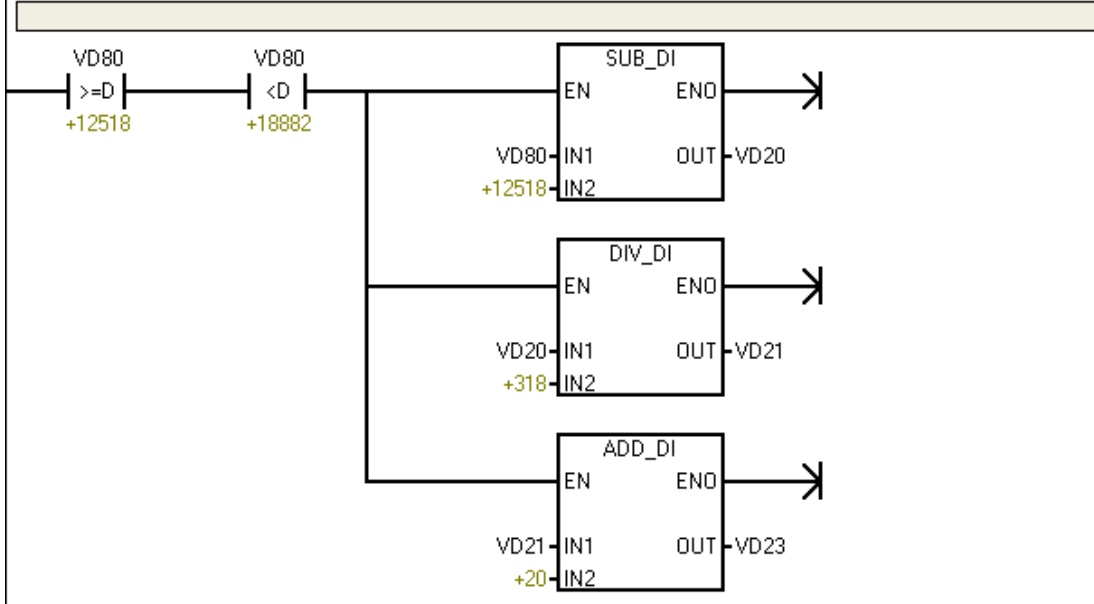
Por lo tanto el programa del PLC queda como se muestra en la figura 49.

¹⁷ Los valores de a, b y m se encuentran en la tabla 4 y 5

Network 8 Conversion de cm de nivel (0-20)



Network 9 Conversion de cm de nivel (20-40)



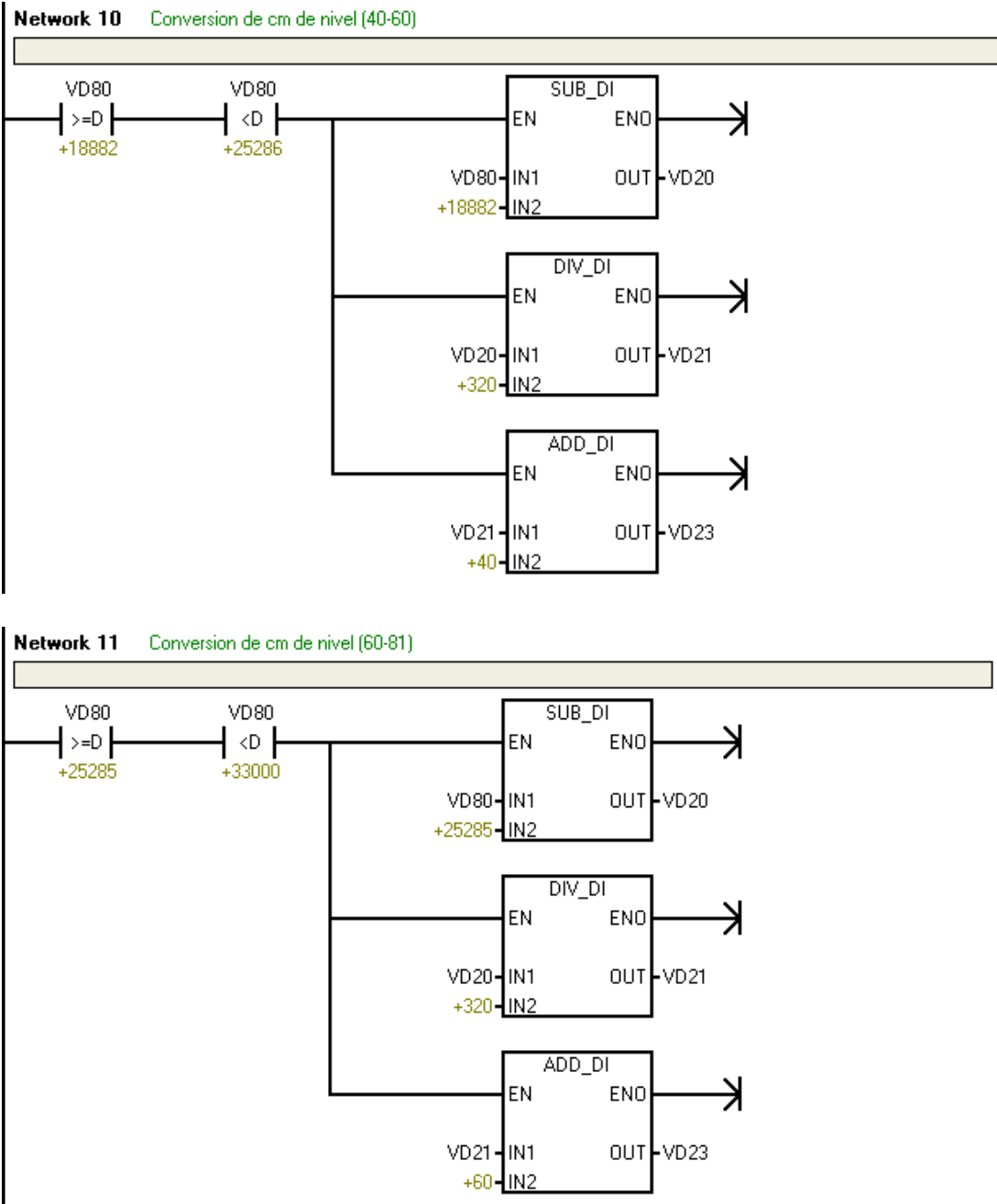


Figura 49 Programa de PLC para caracterización de la planta

En la figura 50 se describen las variables que hacen parte de la tubería y del depósito en el Wincc.

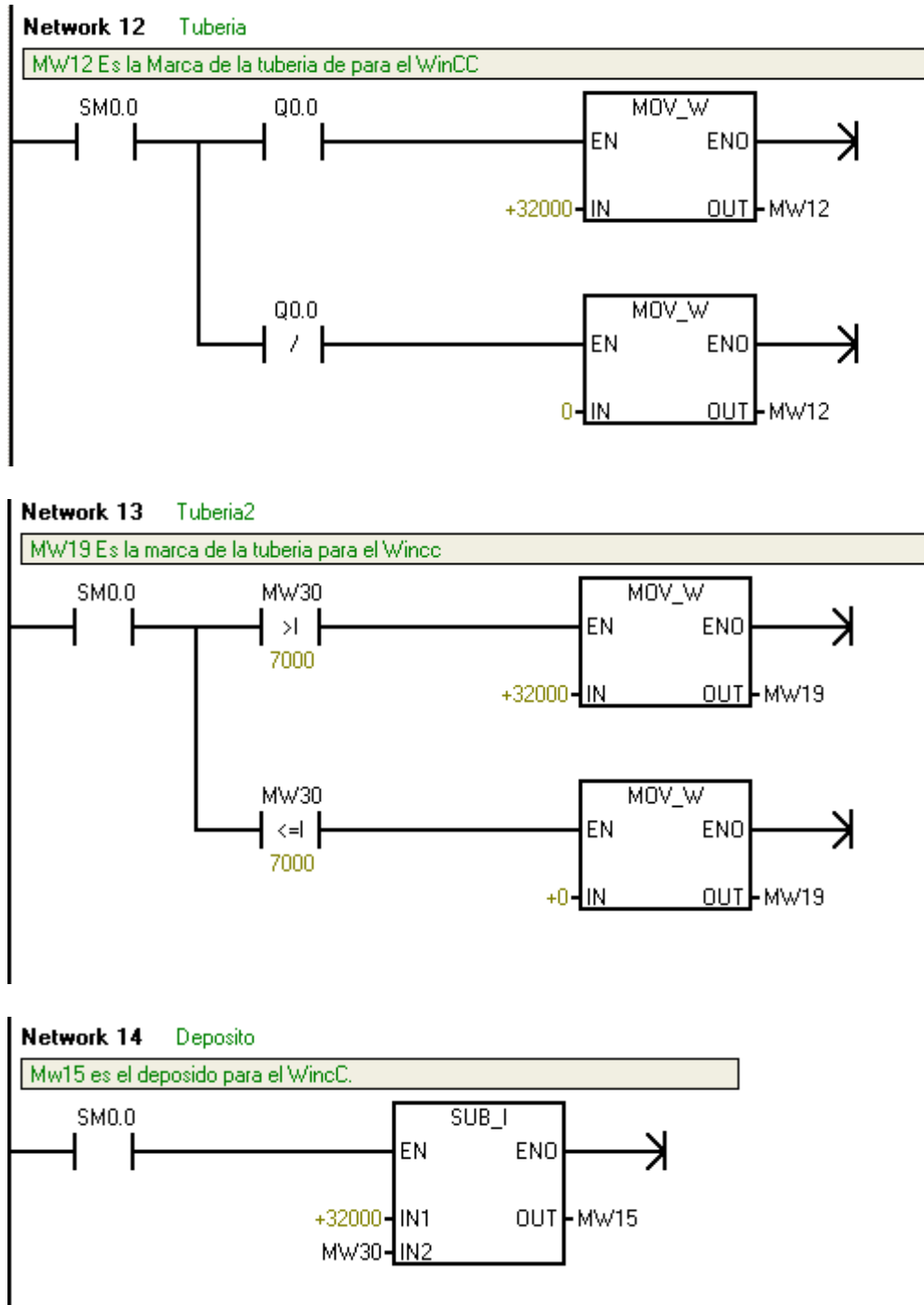


Figura 50 Programa PLC, Variables de tubería

El programa al final se guarda con el nombre de “Practica Lab”. Y se crea un archivo en el OPC llamado práctica, el cual va a contener las variables que se utilizan para la aplicación en el Wincc.



Figura 51. Configuración del OPC

6.2. Descripción del Programa HMI de caracterización desarrollado en Wincc

Para la construcción del supervisor es necesario tener claro la relación entre las variables de TAGs definidos en anterior sección y que se resumen en la figura 51 y los elementos del HMI. Esta relación se muestra en la tabla 7.

| Numero | Descripción | Tag asignado |
|--------|---|--------------|
| 1 | Colocación del % de la electroválvula | Electroval |
| 2 | Piloto que indica que esta activado el proceso | Bomba |
| 3 | Activar el proceso | Arranque |
| 4 | Parar el proceso | Parada |
| 5 | Visualización del nivel | Nivel |
| 6 | Tuberia2 | Tuberia2 |
| 7 | Indicador el nivel del deposito | Tanque |
| 8 | Visualización del % de la electroválvula | Electroval |
| 9 | Tuberia1 | Tuberia1 |
| 10 | Visualización grafica del comportamiento de la electroválvula | Electroval |
| 11 | Salir | |

Tabla 7

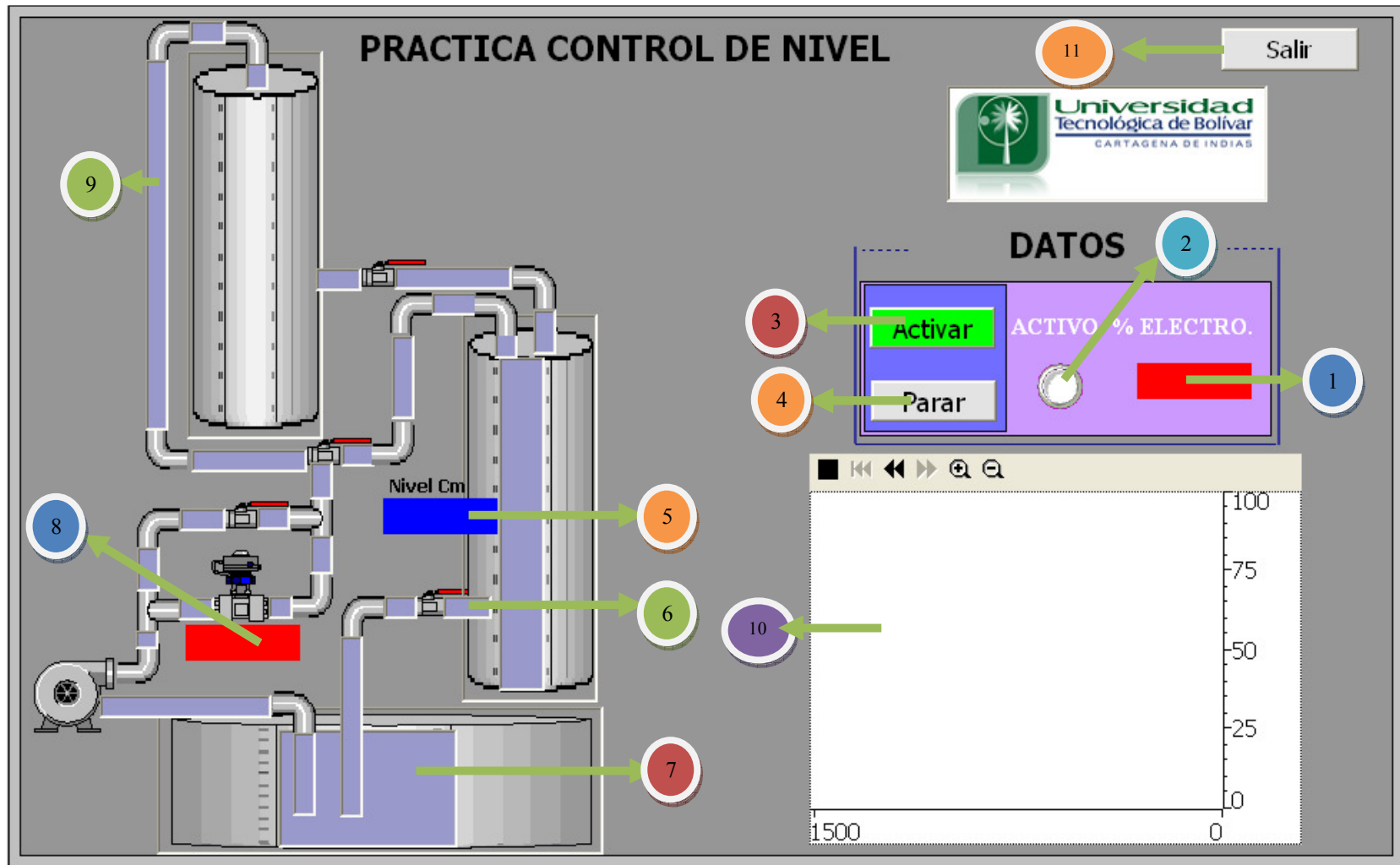


Figura 52 Wincc flexible 2008

Habiendo definido estos elementos se construye un HMI como el mostrado en la figura 52. Este se puede almacenar en un archivo, por ejemplo "Practica del LAB.Panel de operador_1". Una posible versión de esta implementación se encuentra en el CD adjunto a este documento, el cual ha sido construido siguiendo las indicaciones del Capítulo 5.

6.3 Laboratorio en Wincc

Nota Importante: La Carpeta Monografía de Nivel que se encuentra en el CD debe guardarse en el escritorio.

1. Se carga el archivo del PLC "Practica Lab" en el PLC S7-200
2. Se coloca el PLC S7-200 en modo Run
3. Se abre el archivo en Wincc "Practica del LAB".
4. Como hay que modelar la planta, es necesario hallar la ecuación característica de la misma. Un procedimiento comúnmente utilizado para esto es aplicar un escalón a la variable manipulada, este escalón esta en el orden del 20% al 70%. Aplicando un escalón del 70%, dando clic en Activar como se observa en la figura 53, se obtiene la gráfica de respuesta de la variable de nivel.

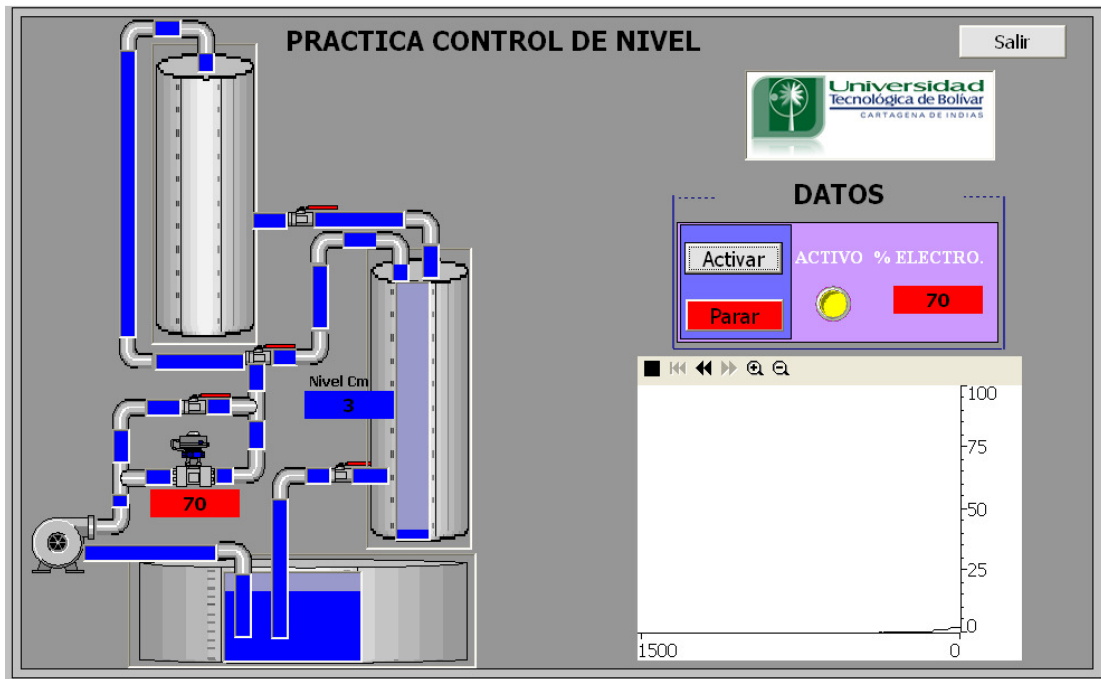


Figura 53 Supervisor obtención de constantes PID

- Se espera hasta que el nivel de la planta se estabilice en un valor que dependerá de la apertura de la electroválvula.

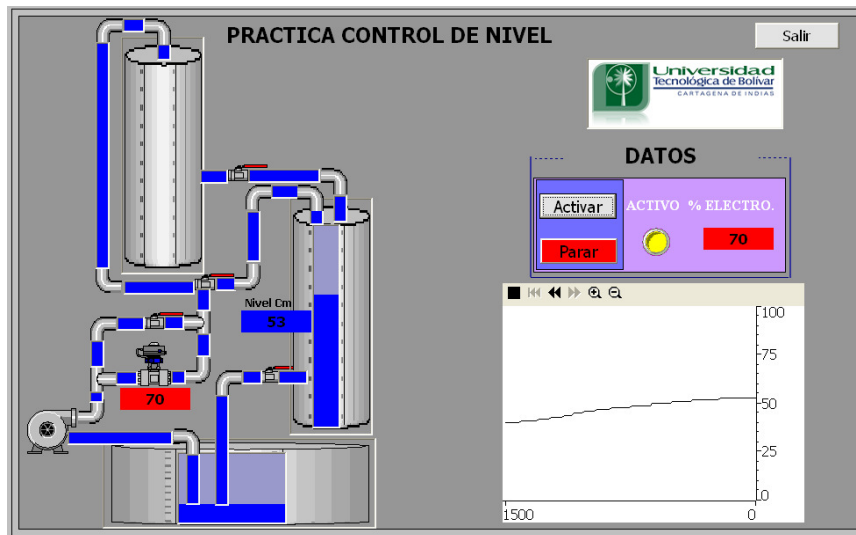


Figura 54 Estabilización de Señal

6. Para un valor de apertura de la electroválvula de 70% el nivel se va estabilizando en un valor aproximado de 53cm.
7. Cuando se observa que el nivel se haya estabilizado como se aprecia en la figura 55 se puede parar la adquisición de datos.

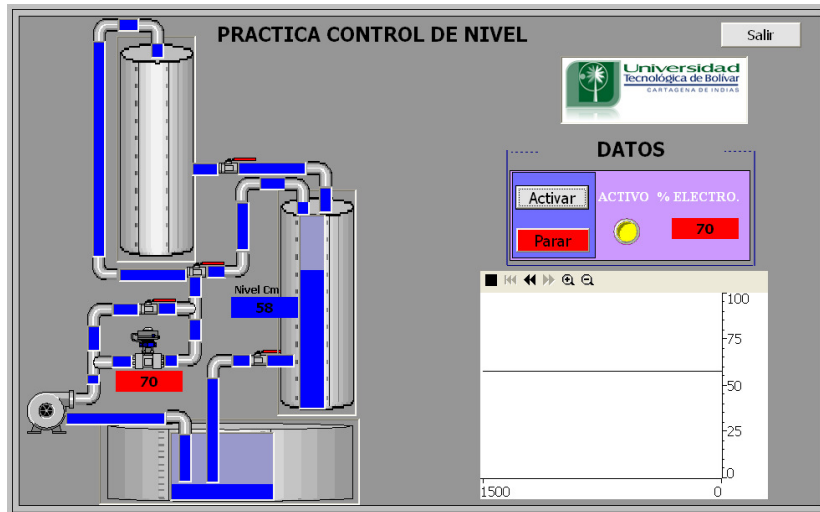


Figura 55 Estabilización de la Señal

8. Los datos anteriores son exportados en un archivo de base de datos en Excel, llamado practica0, que se encuentra en la carpeta archivos, esta se exporta a Excel para su visualización.

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|---------|------------------|----------|----------|-------------|------|---|
| 1 | VarName | TimeString | VarValue | Validity | Time_ms | | |
| 2 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773568 | 2407 | |
| 3 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773580 | | |
| 4 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773591 | 5741 | |
| 5 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773568 | 2407 | |
| 6 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773580 | | |
| 7 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773591 | 5741 | |
| 8 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773568 | 2407 | |
| 9 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773580 | | |
| 10 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773591 | 5741 | |
| 11 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773603 | 1481 | |
| 12 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773568 | 2407 | |
| 13 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773580 | | |
| 14 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773591 | 5741 | |
| 15 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773603 | 1481 | |
| 16 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773568 | 2407 | |
| 17 | Nivel | 17/07/2009 18:33 | 0 | 1 | 40011773580 | | |

Tabla 8

9. A continuación se hace la resta entre la hora final y la hora inicial, y el resultado del tiempo se pasa en segundos. Y se grafica la variación del nivel con respecto al tiempo.

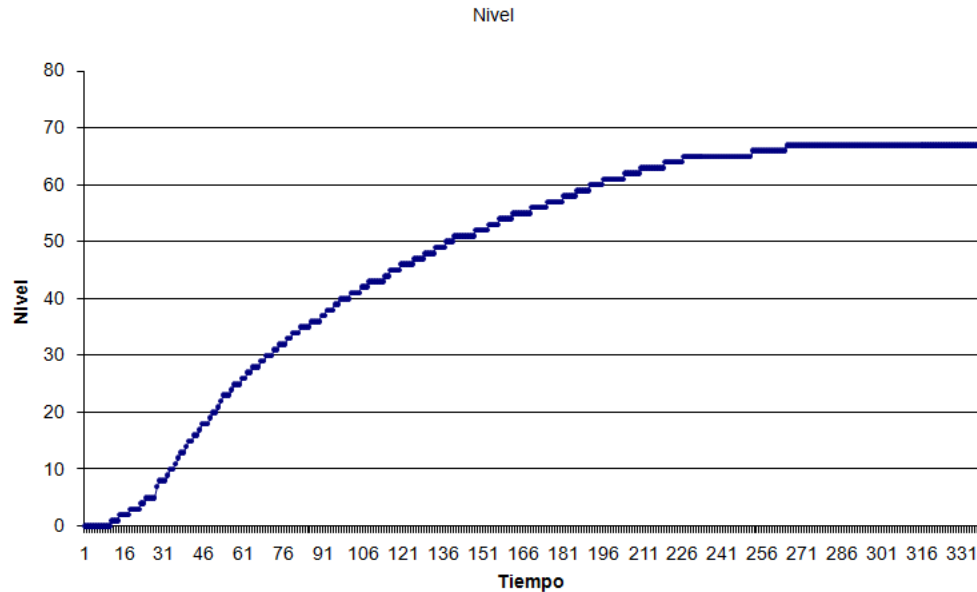


Figura 56 Variacion de Nivel en Excel

10. A continuación se procede a aplicar el método de Ziegler-Nichols. Se traza una recta tangente al punto de inflexión (50% del valor de asentamiento) de la respuesta del sistema ante la entrada escalón, en este caso la curva mostrada en la Figura56 para el sistema de tanques en serie, de esta manera se determina el tiempo de retardo y las constantes de tiempo del sistema tal como se plantea en el método. El método de Ziegler-Nichols presenta la siguiente función de transferencia para el proceso estudiado¹⁸.

$$G(s) = \frac{K}{1+Ts} * e^{-Ls}$$

11. En la figura 57 se observa el procedimiento para hallar el valor del término T el cual es de 150 s y K es de 68.

¹⁸ Todos los Gráficos y tablas que se hicieron en Excel, se pueden apreciar en el CD de la monografía

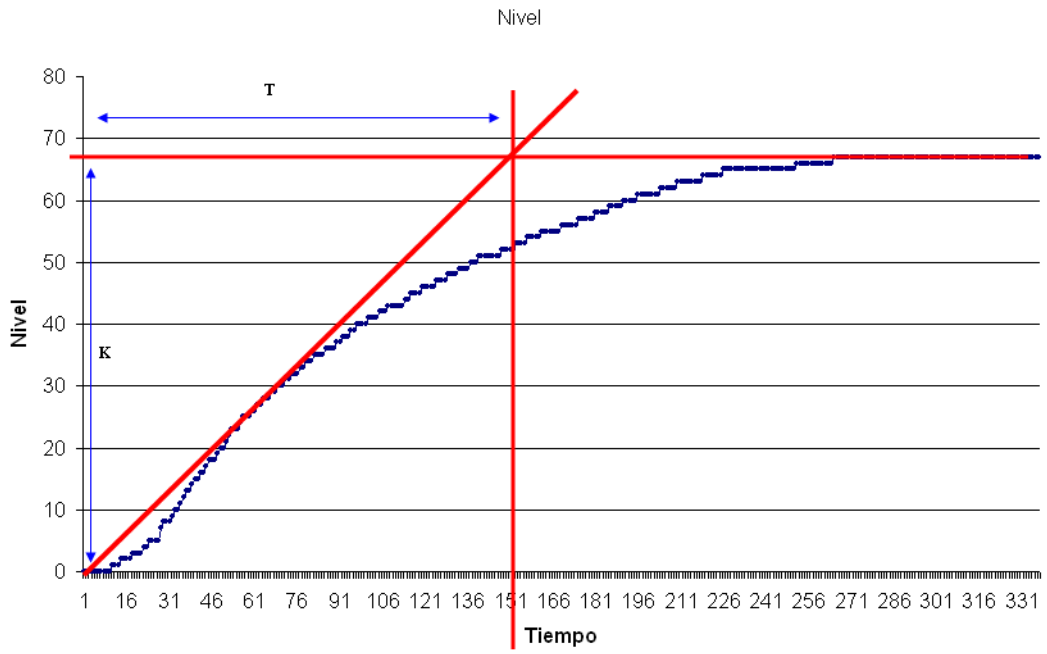


Figura 57 (Determinación de T y K)

12. Para el cálculo de L, se amplía la Figura 57, como se observa en la Figura58

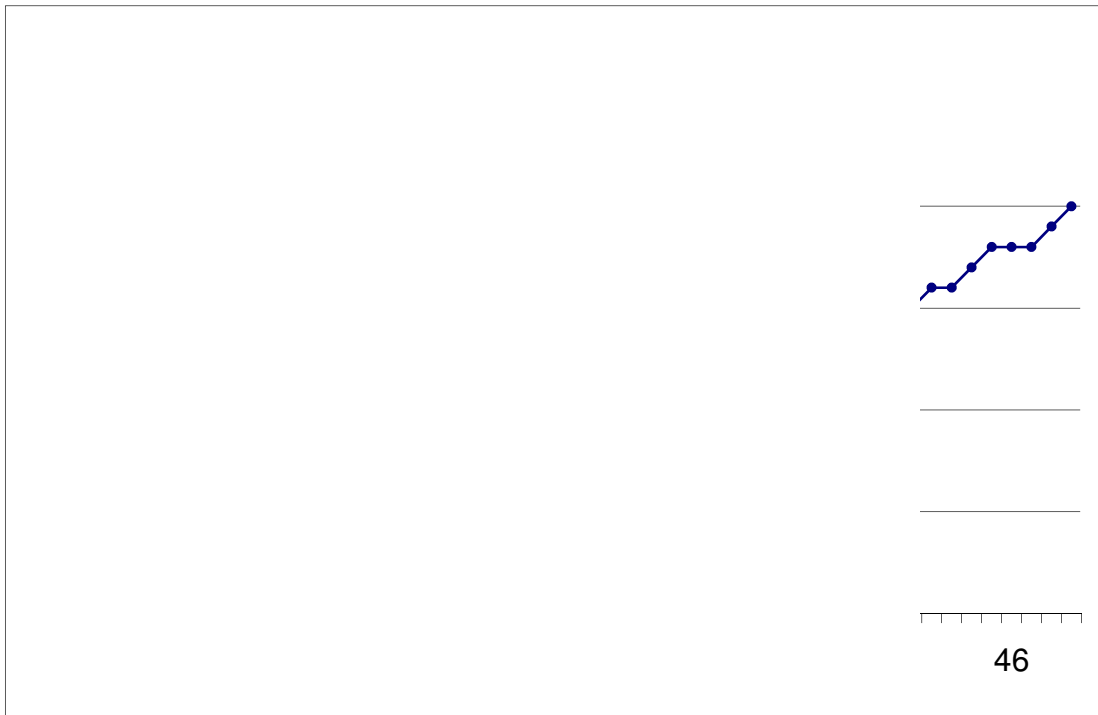


Figura 58 (Ampliación de la Figura 57)

13. De la figura anterior se puede decir que el valor de L es aproximadamente igual a 7, la ecuación 1 queda:

$$G(s) = \frac{67}{1 + 150s} * e^{-7s}$$

14. Con esta ecuación se pueden hacer pruebas y modelar la planta en Matlab y además poder simular reguladores de PID, que darán una mejor respuesta y asentamiento del sistema.

La ecuación característica del método Ziegler – Nichols es:

$$G(s) = K_c \frac{(\tau_i s + 1)}{\tau_i s} (\tau_d s + 1)$$

En donde:

$$K_p = K_c \cdot \alpha \quad T_d = \frac{\tau_d}{\alpha} \quad \alpha = 1 + \frac{\tau_d}{\tau_i}$$

15. Se hallan las contantes del PID con la tabla 9:

| Controlador | K_p | T_i | T_d |
|-------------|-------------------|-----------------|-------|
| P | $\frac{T}{L}$ | 0 | 0 |
| PI | $0.9 \frac{T}{L}$ | $\frac{0.3}{L}$ | 0 |
| PID | $1.2 \frac{T}{L}$ | $\frac{1}{2L}$ | 0.5L |

Tabla 9 Parametro del PID según el metodo de respuesta a Escalon de Ziegler-Nichols

Aplicando el método se obtienen los siguientes posibles valores del PID:

$$K_p = 1.2 \frac{T}{L} = 1.2 * \frac{150}{7} = 26$$

Este valor debe ser ponderado con respecto a la ganancia del sistema en estado estacionario (63) resultando en un valor de 0.412, es decir, $K_p=0.412$

$$T_i = \frac{1}{2*L} = \frac{1}{14} = 0.071$$

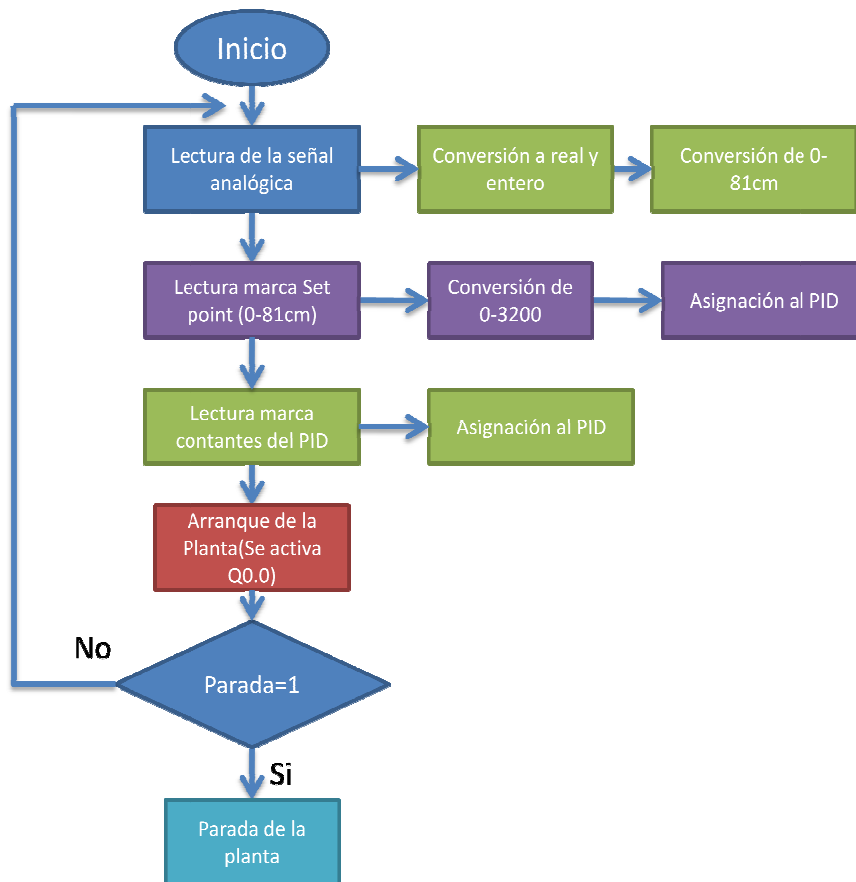
$$T_d = 0.5L = 0.5 * 7 = 3.5$$

Aunque el tiempo de muestreo para este sistema podría estar entre 18 y 45 segundos, calculado como una razón entera del tiempo de respuesta del sistema entre la décima parte y la cuarta parte del tiempo de respuesta, las pruebas fueron realizadas con un tiempo de muestreo de 1s, que es el tiempo mínimo en el lazo PID.

7. CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LA PLANTA

En esta sección se desarrolla la implementación del supervisor del regulador, lo que requiere haber definido con anterioridad el valor de las constantes del PID, por un procedimiento como el propuesto en el Capítulo 6.

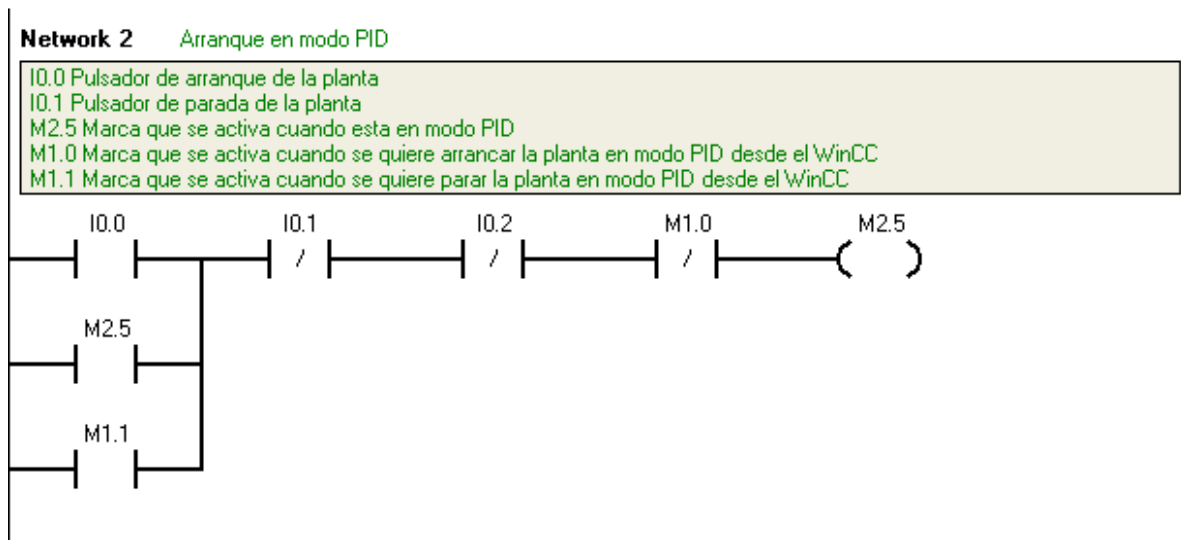
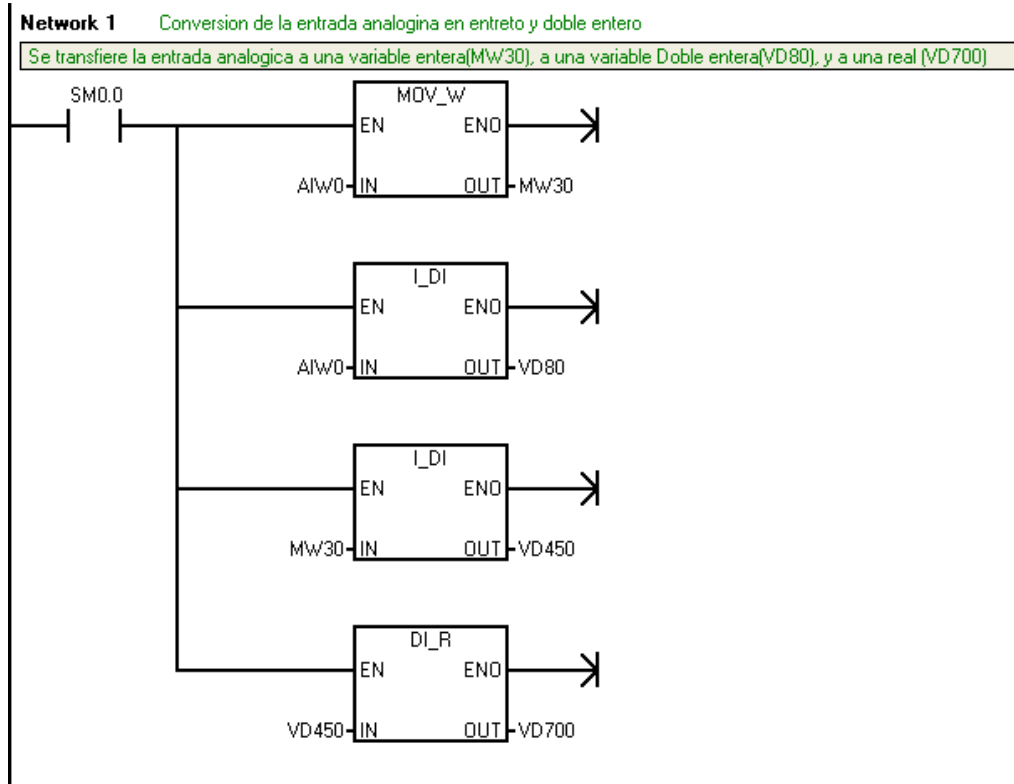
Para la implementación del programa en le PLC s7-200, se tiene el siguiente algoritmo:



Algoritmo 2 Diagrama del programa para implementar en el PLC

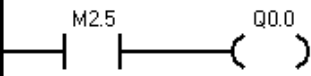
7.1. Implementación del Programa del PLC para el control y supervisión.

El programa implementado en el PLC se muestra a continuación:



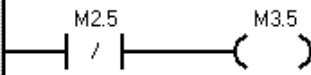
Network 3 Arranque de la Bomba

Q0.0 salida del PLC activa el contactor KM2 de la planta.



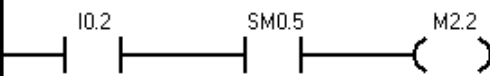
Network 4 Activacion de la Marca M3.5

M3.5 Marca que indica que la Q0.0 no esta activada.



Network 5 Alarma

I0.2 Entrada de la alarma del la planta
M2.2 Marca intermitente que se activa cuando se activa alarma



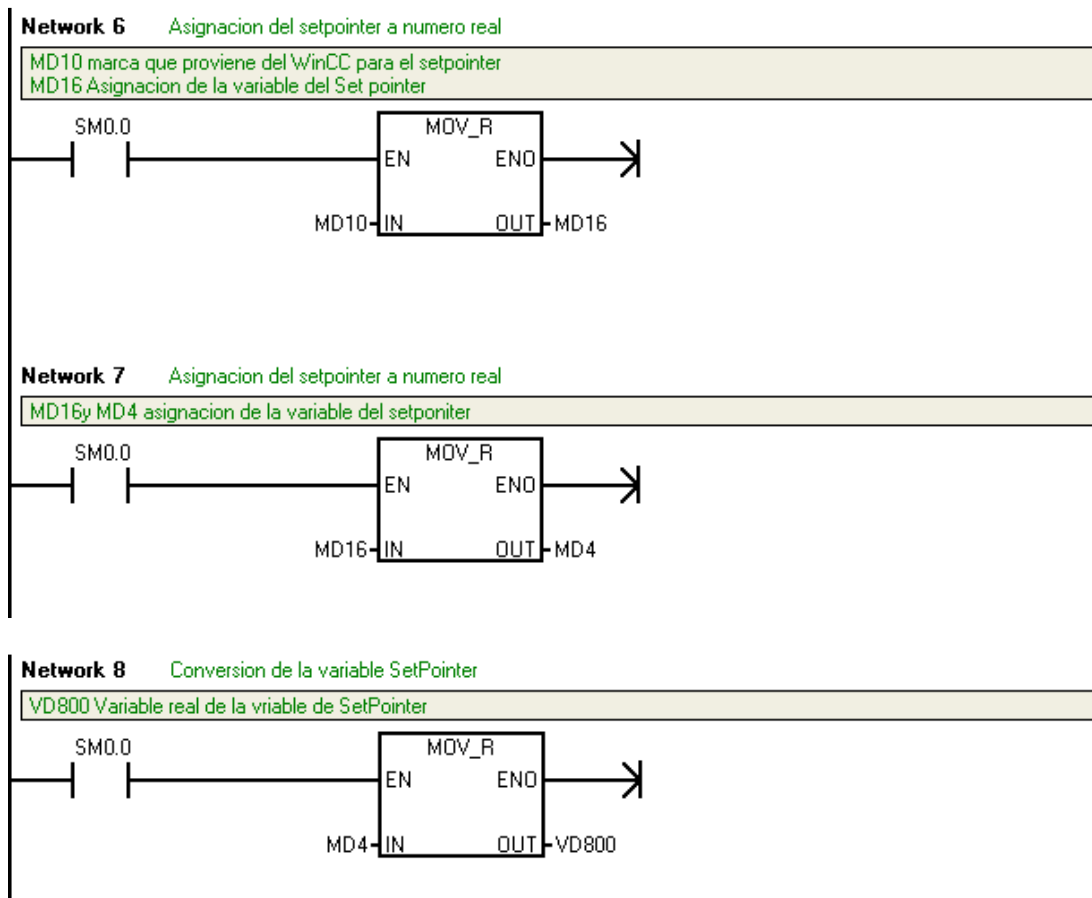
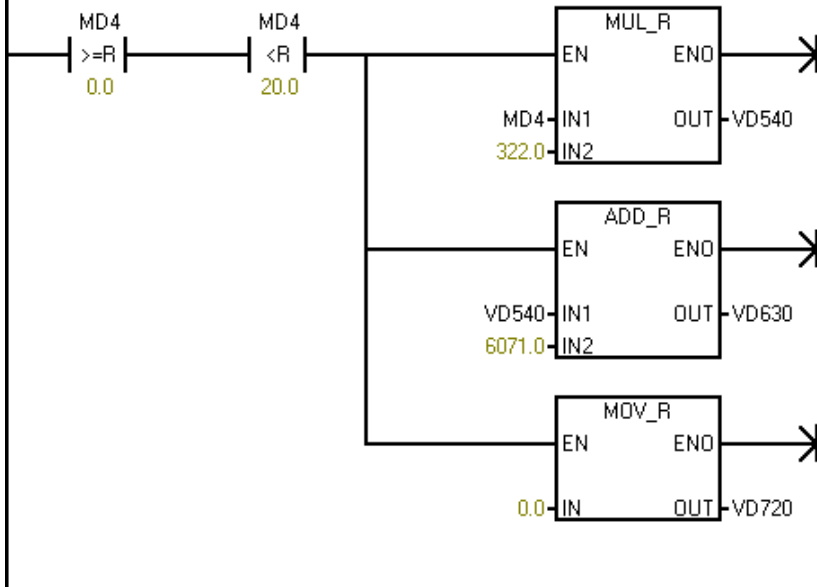


Figura 59 Implementación del Programa del PLC para el control y supervisión

Para la conversión de la variable Set - Point se aplica la conversión de (0-81) a (0-32000).

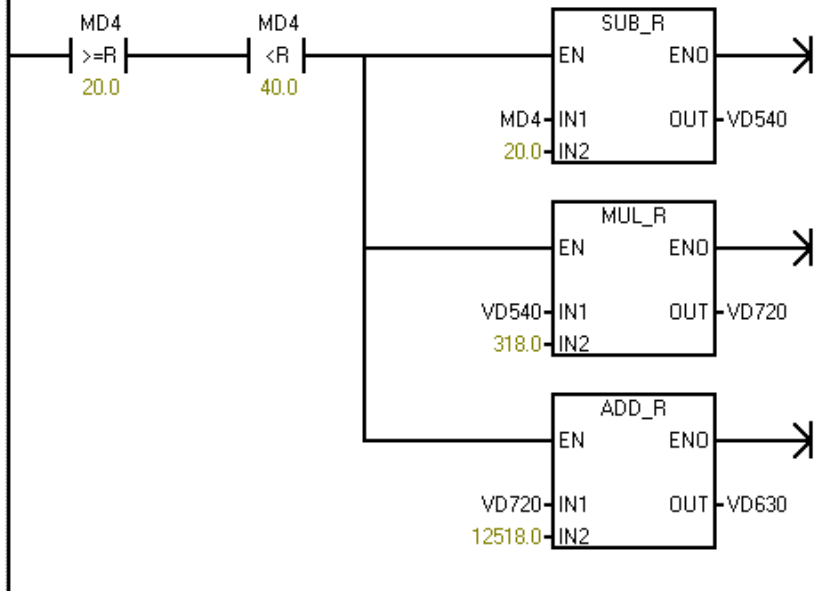
Network 9 Set Pointer(0-20)

Conversion de la variable del setpointer de 0-32000

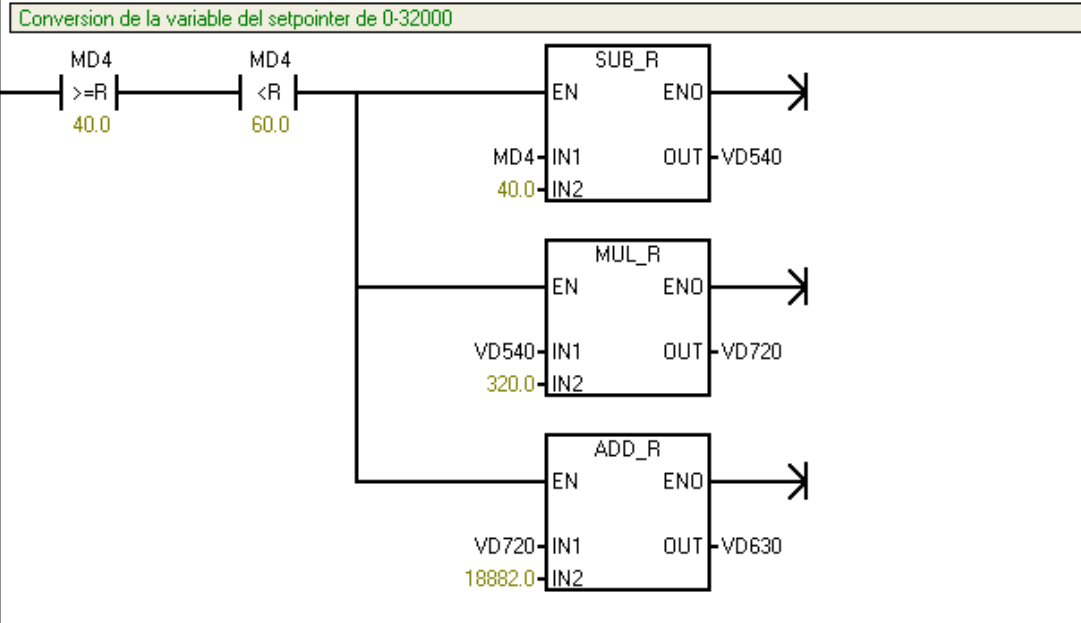


Network 10 Set Pointer(20-40)

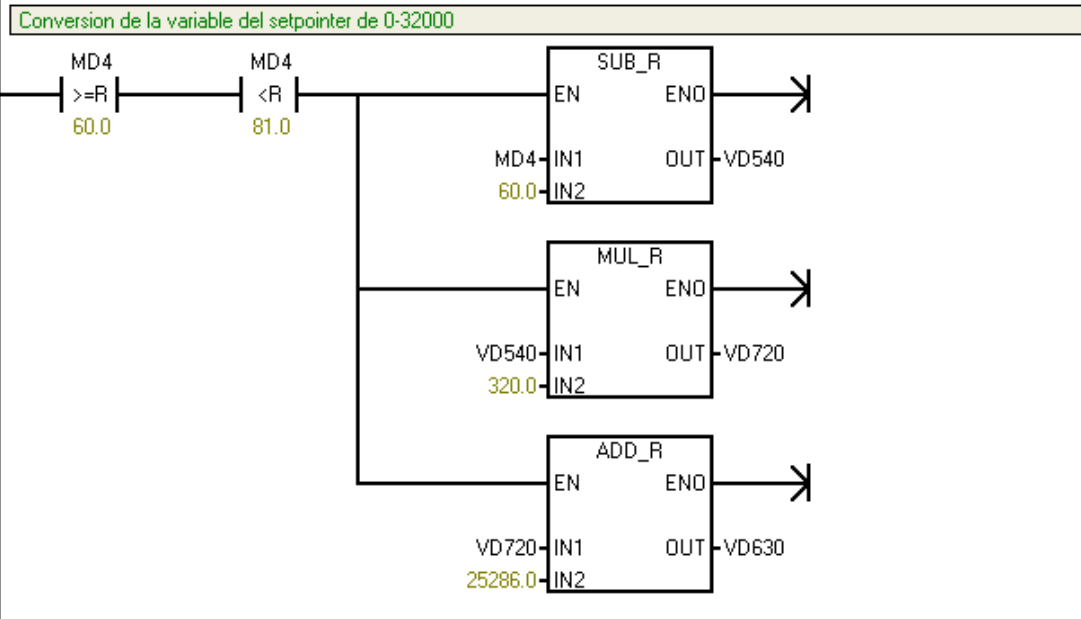
Conversion de la variable del setpointer de 0-32000



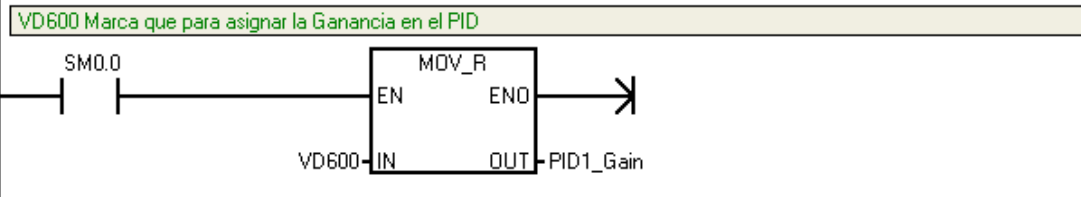
Network 11 Set Pointer(40-60)



Network 12 Set Pointer(60-81)



Network 13 Ganancia



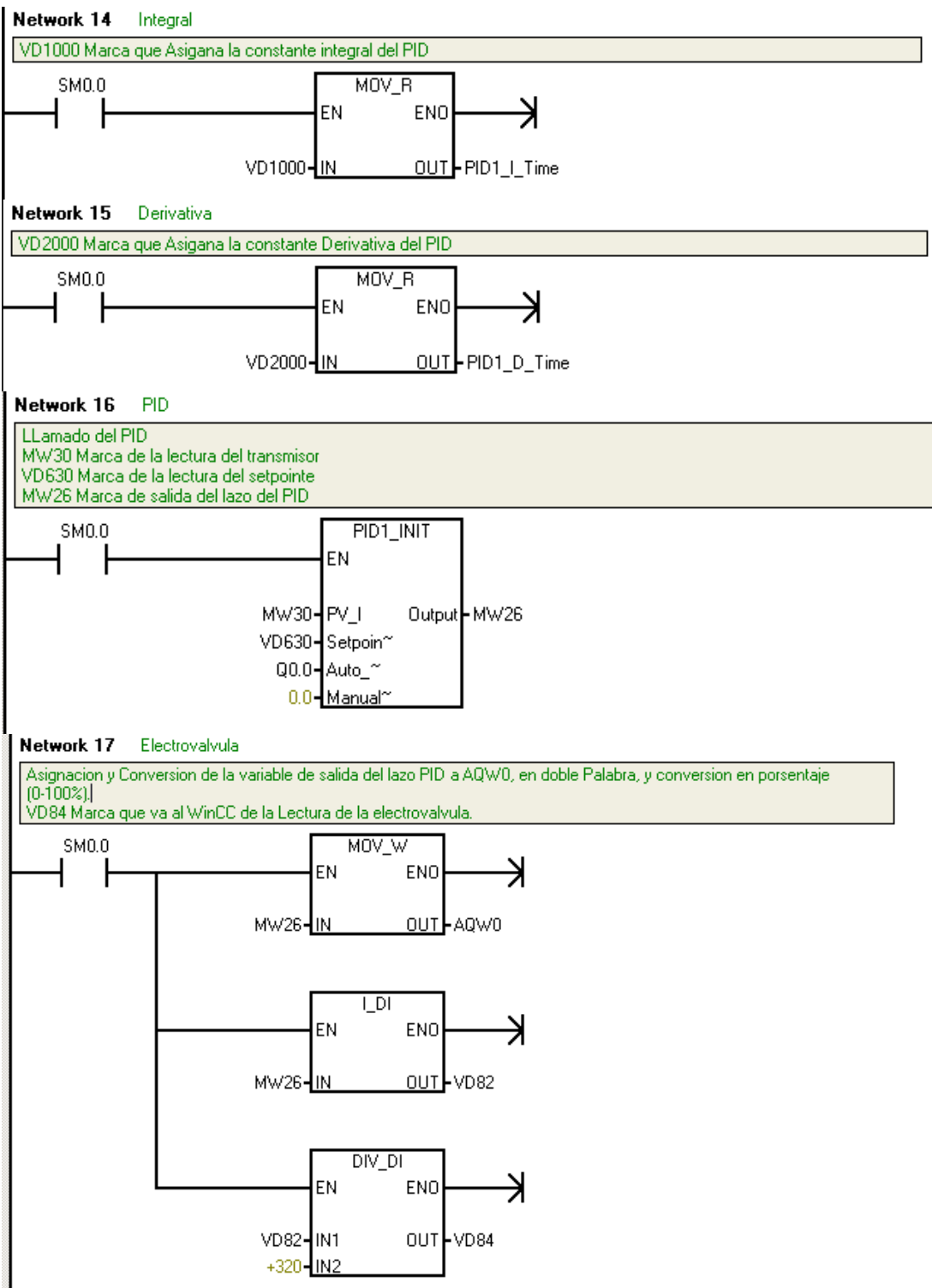


Figura 60 Implementacion del Programa del PLC para conversi3n de la variable Set - point

Del Network 18 al Network 23, es la misma conversión de la variable nivel hecha en el programa de obtención de las constantes PID.

En la figura 61 se implementa la estimación de un rango para el encendido del Piloto correspondiente al Setpoint, el cual se estima entre un rango de encendido de 1cm superior y 1 cm inferior del valor del setpoint.

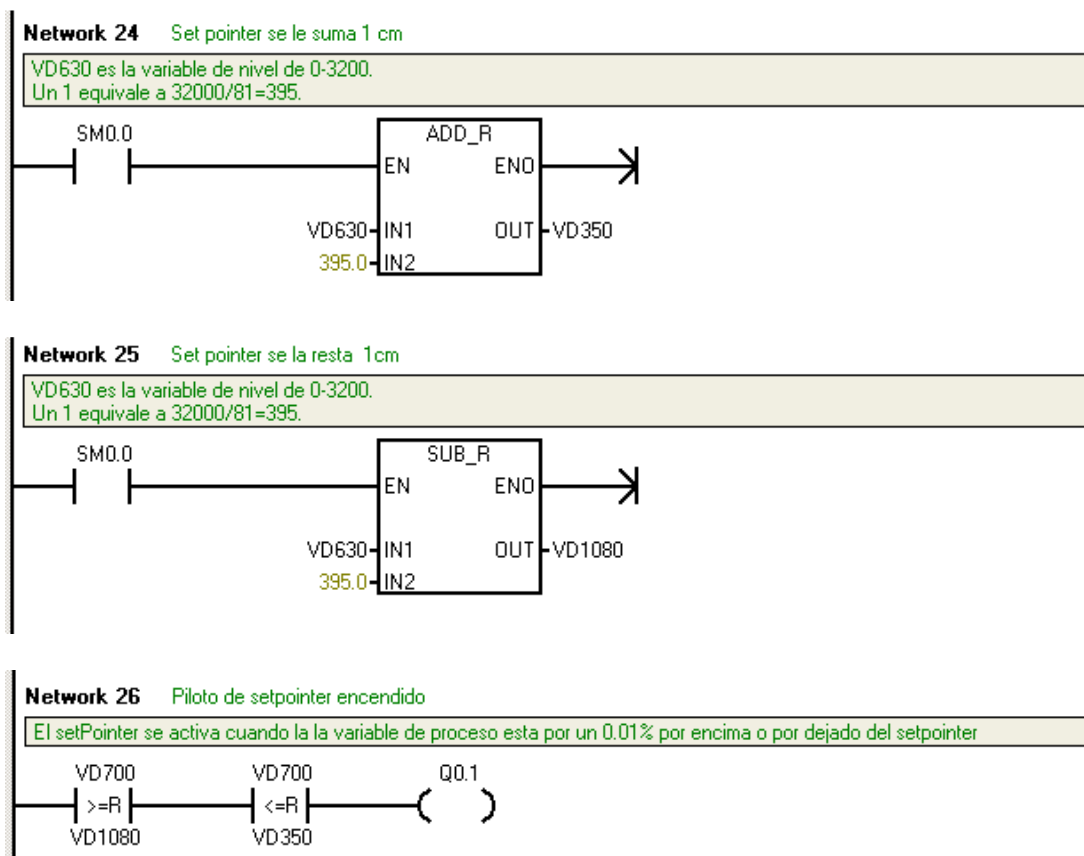


Figura 61 Implementacion del programa PLC, rango del Setpoint

Del Network 27 al Network 29, es un procedimiento similar a la realizada en el programa de obtención de las constantes de PID.

Al final, el archivo queda guardado con el nombre de “supervisor”, y se crea un archivo en el OPC llamado “primero”, el cual contiene las variables que se utilizan en Wincc.

| Nombre | Dirección | Tipo de datos | Acceso |
|------------|-----------|---------------|--------|
| Alarma | M2.2 | BOOL | RW |
| Apag | M3.5 | BOOL | RW |
| Arranque | M1.1 | BOOL | RW |
| Derivativa | VD2000 | REAL | RW |
| ElectoVal | VD84 | DINT | RW |
| Ganancia | VD600 | REAL | RW |
| Integral | VD1000 | REAL | RW |
| Nivel | VD23 | DINT | RW |
| Parada | M1.0 | BOOL | RW |
| PiloSetP | Q0.1 | BOOL | RW |
| Piloto | M2.5 | BOOL | RW |
| Setpointer | MD10 | REAL | RW |
| Tanque | MW15 | INT | RW |
| Tuberia1 | MW12 | INT | RW |
| Tuberia2 | MW19 | INT | RW |

Figura 62. Variables del OPC

7.2. Implementación del programa en el Wincc

En forma similar a la utilizada en la sección 6, las tablas 10, 11 y 12, relacionan los elementos del HMI con los TAGs definidos en la Figura 62. En este caso el HMI a construir consta de tres ventanas de usuario como se muestra en las figuras 46, 47 y 48. Estas ventanas pueden guardarse en un archivo, por ejemplo “Proyecto”. Una posible versión de este HMI se encuentra en el CD adjunto a este documento.

| Ventana Principal | | |
|--------------------------|---|------------|
| Numero | Descripción | Tag |
| 1 | Piloto del Set Pointer | PiloSet |
| 2 | Piloto de Alarma | Alarma |
| 3 | Piloto de bomba encendida | Piloto |
| 4 | Pulsador parada de emergencia | Parada |
| 5 | Piloto del proceso activado | Piloto |
| 6 | Piloto de bomba apagada | Apag |
| 7 | Indicador del estado de la Bomba | Piloto |
| 8 | Hipervínculo a la ventana Manipulación de variables | |
| 9 | Hipervínculo a la ventana Graficas del proceso | |
| 10 | Salir | |
| 11 | Colocación del Set Pointer | Setpoint |
| 12 | Visualización del Nivel | Nivel |
| 13 | Visualización de la Electroválvula | Electroval |

Tabla 10. Descripción de Elementos de la ventana Control de nivel en Cascada

| Ventana Manipulación de Variables | | |
|--|--|------------|
| Numero | Descripción | Tag |
| 1 | Activar Modo PID | Arranque |
| 2 | Parar Modo PID | Parada |
| 3 | Variable proporcional del PID | Ganancia |
| 4 | Variable integral del PID | Integral |
| 5 | Variable derivativa del PID | Derivativa |
| 6 | Activar Teclado | |
| 7 | Hipervínculo a la ventana Principal | |
| 8 | Hipervínculo a la ventana Graficas del proceso | |
| 9 | Salir | |
| 10 | Piloto del Proceso PID | Piloto |

Tabla 11. Descripción de Elementos de la ventana Manipulación de Variable

| Ventana Graficas del Proceso | | |
|-------------------------------------|---|------------------|
| Numero | Descripción | Tag |
| 1 | Visualización grafica del % Electroválvula | Electroval |
| 2 | Visualización grafica del Nivel y Set Pointer | Nivel y Setpoint |
| 3 | Visualización del Nivel | Nivel |
| 4 | Colocación del Set Pointer | Setpoint |
| 5 | Visualización de la Electroválvula | Electroval |
| 6 | Hipervínculo a la ventana Principal | |
| 7 | Hipervínculo a la ventana Manipulación de variables | |
| 8 | Salir | |

Tabla 12. Descripción de Elementos de la ventana Graficas del Proceso

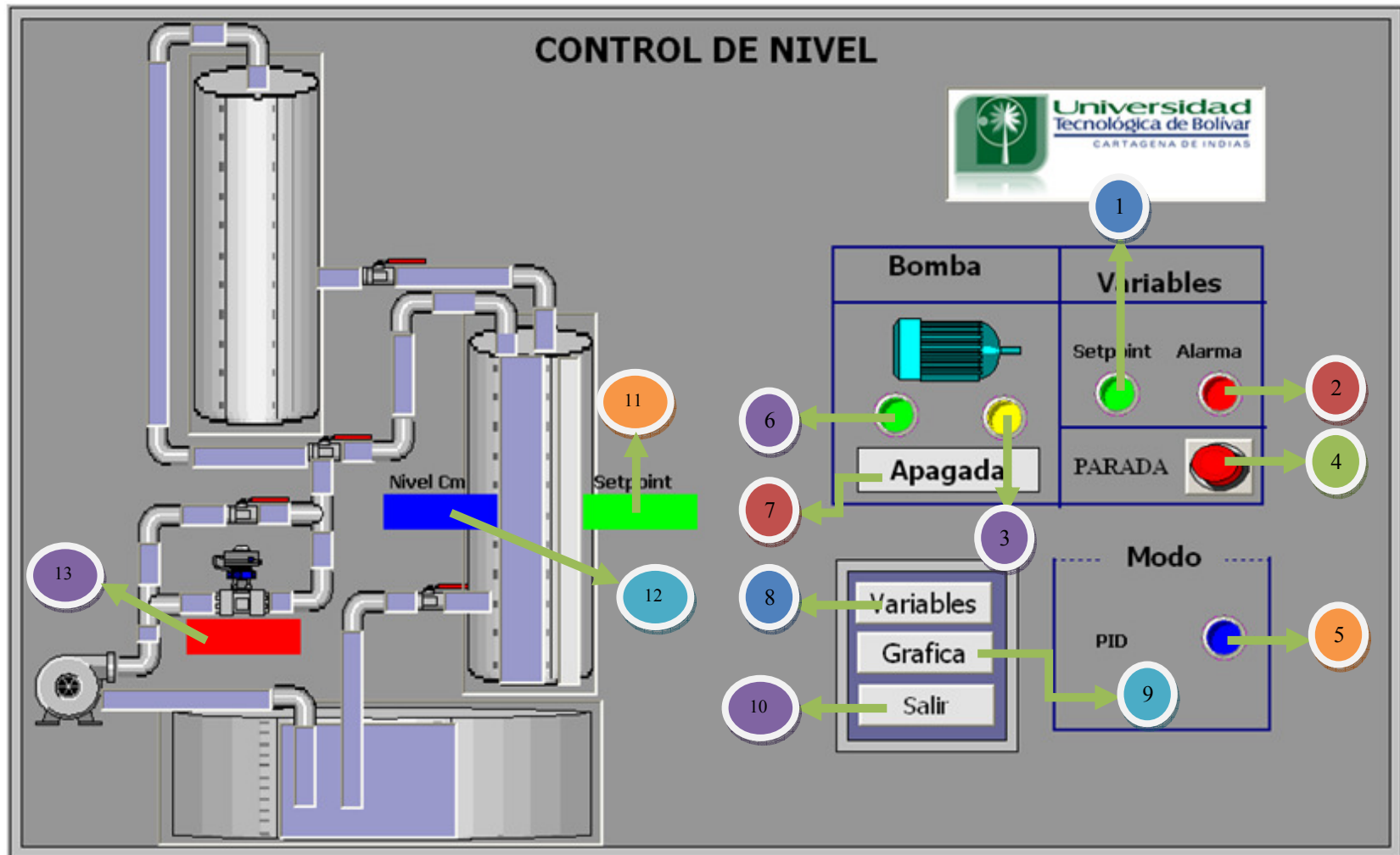


Figura 63. Ventana en Wincc Control de Nivel en serie

Manipulación de Variables

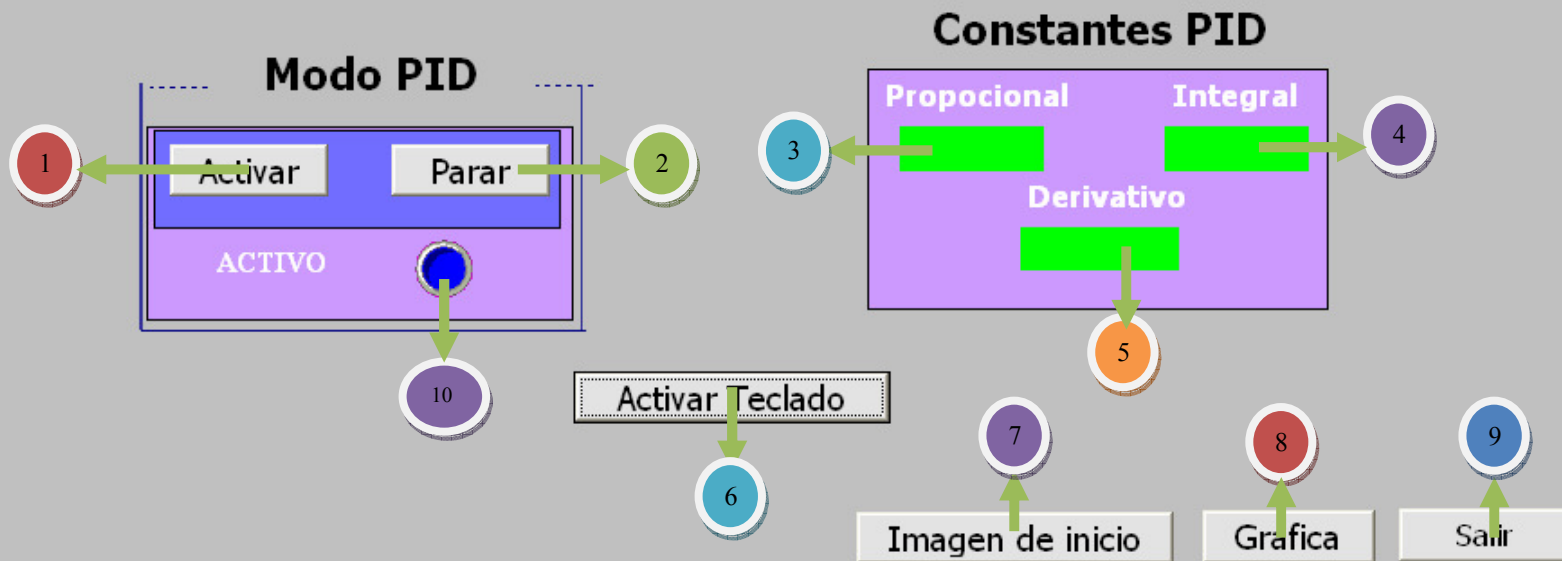
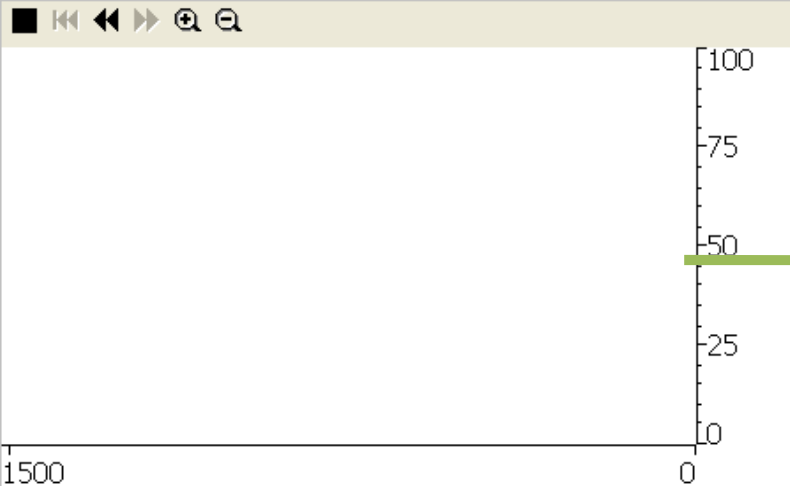


Figura 64. Ventana en Wincc Manipulación de Variable

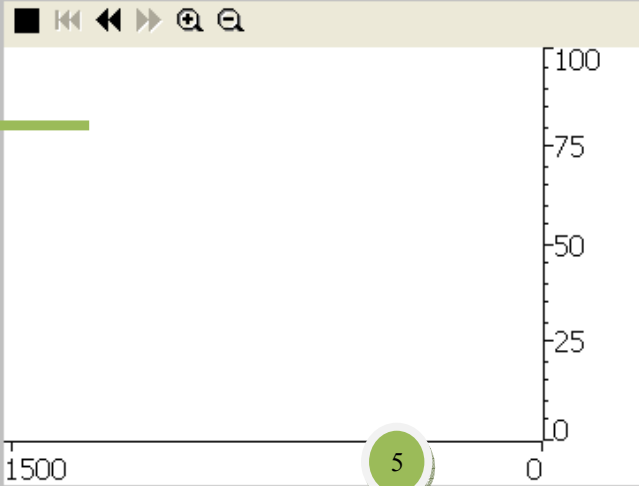
GRAFICAS DEL PROCESO




Nivel-SetPinter



% Electrovalvula




Nivel Cm



3

Setpoint




4

Imagen de inicio

6

% Elect. valvula



Variables

7

Salir

8

Figura 65. Ventana en Wincc graficas del proceso

7.3 Ejecución de la práctica de Supervisión y Control con Wincc

Nota Importante: Antes de iniciar se debe reiniciar el computador para que el programa OPC pueda

1. Caracterizado el sistema, y con las constantes del PID, se abre el archivo con los programas del PLC y se carga, también se abre el archivo de OPC y se da clic en guardar, por ultimo Supervisión del programa Wincc Flexible. En el CD adjunto se encuentra el archivo Nivel\Wincc\Wincc\Proyecto. Panel de operador_1.
2. En la ventana de variables se colocan las constantes del PID y le da clic en iniciar.

Nota: Las variables del PID solamente aceptan números enteros.

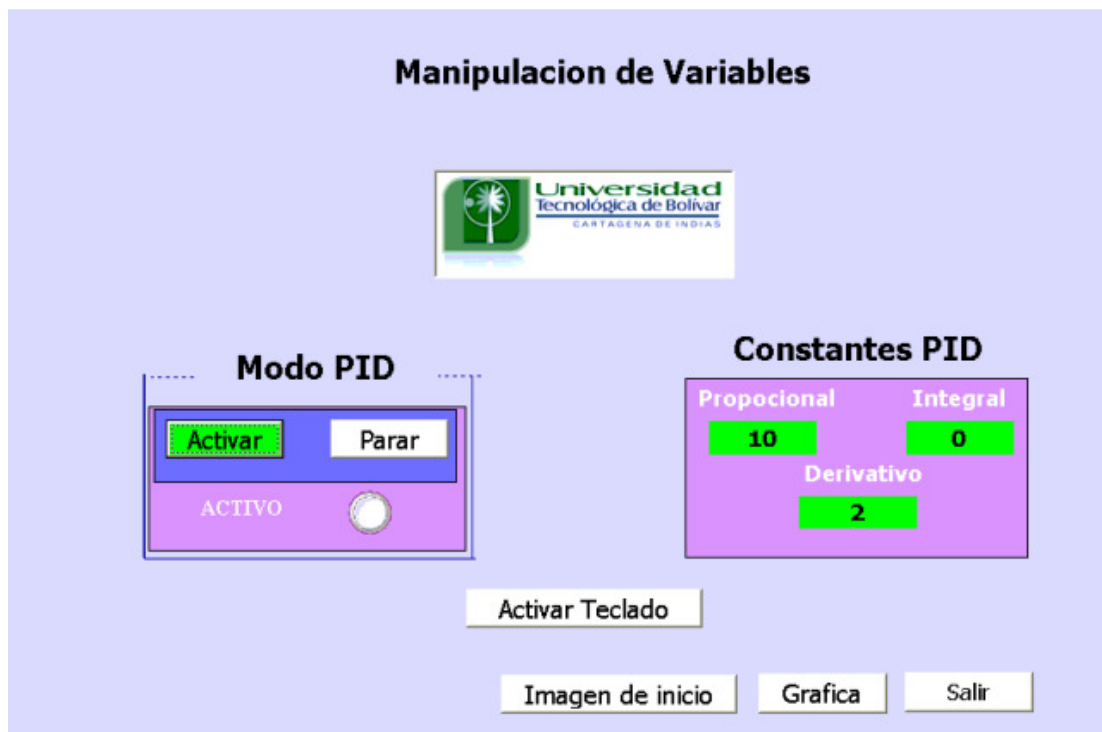


Figura 66. Ventana en Wincc Manipulación de Variable

3. Se observan en la ventana gráfica los comportamientos de las distintas variables, y se calcula lo siguiente:

3.1. Calcular las respuestas en el dominio temporal y caracterizar la respuesta según la Ganancia estática en lazo cerrado, sobreimpulso, tiempo de subida, y tiempo de establecimiento.

3.2 Modificar los parámetros de cada controlador para un ajuste fino de la respuesta anotando la influencia del aumento o disminución de cada parámetro en la respuesta temporal, es decir, se modifican las constantes y se analiza el comportamiento.

3.3 Conclusiones.

4.0 Para ver todos estos comportamientos se crea un archivo en base de datos, para exportarlo a Excel llamado supervisor, y que se puede encontrar en Monografía Nivel\archivos \supervisor, Mediante las herramientas de Excel de gráfica se puede obtener la Figura 67, donde se observa el valor del Setpoint suministrado por el operador, el comportamiento del nivel y en la figura 68 el comportamiento de la Electroválvula.

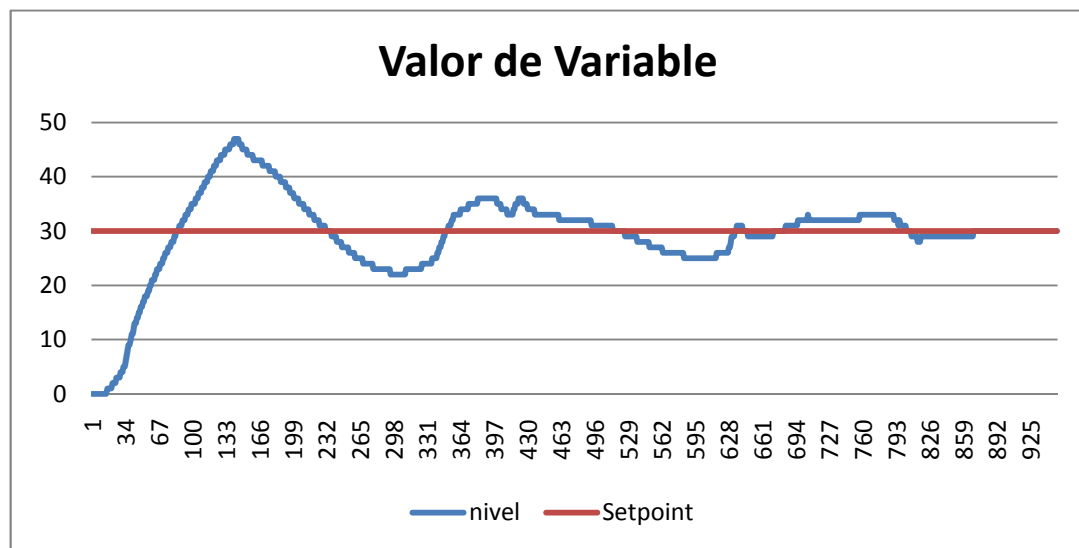


Figura 67. Graficas del Proceso nivel y setpoint

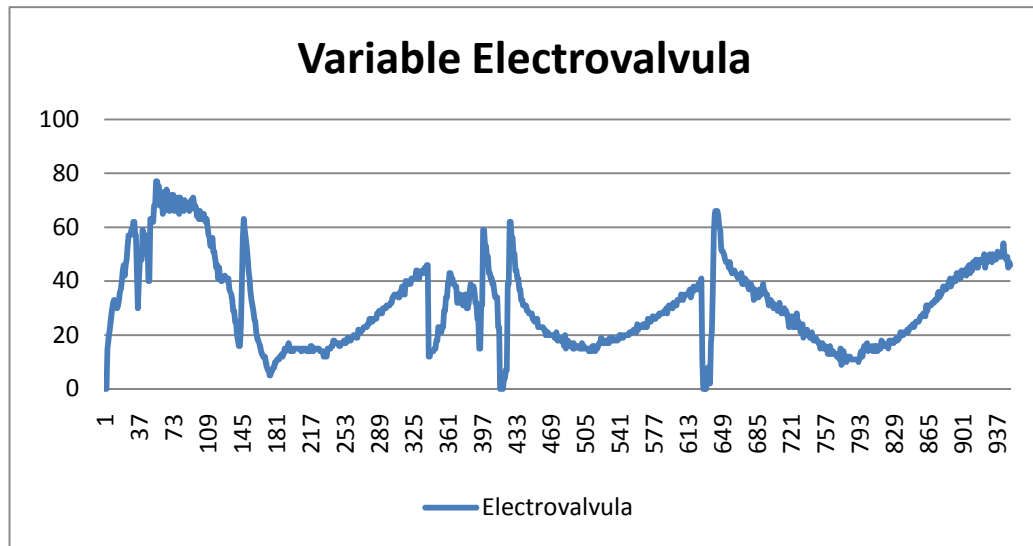


Figura 68. Graficas del Proceso Electroválvula

En la figura 69 se puede observar la parte física del trabajo final de este proyecto.



Figura 69. Resultado trabajo Final

8. CONCLUSIONES

En este trabajo se diseñó e implementó una estrategia de control y supervisión para un prototipo industrial de un sistema de tanques conectados serie, por medio de un PLC s7200, y utilizando el programa supervisorio Wincc flexible 2008.

El diseño del tablero de la planta se realizó pensando en los futuros problemas de conexión tales como, cables rotos, mal contacto, además del mantenimiento usual para este tipo de equipos, pues cada cable esta marcado, tanto su inicio como su fin, y así mismo dice de donde viene y hacia dónde va, lo que esperamos que permita solucionar más eficientemente cualquier problema que se presente.

Los programas realizados en el PLC permiten hacer las dos prácticas de laboratorio, los programas propuestos se realizaron con la menor líneas de programación y lo mas explicativas posibles para que sean comprensibles para cualquier estudiante.

Los variables utilizadas en la supervisión a través del Wincc son exportadas en un archivo en base de datos en Excel, las cuales se pueden importar a Excel para realizar todo tipo de análisis, seguimiento y conclusiones durante las prácticas realizas en el prototipo industrial.

La arquitectura propuesta en el Capítulo 2, como solución al problema de supervisión y control del proceso, fueron efectivamente implementadas en el PLC y en el software HMI para supervisión, a través de un servidor OPC. Esta arquitectura ampliamente utilizada en el entorno industrial está orientada a proveer una alta robustez, que podría ser estudiada en futuros trabajos.

Las practicas realizadas en el prototipo de industrial del sistema de tanques conectados en serie, permite al estudiante poner en prácticas los conocimientos adquiridos en la materia control automático, y le brinda una experiencia en equipos industriales, los diagrama de control y potencia, PLC, y supervisión para aplicarlos cuando estos se encuentran haciendo prácticas profesionales o laborando en empresas que tengas procesos automatizados. En este trabajo no se llegó a la prueba de las prácticas con un grupo de estudiantes, pero la implementación dejada permite que esta pueda ser realizada fácilmente por los profesores del área.

Un trabajo futuro que se puede realizar al prototipo industrial trabajado en este proyecto es la instalación de un segundo transmisor de presión diferencial para medir el nivel del tanque2, para el control del nivel de este, permitiendo así controlar los niveles de cada uno tanques, y posiblemente probar otras técnicas de control.

Otro aspecto futuro a mejorar es la sintonización del PID, es decir, implementar procedimientos a través del PLC para obtener mejores constantes de sintonización que harían un mejor control del sistema ante una perturbación, además, la implementación de nuevos laboratorios con este prototipo industrial sacándole de esta manera el mejor provecho.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]López Camargo, Luz Elena y Rico Roa, Carlos Arturo, **Control de nivel**, Tesis. Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia, 1999.
- [2] Siemens. Wincc flexible 2008. Getting Started Avanzado. Edición 04/2006
- [3] Siemens. Manual del sistema de automatización S7-200(Simatic Siemens).2004