

FECHA	
-------	--

NÚMERO RAE	
PROGRAMA	TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA

AUTOR (ES)	CARDENAS, José Tito; CARDENAS Ricardo Alfonso; MOLINA Miller Yamith; SALAZAR Juan Pablo; TORRES Alexander; VÁSQUEZ Juan Manuel.
TÍTULO	PLANTA PILOTO DE PROCESOS INDUSTRIALES

PALABRAS CLAVES	Planta piloto, autómatas programables, Instrumentación.

DESCRIPCIÓN	<p>Una planta piloto es una réplica a menor escala de una planta de procesos industriales, cuya finalidad es permitir la experimentación con el objetivo de obtener información sobre un proceso químico o físico y llegar a comprobar si la implementación de una planta de mayor tamaño resulta económicamente viable, adicionalmente la planta piloto permite probar nuevos productos, comprobar hipótesis, verificar el funcionamiento de un prototipo especial de planta en ingeniería.</p> <p>El sistema de control y monitoreo, se efectuará en una planta piloto que simula un proceso industrial, en este equipo se realiza la simulación de un control de nivel, presión y temperatura, visto de forma común en muchas fabricas.</p>

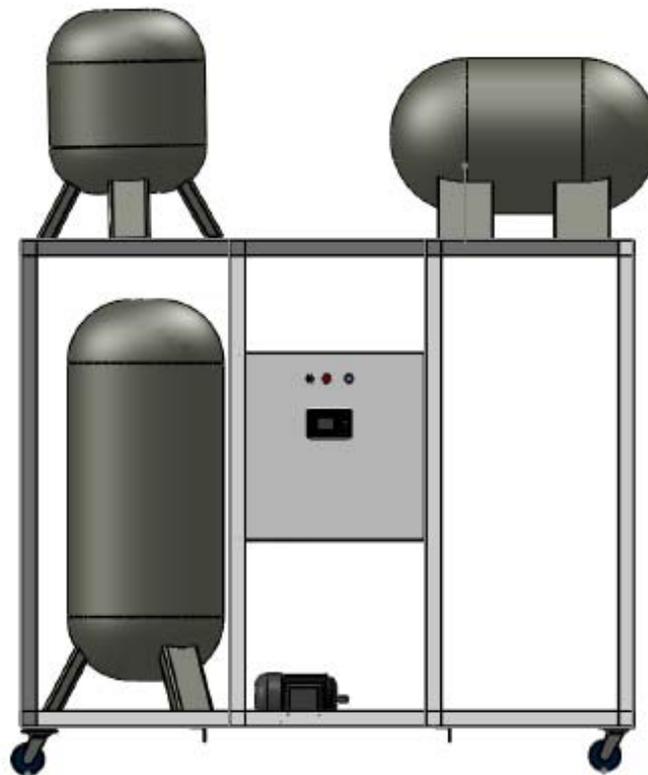
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	<p>MANDADO, Pérez Enrique. Autómatas programables y sistemas de automatización. Editorial Alfaomega. México. 2010.</p> <p>AMBARD, Ashok. Procesamiento de señales análogas y digitales. Segunda edición. Editorial Thomson. México 1981.</p> <p>SOISSON, Harold E. Instrumentación Industrial. Tercera edición: Editorial Limusa. México 1990.</p>

NÚMERO RAE	
PROGRAMA	Tecnología en Electrónica

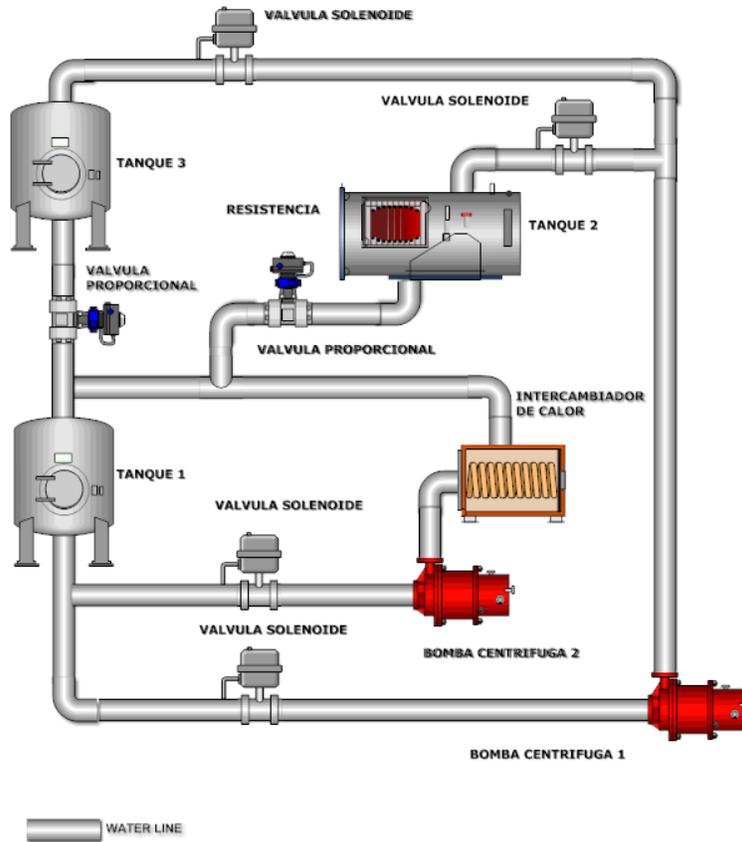
CONTENIDOS	Como el propósito del proyecto es implementar una Planta Piloto que permita simular procesos industriales, en el proyecto se ha dispuesto del segundo capítulo para la fundamentación.
------------	--

En el tercer capítulo se presenta la metodología que se va a implementar para el desarrollo del proyecto.

En el cuarto capítulo se presentan las consideraciones que se tuvieron en cuenta para la construcción de la planta piloto, de estas se eligió la configuración que se presenta a continuación.



Como la instrumentación es una parte importante de la planta, se adecuó la necesaria para poder recibir la información de variables como nivel y temperatura.



Paso siguiente a la instalación de la instrumentación, se realizaron las pruebas del sistema encontrando como resultado final, la planta observada en la figura.



NÚMERO RAE	
PROGRAMA	

<b>METODOLOGÍA</b>
<p>Para la implementación de la planta se hizo un análisis de la información sobre plantas de control encontradas a través de la web y de catálogos de empresas proveedoras de equipos o plantas de control.</p> <p>Las empresas proveedoras de bancos o plantas para el estudio de procesos industriales consultadas fueron las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• AMATROL: Esta empresa cuenta con una serie de bancos de control de procesos como el T552, T553, T554 y un sistema de control de proceso 950 – PC1.</li><li>• GUNT HAMBURG. Esta empresa cuenta con un sistema didáctico modular para las técnicas de regulación y mando denominado RT 450.</li><li>• FESTO DIDACTIC. Esta empresa cuenta con un sistema modular de estaciones de proceso y técnicas de regulación, que se ofrecen como equipo didáctico por módulos o paquete completo.</li></ul>

<b>CONCLUSIONES</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• La configuración implementada con los 3 tanques interactuantes, permite hacer una mayor cantidad de pruebas que el banco con que contaba la Universidad.</li><li>• El autómatas programable seleccionado e instalado, garantiza una capacidad de programa amplia para las diversas configuraciones que se pueden hacer al sistema de control de la planta piloto</li><li>• Hacer la programación de un ejemplo de funcionamiento del sistema de control de la planta piloto.</li><li>• La conexión a Ethernet que posee la CPU del autómatas, permite hacer un monitoreo de la planta a través de internet.</li><li>• La planta piloto cuenta con un manual de funcionamiento adecuado para la configuración del sistema de control de la planta.</li><li>• La puesta a punto de la planta piloto, permitió corregir pequeños errores de configuración.</li></ul>

**PLANTA PILOTO DE PROCESOS INDUSTRIALES**

**JOSE TITO CÁRDENAS  
RICARDO ALFONSO CÁRDENAS  
MILLER YAMITH MOLINA  
JUAN PABLO SALAZAR  
ALEXANDER TORRES  
JUAN MANUEL VÁSQUEZ**

**UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA, SEDE BOGOTÁ  
CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA Y TECNOLÓGICA  
TECNOLOGIA EN ELECTRONICA  
BOGOTA, NOVIEMBRE DE 2011**

**PLANTA PILOTO DE PROCESOS INDUSTRIALES**

**JOSE TITO CÁRDENAS  
RICARDO ALFONSO CÁRDENAS  
MILLER YAMITH MOLINA  
JUAN PABLO SALAZAR  
ALEXANDER TORRES  
JUAN MANUEL VÁSQUEZ**

**Proyecto de grado como requisito para optar al título de Tecnólogo en  
Electrónica**

**Asesor  
Uriel Augusto Muñoz Cepeda  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA, SEDE BOGOTÁ  
CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA Y TECNOLÓGICA  
TECNOLOGIA EN ELECTRONICA  
BOGOTA, NOVIEMBRE DE 2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

Como Autores de este proyecto, agradecemos a nuestras familias por su apoyo y colaboración a lo largo de nuestra carrera.

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>9#</b>
<b>1.# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>10#</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	10#
1.2 DESCRIPCION Y FORMULACION DEL PROBLEMA.....	11#
1.3 JUSTIFICACION .....	11#
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	12#
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	12#
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12#
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO.....	12#
1.5.1 ALCANCES.....	12#
1.5.2 LIMITACIONES.....	12#
<b>2.# MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>13#</b>
2.1 MARCO CONCEPTUAL O TEORICO .....	13#
2.1.5 AUTÓMATAS PROGRAMABLES .....	20#
2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO .....	26#
<b>3.# TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>29#</b>
<b>4.# DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>	<b>31#</b>
4.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO .....	32#
4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....	33#
4.2.1 ESTRUCTURA .....	33#
4.2.2 DEPÓSITOS. ....	34#
4.2.3 INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA .....	36#
4.2.4 SISTEMA DE CONTROL.....	39#
4.2.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL. ....	40#
4.2.5 CONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS AL AUTÓMATA PARA EL CONTROL DE LA PLANTA. ....	42#
4.2.6 PROGRAMACIÓN DEL AUTÓMATA PARA EL CONTROL DE LA PLANTA.....	50#
4.3 PRÁCTICAS DE LABORATORIO .....	64#
4.3.1 PRACTICA 1. CONTROL ON-OFF .....	64#
4.3.2 PRACTICA 2. CONTROL PID DE LA TEMPERATURA DEL AGUA EN UN TANQUE. ....	64#
4.3.3 PRACTICA 3. CONTROL PID DEL NIVEL TANQUES ACOPLADOS. ....	65#
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>67#</b>

**5.# BIBLIOGRAFIA..... 68#**

**6.# ANEXOS..... 69#**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Columna de destilación portátil .....	13#
Figura 2. Planta piloto derivados químicos S.A .....	14#
Figura 3. Planta.....	14#
Figura 4. Sistema en Bucle abierto.....	15#
Figura 5. Realimentación positiva.....	16#
Figura 6. Realimentación negativa .....	16#
Figura 7. Administrador SIMATIC .....	22#
Figura 8. Válvula de control típica (Honeywell) .....	23#
Figura 9. Estructura del Relé.....	25#
Figura 10. Relé de estado sólido .....	26#
Figura 11. Banco T5554 AMATROL. ....	29#
Figura 12. Banco RT450 GUNT HAMBURG. ....	29#
Figura 13. Banco RT450 GUNT HAMBURG. ....	30#
Figura 14. Banco de proceso. ....	31#
Figura 15. Primera alternativa .....	32#
Figura 16. Segunda alternativa .....	33#
Figura 17. Estructura de la planta.....	34#
Figura 18. Tanque 1.....	34#
Figura 19. Tanque 2.....	35#
Figura 20. Tanque 3.....	35#
Figura 21. Medidor Autonics.....	36#
Figura 22. Válvula proporcional DANFOSS .....	37#
Figura 23. Electroválvula Asco.....	37#
Figura 24. Sensor RTD tipo PT100 .....	38#
Figura 25. Interruptor de nivel SMD modelo FH 13-0000 .....	38#
Figura 26. Diagrama con la instrumentación de la planta.....	39#
Figura 27. Autómata VIPA 313SC.....	40#
Figura 28. Diagrama de la planta piloto.....	41#
Figura 29. Configuración final de la planta piloto. ....	42#
Figura 30. Diagrama eléctrico alimentación PLC.....	44#
Figura 31. Diagrama eléctrico entradas conexión sensores. ....	44#
Figura 32. Diagrama eléctrico conexión salidas módulo PLC.....	45#
Figura 33. Diagrama eléctrico conexión electroválvulas y motores. ....	45#
Figura 34. Configuración de la CPU 313 SC. ....	46#
Figura 35. Propiedades de la CPU 313 SC. ....	47#
Figura 36. Configuración de las entradas digitales de la CPU 313 SC. ....	47#
Figura 37. Características de las entradas análogas de la CPU 313 SC.....	48#
Figura 38. Valor de configuración para las entradas análogas de la CPU 313 SC. ....	48#
Figura 39. Selección del tipo de entradas que recibe el módulo de entradas análogas de la CPU 313 SC.....	49#
Figura 40. Configuración de las salidas análogas de la CPU 313 SC.....	49#
Figura 41. Configuración de la comunicación de la CPU 313 SC.....	50#
Figura 42. Estructura de los programas en STEP 7.....	51#

Figura 43. Estructura de los programas en STEP 7.....	55#
Figura 44. Diagrama de flujo para el ejemplo del proceso. ....	57#

## INTRODUCCION

Las diferencias presentadas entre lo que se desarrolla en las plantas de producción industrial y lo que se enseña en las instituciones de educación superior, ha llevado a estas últimas a implementar plantas piloto en sus laboratorios, con el propósito de que sus estudiantes desarrollen las competencias que el sector productivo requiere.

Una planta piloto es una réplica a menor escala de una planta de procesos industriales, cuya finalidad es permitir la experimentación con el objetivo de obtener información sobre un proceso químico o físico y llegar a comprobar si la implementación de una planta de mayor tamaño resulta económicamente viable, adicionalmente la planta piloto permite probar nuevos productos, comprobar hipótesis, verificar el funcionamiento de un prototipo especial de planta en ingeniería.

Debido a lo anterior, es necesario que la Universidad de San Buenaventura cuente con una planta piloto para que sus estudiantes realicen prácticas en un ambiente muy cercano al que se encuentra en la industria, lo que especialmente beneficiará a aquellos que nunca han tenido un acercamiento con los procesos industriales que allí se realizan, es por esto que al implementar una planta piloto que tiene como opción su control y monitoreo remoto, se suplirá en gran medida las limitaciones que traen los laboratorios de las instituciones de educación superior, ofreciendo la oportunidad en forma práctica y didáctica de acceder a un proceso industrial.

El sistema de control y monitoreo, se efectuará en una planta piloto que simula un proceso industrial, en este equipo se realiza la simulación de un control de nivel, presión y temperatura, visto de forma común en muchas fabricas.

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 ANTECEDENTES

Actualmente las plantas piloto o bancos para simulación de procesos industriales han tenido mayor acogida por las Instituciones de Educación Superior, internacionalmente se pueden mencionar varias instituciones como la Universidad Politécnica de Valencia España que cuenta con un banco de procesos industriales, la Facultad de Ingeniería Química y Biomolecular de la Universidad de Sydney con la Planta piloto de investigación hidrotérmica de biocombustibles NCRIS y la Universidad de Murcia con la planta piloto de la Facultad de veterinaria, lo que demuestra la importancia de estas en la formación superior.

A nivel nacional se conoce la implementación de plantas piloto para operaciones unitarias en institutos de investigación y en universidades, específicamente en programas de ingeniería química, química farmacéutica, ingeniería de alimentos, ingeniería ambiental e ingeniería agroindustrial.

Como ejemplo de lo anterior, se pueden mencionar la “planta piloto de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia, equipo piloto para destilación de alcohol Universidad Tecnológica de Pereira, Equipo piloto para destilación Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Planta piloto ingeniería Agroindustrial Universidad de Nariño, Planta para destilación de Alcohol ingeniería Química Universidad de Antioquia, Planta piloto de extracción multipropósito Universidad Jorge Tadeo Lozano, Planta piloto para procesamiento de marañón Universidad Jorge Tadeo Lozano, combustor para biodiesel ingeniería mecánica Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y un sistema modular didáctico para la simulación de procesos industriales de bajo costo en la Universidad Francisco de Paula Santander.

A nivel Universidad de San Buenaventura, en el año 2007 se desarrolló el proyecto “simulador de procesos industriales” con el propósito de construir prototipo de simulador de proceso industrial para el laboratorio de instrumentación y control de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá, sin embargo este no contaba con un sistema de control robusto ya que estaba montado en una tarjeta impresa con y con cables provisionalmente conectados lo que ocasiono que esta se quemara.

## **1.2 DESCRIPCION Y FORMULACION DEL PROBLEMA**

En muchas ocasiones se cree que lo que se enseña en las aulas de clase y laboratorios es aprendido por los estudiantes, sin embargo es frecuente encontrar que lo que es claro para el profesor no es claro para el estudiante y como uno de los motivos por lo cual esto sucede y no se aprende, es por la falta de recursos didácticos.

Pedagógicamente está demostrado, que un estudiante comprende cuando puede demostrar que integra correctamente lo que sabe con las nuevas situaciones. Por ello es importante propiciar y crear oportunidades que permitan transferir los aprendizajes a contextos diferentes.

Si bien las instituciones poseen equipos y laboratorios muy bien equipados, estos no permiten desarrollar prácticas como las de un ambiente real de trabajo, es por esto que las plantas piloto son el puente entre las situaciones que se dan en una institución de educación superior y lo sucedido en un puesto real de trabajo.

De acuerdo a la problemática expuesta y a las necesidades de la universidad, este proyecto tiene como finalidad comprobar si ¿la implementación de una planta piloto de procesos industriales que posea un sistema de conexión remota, facilita la comprensión de los sistemas de instrumentación y control a los estudiantes de los programas de ingeniería y tecnología de la Universidad de San Buenaventura?

## **1.3 JUSTIFICACION**

El poseer una planta piloto facilita a estudiantes y profesores, el desarrollo de prácticas de instrumentación industrial, sistemas de control y automatización industrial de procesos, de forma presencial y también permite el desarrollo de prácticas de forma independiente cuando el estudiante lo requiera.

Con la implementación de una planta piloto, se proporciona una herramienta de aprendizaje a profesores y estudiantes, que les permite manipular variables y poder observar los resultados de forma inmediata.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 Objetivo general.**

Implementar una Planta piloto como equipo didáctico en el laboratorio de Instrumentación Industrial de la Universidad de San Buenaventura que permita simular procesos industriales.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Evaluar y modificar el banco denominado simulador de proceso industrial como base proponer una nueva configuración para la planta.
- Instalar un autómata programable que permita controlar los dispositivos con que cuenta la planta piloto y que tenga la posibilidad de adicionarle un sistema de monitoreo remoto.
- Hacer un ejemplo de la programación del funcionamiento del sistema de control de la planta piloto.
- Instala la instrumentación necesaria para el funcionamiento de la planta piloto.
- Elaborar el manual de operación y mantenimiento de la planta piloto
- Realizar montaje, ajuste y puesta a punto de la planta piloto.

## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO**

### **1.5.1 Alcances**

Construir una planta piloto con tres tanques interactuantes de fácil desplazamiento que permita simular un proceso industrial y que permita realizar un control de nivel, control de temperatura y control proporcional.

### **1.5.2 Limitaciones**

La implementación de la planta está sujeta al presupuesto de los integrantes del proyecto y al periodo académico establecido para el desarrollo del mismo.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

Como el propósito del proyecto es implementar una planta piloto, se va a representar la finalización de un proceso industrial como pasteurización, y posterior limpieza a través del proceso CIP, donde se controlan las variables más importantes de la industria (presión, caudal, nivel y temperatura), es necesario comprender el funcionamiento de diversos elementos que se manejan en las plantas de producción industrial, por eso a continuación se hace una descripción de los componentes que se encuentran en este tipo de plantas.

### 2.1 MARCO CONCEPTUAL O TEORICO

Una planta piloto es la adaptación de un proceso productivo industrial a una escala intermedia entre laboratorio y una planta de producción a nivel industrial, generalmente este tipo de plantas se destinan a la investigación sobre la producción con el fin de obtener mejoras sobre el propio producto, mejoras al proceso productivo o incluso la obtención de nuevos productos, adicionalmente están destinadas al uso docente en instituciones de educación superior, lo que permite el acercamiento de la universidades a la industria.

**Figura 1. Columna de destilación portátil**



Un ejemplo del uso de plantas piloto en producción se puede encontrar en la empresa derivados químicos S.A con su planta piloto de electrólisis en la que se realiza experimentos de investigación y de producción.

**Figura 2. Planta piloto derivados químicos S.A**

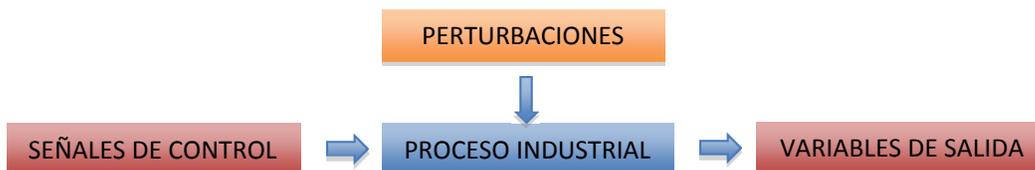


Las plantas piloto necesitan generalmente, estar monitorizadas y controladas para su correcto funcionamiento, para lograr este propósito, se emplean componentes de automatización que permiten realizar el control, monitoreo y supervisión de ellas.

#### 2.1.1 Control de procesos en las plantas industriales.

La mayoría de plantas industriales cuentan esencialmente con sistemas de instrumentación y de control, estos se clasifican en dos categorías principales: Una es la del control del proceso donde magnitudes tales como la temperatura, a nivel de líquido, flujo de fluido, presión se mantienen constantes, la otra forma de control, llamada servosistema, implica que alguna parte móvil tenga que colocarse de forma consistente y exacta o mantenerse a una velocidad constante.

**Figura 3. Planta**



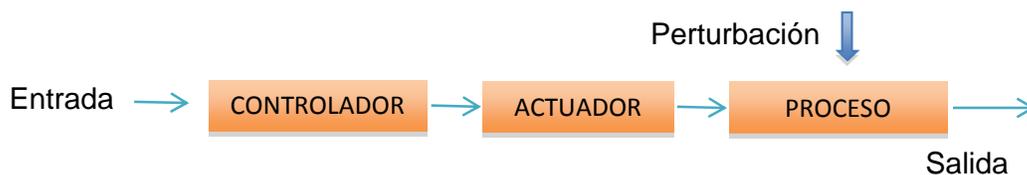
En un sistema de control, la planta es el ambiente en donde se encuentran los equipos y donde se lleva cabo el proceso. Se puede decir que es el conjunto de objetos físicos, en los cuales es necesario desarrollar acciones especialmente organizadas con el fin de lograr los resultados de funcionamiento y performance deseados: estos objetos van a ser controlados por medio de “acciones”.

Del mismo modo, las señales de control son aquellas acciones elaboradas por el sistema de control, o dadas por el operario, a través de las variables manipuladas.

La estrategia (acciones) de control hace alusión a la naturaleza y dirección de los lazos existentes entre las variables medidas y/o controladas y las variables de control, en estos sistemas se distinguen dos formas básicas o estrategias de control, una llamada en bucle abierto y otra en bucle cerrado.

2.1.1.1 Sistemas en bucle abierto. “Los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control se denominan sistemas de control en bucle abierto. La acción de control se calcula conociendo la dinámica del sistema, las consignas y estimando las perturbaciones. En esta estrategia de control se pueden compensar los retrasos inherentes al sistema anticipándose a las necesidades del usuario. Sin embargo, el bucle (lazo) abierto generalmente es insuficiente, debido a los errores en la estimación de perturbaciones. Por ello, es común la asociación de bucle cerrado y bucle abierto, de modo que el lazo cerrado permite compensar los errores generados por el lazo abierto”<sup>1</sup>.

**Figura 4. Sistema en Bucle abierto**



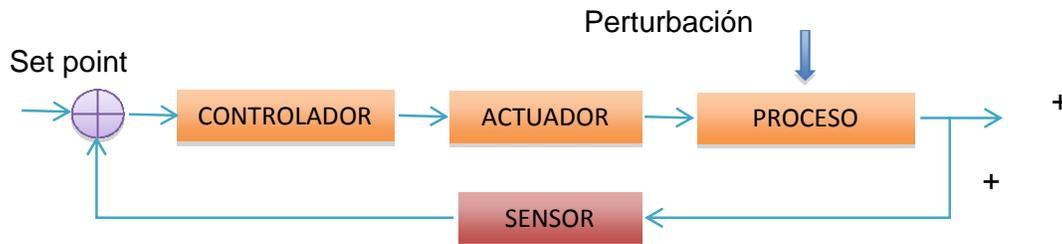
2.1.1.2 *Sistemas en bucle cerrado.* “Se dice que en un proceso industrial existe un sistema de control de bucle cerrado, cuando la señal de salida o parte de la señal de salida es realimentada y tomada como una señal de entrada al controlador. En este sistema existen dos tipos de realimentación: realimentación positiva y realimentación negativa.

---

<sup>1</sup>W.BOLTON. Instrumentación y control industrial. Capítulo 1. Editorial Paraninfo. España 1996.

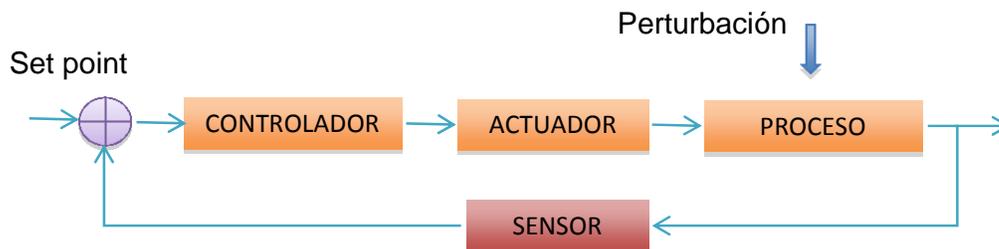
En los sistemas de realimentación positiva, la señal realimentada se suma a la señal de entrada; estos también se conocen como de acción regenerativa, no obstante no se aplican en el campo del control de procesos industriales.

**Figura 5. Realimentación positiva**



En los sistemas de realimentación negativa, la señal realimentada se resta de la señal de entrada, generando un error, el cual debe ser corregido. Este es el caso común utilizado en el campo del control de procesos industriales y se representa en la siguiente figura.

**Figura 6. Realimentación negativa**



### 2.1.2 Clasificación de los sistemas de control.

Los sistemas de control pueden ser clasificados, basándose en varios aspectos como su dimensión, el conocimiento de sus parámetros, el carácter de transmisión en el tiempo, la presencia de linealidad, el comportamiento en el tiempo y según sus aplicaciones, como se describe a continuación:

Según la dimensión, se catalogan como sistemas de parámetros concentrados descritos por ecuaciones diferenciales ordinarias y sistemas de parámetros distribuidos que requieren ecuaciones diferenciales con derivadas parciales.

De acuerdo al conocimiento de sus parámetros, se dividen en determinísticos y estocásticos.

Según el carácter de transmisión en el tiempo, se distinguen como sistemas continuos.

Conforme a la presencia de linealidad, se clasifican en sistemas lineales cuyo comportamiento esta definido por medio de ecuaciones diferenciales lineales (amplificador de señales) y sistemas no lineales como por ejemplo un horno.

De acuerdo con el comportamiento en el tiempo, estos actúan como sistemas invariantes en el tiempo y sistemas variantes e el tiempo

Finalmente si se tiene en cuenta su aplicación estos pueden ser servomecanismos o sistemas secuenciales.

### 2.1.3 características del control.

Existen formas y métodos a través de los cuales los sistemas de control pueden ser representados por medio de funciones matemáticas, esta representación recibe el nombre de modelamiento matemático , que se encarga de describir las características dinámicas del sistema a través de ecuaciones diferenciales.

De acuerdo a lo anterior el modelamiento puede ser analítico o experimental. Se dice que es analítico cuando se aplica las leyes físicas correspondientes a cada componente del sistema, que en conjunto forman una estructura o función matemática.

Asimismo se dice que es experimental cuando se identifican los parámetros mediante el análisis de datos de entrada y salida, estimando valores posibles que se ajusten al sistema.

A partir del modelamiento matemático, se puede llegar a una función que represente la relación entre salida y entrada del sistema, esta función se denomina función de transferencia.

El proceso experimental se denomina "Identificación de sistemas" de acuerdo a la planta o proceso a analizar y consiste en recoger datos de la variable de salida corresponde a la planta o proceso que se desea analizar

Para conocer el funcionamiento de una planta, en el análisis de una planta se debe llegar a conclusiones muy puntuales respecto a las siguientes características: estabilidad, exactitud, velocidad de respuesta, sensibilidad, alcanzabilidad, controlabilidad y observabilidad.

#### 2.1.4 Métodos de control.

Existen métodos y estrategias para realizar la acción de Control, los métodos de control clásico y moderno permiten al controlador reaccionar mandando una señal correctiva del error, mientras que las estrategias de control hacen más eficiente a la labor, ahorrando recursos y tiempo.

2.1.4.1 Métodos de control clásico. Son aquellos que esperan a que se produzca un error para luego realizar una acción correctiva. El error se presenta a causa de la diferencia de lectura entre la variable de salida sensada y la señal de referencia, este error está presente en todo momento, y la finalidad es minimizarlo. En algunos casos suele generarse un comportamiento oscilatorio alrededor del valor de referencia.

Los métodos de control clásico pueden ser: control ON-OFF, control proporcional (P), Control Integral (I), Control derivativo (D), control proporcional – integral (PI), control proporcional –derivativo (PD), control proporcional - integral – derivativo (PID).

Control ON-OFF. Este método solo acepta dos posiciones para el actuador, estas son encendido y apagado. La lógica de funcionamiento es tener un punto de referencia, si la variable es mayor el actuador asume una posición, y si la variable es menor el actuador asume otra posición. Un ejemplo de ello está en los sistemas de seguridad contra robos, las neveras caseras, el aire acondicionado.

Control Integral. En un controlador con acción de control integral, el valor de la salida del controlador se cambia a una razón proporcional a la señal de error. En el control proporcional de una planta, cuya función de transferencia no posee un integrador, hay un error en estado estable, o desplazamiento (offset), en la respuesta para una entrada en escalón. Tal offset se elimina si se incluye la acción de control integral en el controlador. En el control integral de una planta, la señal de control, que es la señal de salida a partir del controlador, es, en todo momento el área bajo la curva de la señal de error hasta tal momento. La señal de control tiene un valor diferente de cero cuando la señal de error es cero. Esto es imposible en el caso del controlador proporcional, dado que una señal de control diferente de cero requiere de una señal de error diferente de cero. (Una señal de error diferente de cero en estado estable significa que hay una equivalencia). La acción integral, aunque elimina el offset o el error en estado estable, puede conducir a una respuesta

oscilatoria de amplitud decreciente lenta o, incluso, de amplitud creciente, y ambos casos, por lo general, se consideran inconvenientes.”<sup>2</sup>

Control Derivativo. Cuando una acción de control derivativa se agrega a un controlador proporcional, aporta un medio de obtener un control con alta sensibilidad. Una ventaja de usar una acción de control derivativa es que responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande. Por tanto, el control derivativo prevé el error, inicia una acción correctiva oportuna y tiende a aumentar la estabilidad del sistema. Aunque el control derivativo no afecta en forma directa el error en estado estable, añade amortiguamiento al sistema y, por tanto, permite el uso de un valor más grande que la ganancia, lo cual provoca una mejora en la precisión en estado estable. Debido a que el control derivativo opera sobre la velocidad de cambio del error, y no sobre el error mismo, este modo nunca se usa solo. Siempre se emplea junto con una acción de control proporcional o proporcional – integral. El control derivativo es esencialmente de previsión, mide la velocidad instantánea del error, predice el sobrepaso significativo adelantándose en el tiempo y produce una respuesta adecuada antes de que ocurra un sobrepaso demasiado grande.”<sup>3</sup>

Control PID. La combinación de una acción de control proporcional, una acción de control integral y una acción de control derivativa se denomina acción de control proporcional-integral-derivativa (PID). Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. Cuando se produce una perturbación del sistema, se observa que la acción proporcional consigue estabilizar el sistema manteniendo constante el valor de la variable a controlar, pero estando desplazado este valor respecto al punto de consigna (offset). Si combinamos la acción integral junto con la proporcional, observamos que las primeras oscilaciones de los sistemas son mayores, ya que sumamos las respuestas obtenidas por la acción proporcional a la obtenida por la integral, consiguiendo eliminar el offset. Si se combina las acciones proporcional y derivativa, el efecto originado por la perturbación sobre el sistema es menos acusado, y se obtiene antes la estabilización del valor de la variable. Pero no conseguimos eliminar por completo el offset. Por último, si tenemos las tres acciones, se consigue estabilizar rápidamente el valor de la variable, eliminar el offset y que la perturbación del sistema sea pequeña. Los controladores actuales son equipos que por regla general se utilizan para

---

<sup>2</sup> Ibid. p.213, 214.

<sup>3</sup> Ibid. p. 225, 226.

los diversos lazos de control. La adaptación del controlador a un lazo concreto se realiza mediante el ajuste del controlado, que consiste en asignar valores a estas constantes de forma que el lazo de control gobernado por el controlador responda adecuadamente a las perturbaciones externas. Un controlador se puede considerar ajustado, cuando un cambio en el set point o en las condiciones de trabajo del lazo de control, produce como máximo 3 o 4 oscilaciones del valor de la variable alrededor del set point. Para el ajuste de los controladores existen diversos procedimientos, pero el ajuste final hay que realizarlo de forma experimental, siendo muy importante la experiencia del operario que realiza el ajuste. El procedimiento más general consiste, normalmente en hacer trabajar el controlador solamente con la acción proporcional. Comenzar el ajuste con un % BP grande. A partir de este momento disminuir la BP (aumentar la ganancia), hasta que con un cambio en el punto de consigna, la variable a controlar comience a oscilar con amplitud constante.”<sup>4</sup>

#### 2.1.5 Autómatas programables.

El PLC o controlador lógico programable, es un sistema de control de estado sólido que monitorea la condición de los equipos que están conectados como entradas. Basado en un programa almacenado en memoria escrita por el usuario controla el estado de los equipos que están conectados como salidas.<sup>5</sup>

La memoria RAM es un tipo de memoria que se caracteriza por su extremada rapidez, en ella podemos leer y escribir cuantas veces queramos; su única pega es que pierde todo su contenido si le quitamos la alimentación. El microprocesador del PLC utiliza esta memoria para escribir los datos (estado de las entradas, órdenes de salida, resultados intermedios,...) y recurre a ella para leer el programa. No se utiliza otro tipo de memoria (la EPROM, por ejemplo) porque, aunque tienen la ventaja de no perder los datos cuando no tienen alimentación, son memorias más lentas y que requieren procesos más complicados para su borrado y grabación: otra de las ventajas de la memoria RAM es que no necesitamos borrar los datos que contiene, escribimos directamente los nuevos datos sobre los que ya tiene grabados<sup>6</sup>

Sensor. Relaciona a todos los dispositivos que convierten el valor de una magnitud física (presión, flujo, temperatura, etc.) en una señal

---

<sup>4</sup> Ibid. p.217, 254.

<sup>5</sup> <http://www.emagister.com>

<sup>6</sup> [http://www.unicrom.com/tut\\_plc1.asp](http://www.unicrom.com/tut_plc1.asp) Luis González López

eléctrica codificada ya sea en forma analógica o digital. También son llamados transductores. Los sensores ó transductores analógicos, envían por lo regular señales normalizadas de 0 a 5 voltios, 0 a 10 voltios o 4 a 20 mA. El sensor, o elemento de medición, es un dispositivo que convierte la variable de salida en otra variable manejable, tal como un desplazamiento, una presión, o un voltaje, que pueda usarse para comparar la salida con la señal de entrada de referencia. Este elemento está en la trayectoria de realimentación del sistema en lazo cerrado. El punto de ajuste del controlador debe convertirse en una entrada de referencia con las mismas unidades que la señal de realimentación del sensor o elemento de medición. En un proceso industrial, el controlador detecta la señal de error, que por lo general, está en un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel lo suficientemente alto. La salida de un controlador automático se alimenta a un actuador, tal como un motor o una válvula neumáticos, un motor hidráulico, o un motor eléctrico. Dado que las características dinámica y estática del sensor o del elemento de medición afecta la indicación del valor real de la variable de salida, el sensor cumple una función importante para determinar el desempeño general del sistema de control. Por lo general el sensor determina la función de transferencia en la trayectoria de realimentación. Si las constantes de tiempo de un sensor son insignificantes en comparación con otras constantes de tiempo del sistema de control, la función de transferencia del sensor simplemente se convierte en una constante.”<sup>7</sup>

2.1.5.1 Software de Programación STEP 7. Es un software de programación que asiste en las fases de creación de soluciones de automatización, tales como:

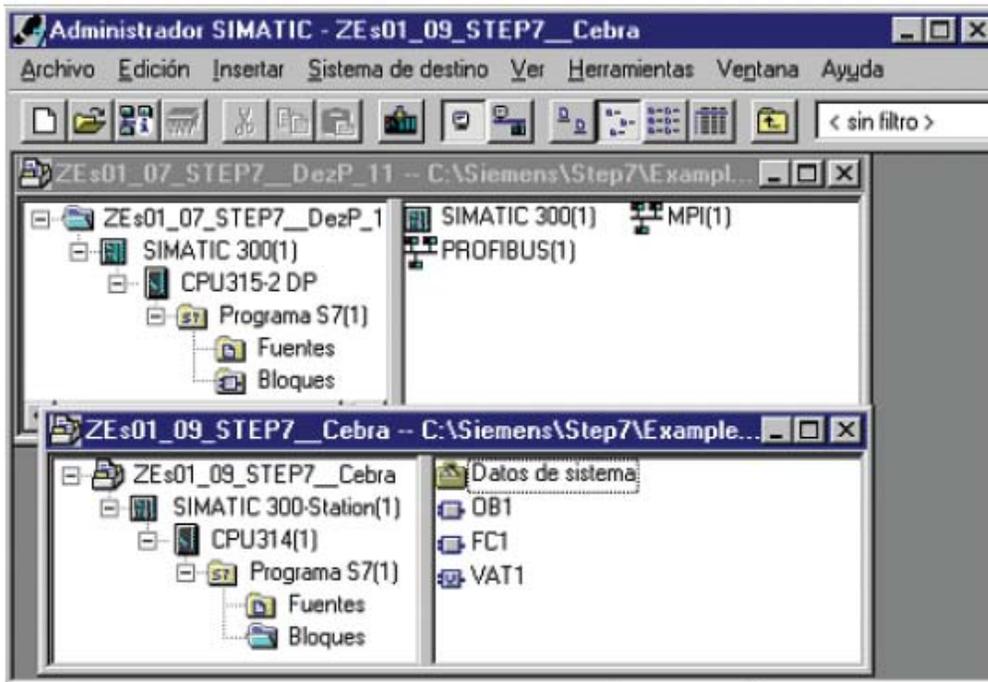
- Crear y gestionar proyectos
- Configurar y parametrizar el hardware y la comunicación
- Gestionar símbolos
- Cargar programas en sistemas de destino S7.
- Comprobar el sistema automatizado.
- Diagnosticar fallos de la instalación.

Al iniciar un proyecto en el STEP 7 se abre la ventana del administrador SIMATIC; de forma estándar arranca el asistente del STEP 7, el cuál ayuda a crear el proyecto. Los proyectos elaborados en este software se estructuran de tal modo que permiten depositar de forma ordenada todos los datos y programas que se necesitan durante la programación.

---

<sup>7</sup> OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderno. Tercera edición, Prentice Hall, México 1998,

Figura 7. Administrador SIMATIC



2.1.5.1 Lenguajes de programación. El STEP 7 cuenta con los lenguajes de programación KOP, AWL y FUP que son parte integral del software.

- KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico; la sintaxis de sus instrucciones es similar a la de un esquema de circuitos. El KOP permite observar la circulación de la corriente a través de contactos, elementos complejos y bobinas.
- AWL (lista de instrucciones) es un lenguaje de programación textual orientado a la máquina. En el AWL, las instrucciones equivalen en gran medida a los pasos con los que la CPU ejecuta el programa, para facilitar la programación AWL se ha ampliado con estructuras de lenguaje de alto nivel tales como accesos estructurados a datos y parámetros de bloques.

Segm. 1: KOP (esquema de contactos)

Apropiada, entre otros, para usuarios que provienen de la industria electrotécnica



Segm. 1: AWL (lista de instrucciones)

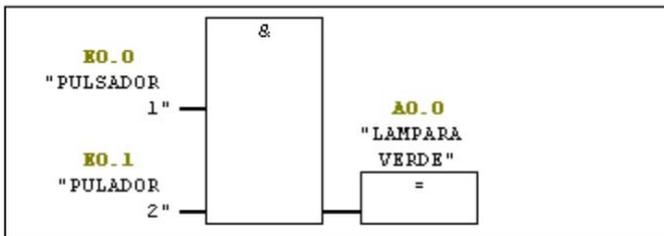
Apropiada, entre otros, para usuarios que provienen del campo de la Informática

U	"PULSADOR 1"	EO.0
U	"PULADOR 2"	EO.1
=	"LAMPARA VERDE"	AO.0

- FUP (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación gráfico que utiliza los cuadros del algebra booleana para representar la lógica. Así mismo, permite representar funciones complejas mediante cuadros lógicos.

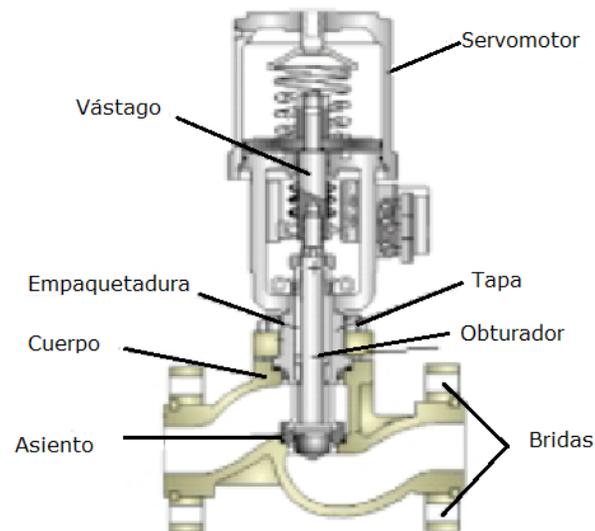
Segm. 1: FUP (diagrama de funciones)

Apropiada, entre otros, para usuarios que estén familiarizados con la técnica de circuitos



2.1.5.2 Válvulas de control. En los procesos industriales las válvulas de control juegan un papel muy importante en el bucle de regulación. Realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida comportándose como un orificio de área completamente variable. Dentro del bucle de control tiene tanta importancia como el elemento primario el transmisor y el controlador. En la figura 8 puede verse una válvula de control típica.

Figura 8. Válvula de control típica (Honeywell)



2.1.5.3 Bombas. Una bomba es una máquina hidráulica generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud. Existe una ambigüedad en la utilización del término bomba, ya que generalmente es utilizado para referirse a las máquinas de fluido que transfieren energía, o bombean fluidos incompresibles, y por lo tanto no alteran la densidad de su fluido de trabajo, a diferencia de otras máquinas como lo son los compresores, cuyo campo de aplicación es la neumática y no la hidráulica. Pero también es común encontrar el término bomba para referirse a máquinas que bombean otro tipo de fluidos, así como lo son las bombas de vacío o las bombas de aire.

Según el tipo de accionamiento:

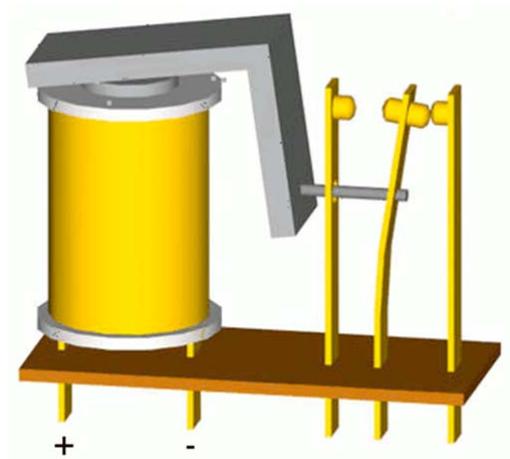
- Electrobombas. Genéricamente, son aquellas accionadas por un motor eléctrico, para distinguirlas de las motobombas, habitualmente accionadas por motores de explosión
- Bombas neumáticas que son bombas de desplazamiento positivo en las que la energía de entrada es neumática, normalmente a partir de aire comprimido.
- Bombas de accionamiento hidráulico, como la bomba de ariete o la noria.
- Bombas manuales. Un tipo de bomba manual es la bomba de balancín.<sup>8</sup>

2.1.5.3 Elementos de mando. Dentro de los elementos de mando y control, se encuentra el relé o relevador, del francés relais, es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835.

---

<sup>8</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_hidr%C3%A1ulica](http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_hidr%C3%A1ulica)

**Figura 9. Estructura del Relé**



Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores". De ahí "relé".<sup>9</sup>

RELE DE ESTADO SOLIDO. Se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un optoacoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico; este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

<sup>10</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

**Figura 10. Relé de estado sólido**



Los SSR nos dan muchas ventajas en comparación a los relés de contactos electromecánicos: son más livianos, silenciosos, rápidos y confiables, no se desgastan, son inmunes a los choques y vibraciones, generan muy pocas interferencias, conmutan altas corrientes y voltajes sin producir arcos, proporcionan varios kilovoltios de aislamiento entre la entrada y la salida.

Como desventajas tienen: son muy costosos los modelos comerciales, son dispositivos de una sola posición. Esto significa que un solo SSR no puede conmutar al mismo tiempo varias cargas independientes como lo hacen los relés<sup>11</sup>

## **2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO**

Las plantas piloto no se encuentran limitadas por una normatividad específica, sin embargo se indican algunas normas que están relacionados con los procesos que se pretenden representar.

**Norma ANSI A13.1.** Las tuberías que conducen fluidos deben estar señalizadas con la dirección del fluido y un código de colores acorde con el tipo de producto transportado.

Existen diversos códigos de colores diseñados para identificar los fluidos (líquidos y gaseosos) transportados. Para complementar la identificación de las líneas de proceso, se utilizan cintas de demarcación que cumplan con las normas del código de colores.

---

<sup>11</sup> [http://www.electronica-electronics.com/Circuitos/SSR\\_-\\_Relay\\_de\\_estado\\_solido.html](http://www.electronica-electronics.com/Circuitos/SSR_-_Relay_de_estado_solido.html)

En estos casos la señalización se coloca, en lugares de fácil visualización que identifique el tipo de fluido y su dirección.

El cambio de colores se puede aplicar a criterio de la empresa, siempre que el escogido sea bien conocido por todos los trabajadores de la planta.

**2.1.2 Norma ISA.** De acuerdo con la Norma Isa, al realizar un plano de instrumentación, a cada instrumento se le asigna un icono identificado con un código alfa numérico llamado TAG number, el cual debe cumplir con ciertas características denominadas “identificación funcional del instrumento”. La norma específica para esta representación es la es ANSI/ISA-S5.1-1984(R-1992).

#### **Identificación funcional del instrumento.**

- Todas las letras de la identificación funcional deben estar en mayúsculas.
- El número de letras a emplear no deben ser mayor a cuatro.
- La identificación de un instrumento o función equivalente está conformada de letras tomadas de la tabla CS ISA 01, que incluye una primera letra para designar la variable bajo medición, que puede ser acompañada por una letra modificadora, como por ejemplo TDT (transmisor diferencial de temperatura). La segunda letra es la función secundaria del instrumento y la tercera letra la función principal que también puede ser acompañada con una letra modificadora, como por ejemplo **TSH** que indica como función principal del instrumento la temperatura; un ejemplo de esto es **TDAL** que contiene las siguientes modificaciones: letra **D** cambia la variable medida **T** en una nueva variable “diferencial de temperatura”, la letra **L** restringe la función pasiva **A**, que representa solo una alarma de nivel bajo de diferencial de temperatura.

**Numeración de lazos.** Un lazo de instrumentación está constituido por un conjunto de instrumentos interconectados y relacionados con una variable de proceso de interés. La identificación de un lazo implica asignarle a este un número único, de esta manera se puede completar la identificación de un instrumento al agregarle el número del lazo al que pertenece. La identificación del instrumento se llama **TAG**.

Un ejemplo típico de TAG es el siguiente:

TAG NUMBER: **LI 60** la interpretación es **60**: número de lazo y **LI**: identificación funcional.

La numeración del lazo puede ser paralela o serial. La numeración paralela involucra comenzar una secuencia numérica para cada nueva primera letra, así por ejemplo **TIC-100, FRC-100 LIC-100, TIC-101, AI-100**, etc.

**Identificación de lazos según su función.** Los lazos pueden clasificarse según su propósito, así una estación manual de control y una válvula de control forman un lazo de control manual. Un transmisor y un indicador forman un lazo de medición manual, Un lazo de medición representa la conexión de instrumentos que nacen en una variable de proceso y terminan en un instrumento que puede procesar la señal original (por ejemplo registrar o controlar).

Asimismo un lazo de actuación representa la conexión de instrumentos que nacen en un controlador y terminan en un elemento final de control (por ejemplo una válvula de control)

### 3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la implementación de la planta se hizo un análisis de la información sobre plantas de control encontradas a través de la web y de catálogos de empresas proveedoras de equipos o plantas de control.

Las empresas proveedoras de bancos o plantas para el estudio de procesos industriales consultadas fueron las siguientes:

- AMATROL: Esta empresa cuenta con una serie de bancos de control de procesos como el T5552, T5553, T5554 y un sistema de control de proceso 950 – PC1.

**Figura 11. Banco T5554 AMATROL.**



- GUNT HAMBURG. Esta empresa cuenta con un sistema didáctico modular para las técnicas de regulación y mando denominado RT 450.

**Figura 12. Banco RT450 GUNT HAMBURG.**



- FESTO DIDACTIC. Esta empresa cuenta con un sistema modular de estaciones de proceso y técnicas de regulación, que se ofrecen como equipo didáctico por módulos o paquete completo.

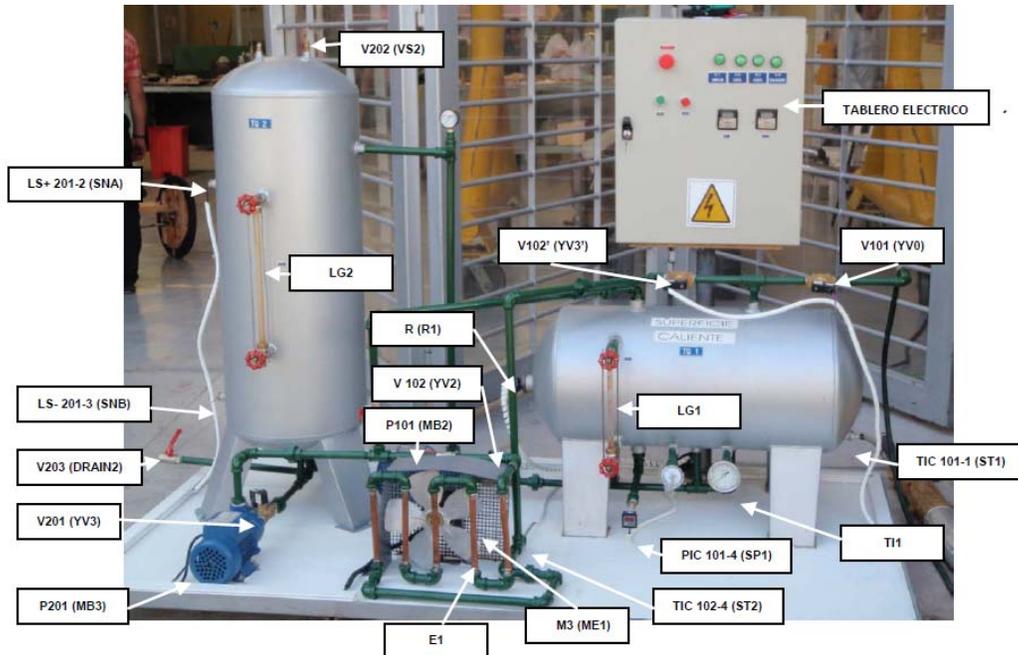
**Figura 13. Banco RT450 GUNT HAMBURG.**



## 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el desarrollo de la Planta piloto, se realizó como primera actividad el análisis del funcionamiento del banco de control de procesos existente en la Universidad, el cual se utilizó como insumo del proyecto.

**Figura 14. Banco de proceso.**



Entre las limitaciones que se encontraron en este proyecto se destacan:

- Limitación en el sistema de control on-off.
- Sensores de nivel solo para control on-off.
- Válvulas de control on-off
- Posibilidad de simulación de un solo proceso

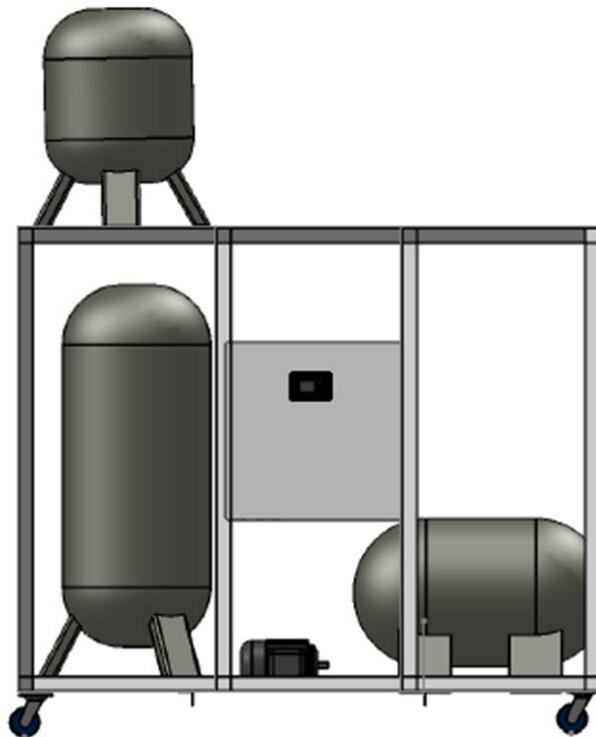
Teniendo en cuenta lo anterior y con el propósito de dar solución a la problemática planteada, se evaluaron inicialmente varias alternativas que permitieran obtener una planta piloto que satisficiera los requerimientos de formación en control de procesos, manipulación de sistemas de instrumentación Industrial y programación de autómatas programables, y que se adaptaran a los equipos y recursos existentes en la Universidad. La valoración de las alternativas de diseño se aprecia a continuación.

#### 4.1 ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

- **Primera alternativa.** Como primera alternativa se pensó en una distribución de tres tanques interactuantes, como se observa en la siguiente figura.

En esta propuesta se plantea una distribución en la que del primer tanque denominado principal y el segundo tanque están ubicados en el primer nivel, mientras que el tercer tanque se ubica en un segundo nivel. La disposición de los tanques permite que desde el tanque 1, se envíe con ayuda de una bomba agua fría a un segundo tanque para ser calentada y retornada controladamente al tanque 1 o enviar desde el tanque 1 al tanque 3 agua fría para ser almacenada y dosificada gradualmente al tanque 1.

**Figura 15. Primera alternativa**

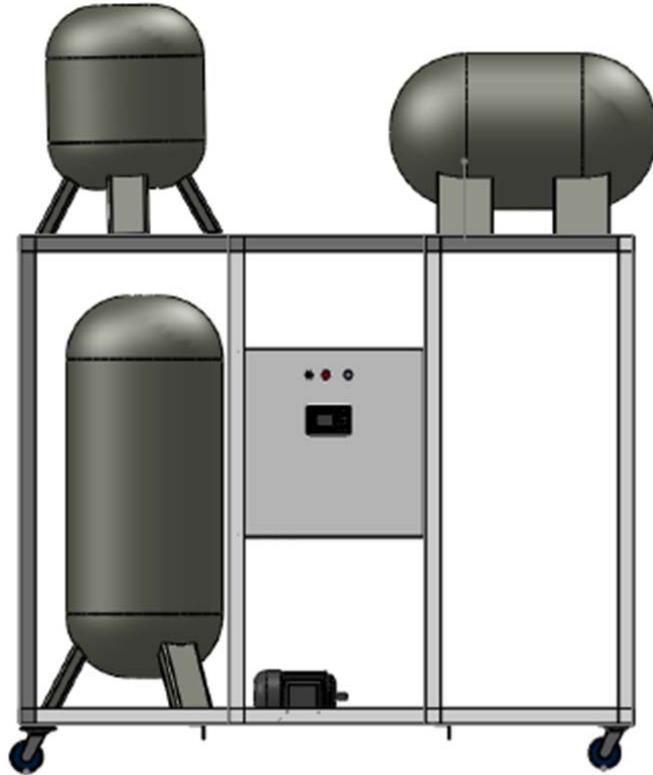


- **Segunda alternativa.** Esta alternativa cuenta también con una distribución de tres tanques interactuantes, pero se diferencia de la primera en que el primer tanque (principal) se ubica en el primer nivel, y el segundo y tercer tanque se encuentran en el segundo nivel, como se observa en la figura.

En esta propuesta, la distribución y ubicación de los tanques 2 y 3, permite realizar una mezcla controlada de líquido caliente del tanque 2 y agua fría del tanque 3 al tanque 1 con detección de nivel, asimismo se puede realizar

un ejercicio de control por separado entre el tanque 1 y el tanque 2 o entre el tanque 1 y el tanque 3.

**Figura 16. Segunda alternativa**

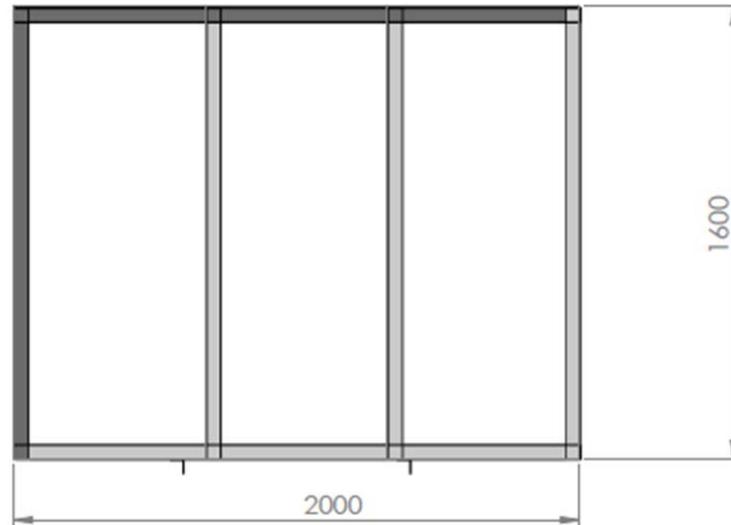


Después de evaluar las dos alternativas propuestas de configuración de la planta piloto y teniendo en cuenta que uno de los objetivos de esta es la fundamentación en sistemas de control, se eligió la segunda alternativa por ser más versátil al permitir un mayor número de configuraciones de sistemas de control.

## **4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.**

**4.2.1 Estructura.** Para el montaje de los tanques, tablero de control, las bombas, sistema de enfriamiento y demás dispositivos, se construyó una estructura en dos niveles en perfil con sección transversal en ángulo recto, laminado en caliente de alas iguales, SAE 1020. La forma y dimensiones de la estructura se aprecian en la presente figura.

**Figura 17. Estructura de la planta**



**4.2.2 Depósitos.** La planta piloto cuenta con tres tanques fabricados en lámina HOT ROLLED de 1/8 de pulgada de espesor. Las dimensiones de los tanques son las siguientes:

- Tanque 1: Es el encargado de recibir el líquido proveniente de la red de agua potable, su capacidad está determinada por la siguiente fórmula.  
 $V = 3.1416 r^2 h.$   
 $V = 3,1416 (625) \times 700$   
 $V = 1374450 \text{ cm}^3 \times 0,001\text{L/cm}^3 = 1375 \text{ L}$

**Figura 18. Tanque 1**



- Tanque 2: Este cuenta con una resistencia encargada de calentar el agua o el líquido contenido, hasta una temperatura de 70°C. Como el objetivo es calentar el líquido y no dejarlo llegar hasta la temperatura de ebullición, se envía el valor de la escala de temperatura a un modelo de PT 100 del autómatas programable.

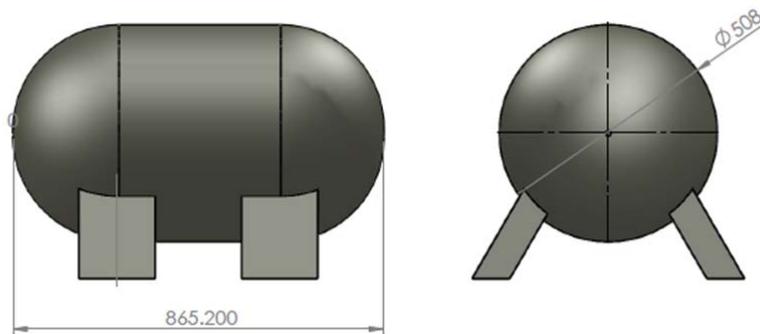
El volumen del tanque 2 es el siguiente

$$V= 3,1416 r^2h$$

$$V=3,1416 (625) \times 400$$

$$V= 785400 \text{ cm}^3 \times 0,001\text{L/cm}^3 = 785 \text{ L}$$

**Figura 19. Tanque 2**



- Tanque 3: En él se deposita únicamente el fluido que es bombeado desde el tanque 1, su función es facilitar una cantidad de líquido proporcional a una receta establecida por el operario.

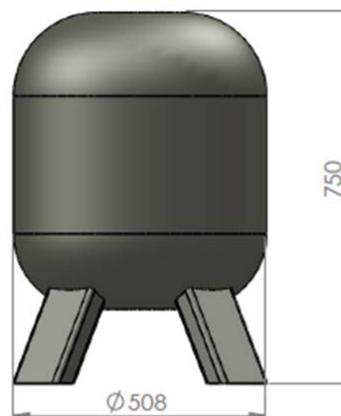
El volumen del tanque 3 es el siguiente

$$V= 3,1416 r^2h$$

$$V=3,1416 (625) \times 300$$

$$V= 589050 \text{ cm}^3 \times 0,001\text{L/cm}^3 = 589 \text{ L}$$

**Figura 20. Tanque 3**



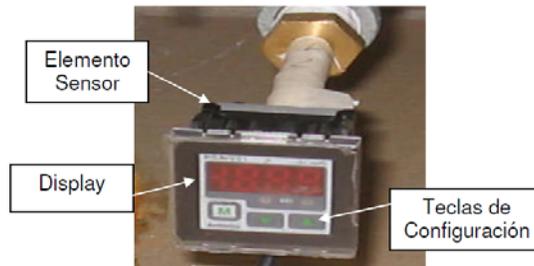
### 4.2.3 Instrumentación de la planta.

La planta de procesos cuenta con medidores de nivel, temperatura, válvulas y otros implementos que se describen a continuación:

- Transmisor de nivel o presión:

Cantidad	2
Marca	Autonics
Modelo	PSAV01
Alimentación	12-24 VDC +/-10%
Salida	1-5 VDC +/- 0.2%
Resolución	17200 aprox.
Rango	0-100%
Tiempo de respuesta	2.5 ms
Máxima temperatura	100°F

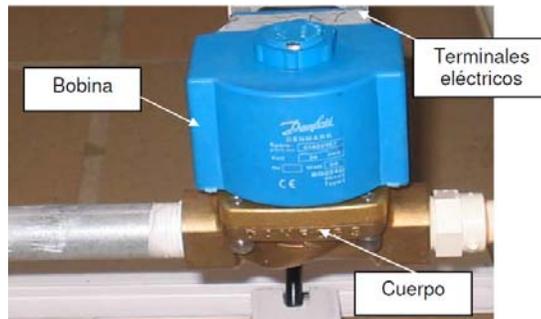
**Figura 21. Medidor Autonics**



- Válvula de control proporcional

Cantidad	2
Marca	Danfoss
Modelo	1- 06-02
Diámetro de conexión	1/2"
Alimentación	21-30 VDC
Señal	4-20mA
Fluido	Líquidos neutros de 50 csc máximo
Protección	IP 67
Respuesta	Señal mínima válvula cerrada
Máxima presión	16 Bar
Presión diferencial	0,5 a 10 Bar
Temperatura del fluido	10 a 80°C, ambiente -25A. 50°C.

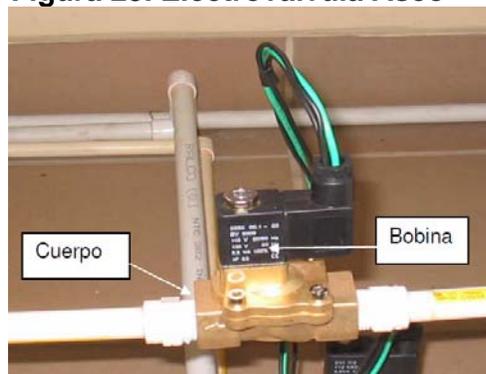
**Figura 22. Válvula proporcional DANFOSS**



- Electroválvulas

Cantidad	5
Marca	Asco
Modelo	8210
Diámetro de conexión	1/2"
Alimentación	120 VAC
Acción	On-OFF
Respuesta	Falla cierre
Rango	0 – 100 PSI
Máxima presión	150 PSI
Presión diferencial	0 a 150 PSI
Máxima temperatura	150°C

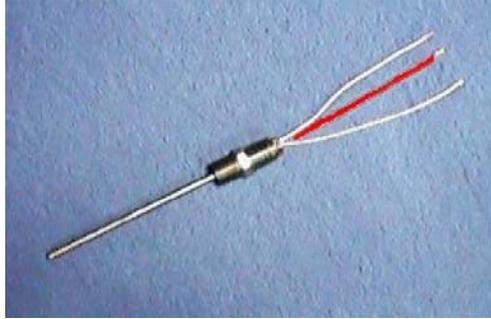
**Figura 23. Electroválvula Asco**



- Sensor de temperatura

Cantidad	2
Tipo	PT 100
Número de hilos	3
Longitud del bulbo	12"
Diámetro del Bulbo	1/4"
Diámetro de la toma	1/2"
Tipo de conexión	NPT

**Figura 24. Sensor RTD tipo PT100**



- Resistencia

Cantidad	1
Tipo	calentador
Número de líneas	4
Longitud del sensor	12"
Diámetro del Bulbo	¼"
Diámetro de la toma	1"
Tipo de conexión	NPT

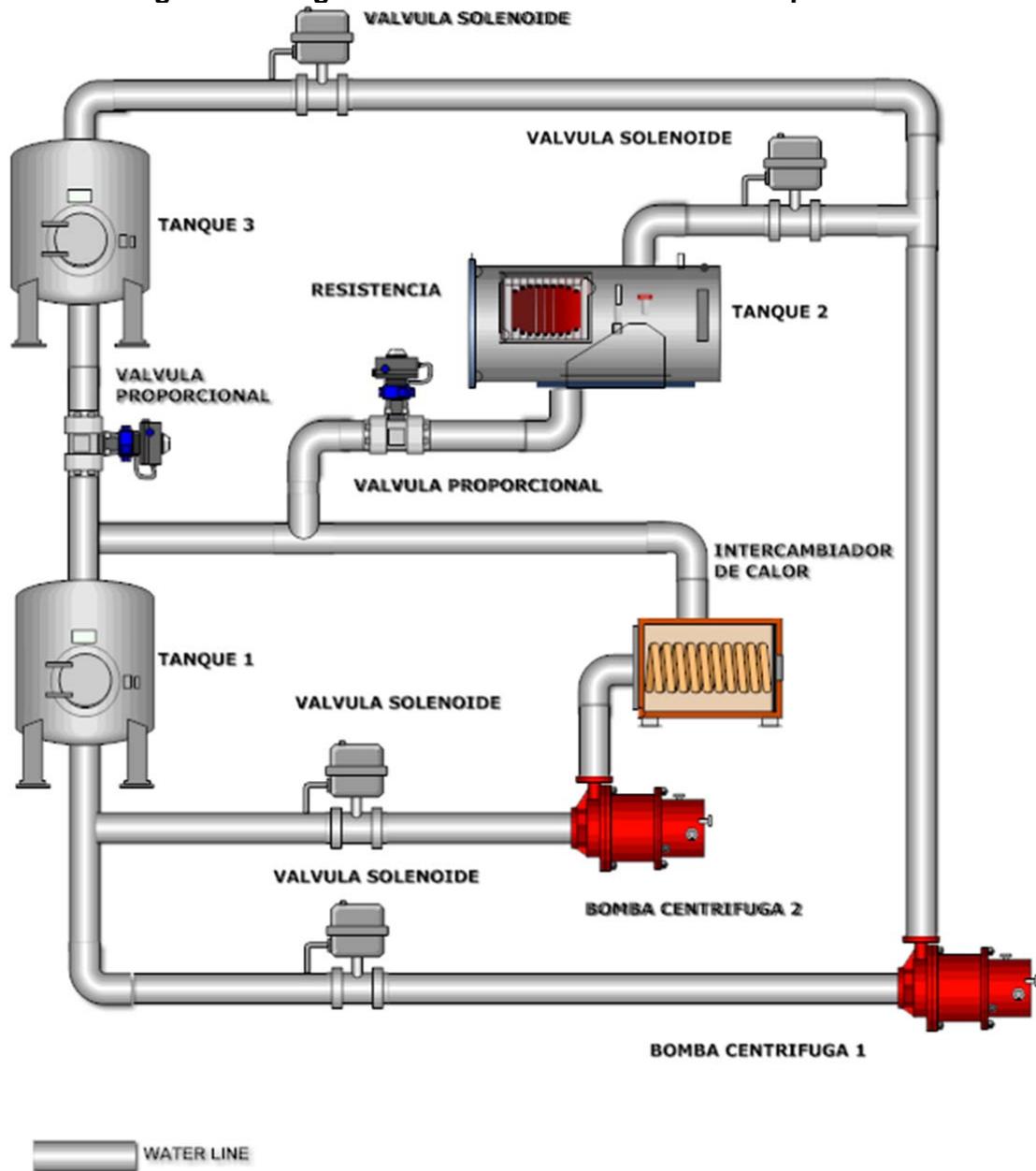
- Interruptor de nivel

Marca	SMD
Diámetro de conexión	½"
Tipo de conexión	NPT
Fluido	Agua
Modelo	FH 13-0000
Contacto	NC
Alimentación	24 VDC
Acción	On-Off
Máxima potencia	50 Watt
Máxima corriente	0,5 A
Máxima presión	75 PSI
Máximo voltaje	250 VDC
Máxima temperatura	125 °C

**Figura 25. Interruptor de nivel SMD modelo FH 13-0000**



Figura 26. Diagrama con la instrumentación de la planta.



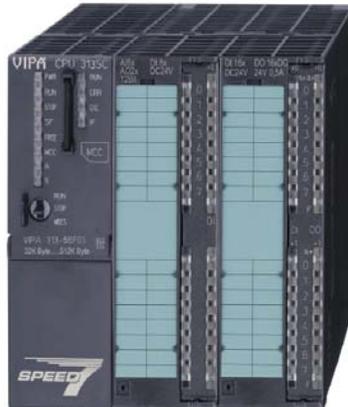
#### 4.2.4 Sistema de control.

Para manipular el sistema de control, la planta piloto cuenta con un autómata programable marca VIPA. La CPU de este autómata cuenta con una CPU 313 SC Speed7 con las siguientes características:

- Entradas digitales 24x 24vdc
- Salidas digitales 16x 24vdc a 0,5A.
- Entradas analógicas 4x 12 bit de corriente-tensión, 1 entrada a PT100.
- Salidas analógicas 2x12 bit

Esta CPU posee una interface Ethernet a 107100 Mbps, puerto MPI de alta velocidad y ½ puertos PTP RS-485/profibus DP master y como característica adicional, se puede programar con el software STEP7 de Siemens.

**Figura 27. Autómata VIPA 313SC.**



#### **4.2.4 Funcionamiento del sistema de control.**

La descripción del funcionamiento de la planta de control es la siguiente: Por intermedio de una válvula solenoide ingresa agua al tanque 1 (principal), cuando el agua llega al nivel superior se desenergiza 1 el solenoide y energiza la válvula solenoide 2 que permite la entrada a la bomba 1 y de inmediato se enciende el motor de la misma. De la salida de la bomba el fluido es conducido a por medio de una tubería al tanque 2 o al tanque 3. La selección se hace a través de dos válvulas solenoides.

Cuando el tanque 2 y 3 han llegado al nivel indicado, se inicia el calentamiento del agua en el tanque 2, por intermedio de una resistencia, con ayuda de una PT 100 se toma la señal de temperatura y cuando esta llega al valor establecido, se envía la señal al PLC para que se inicie el ciclo de dosificación.

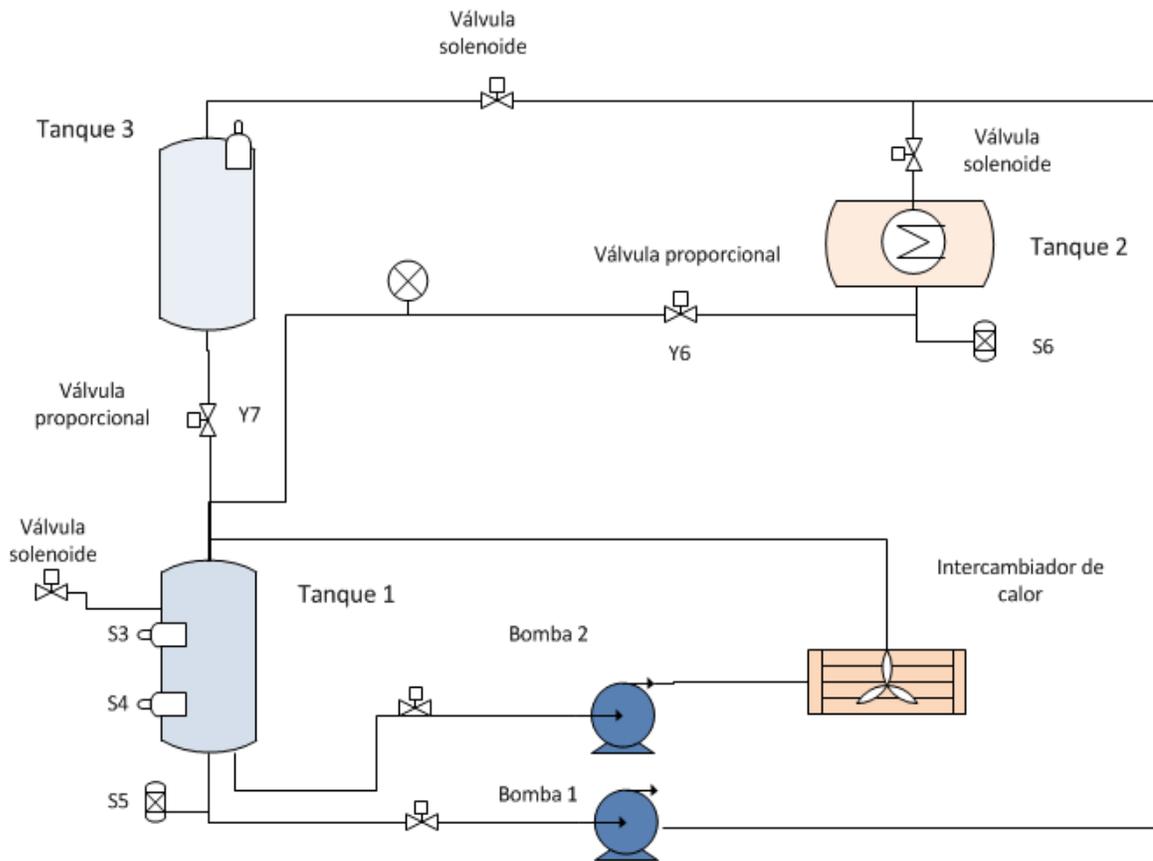
Del tanque 2 se proporciona una cantidad de agua caliente al tanque uno con ayuda de una válvula proporcional, asimismo del tanque 3 se dosifica agua fría también con una válvula proporcional al tanque 1.

El operario debe programar la cantidad deseada de agua proveniente de los tanques 1 y 2. El control de la mezcla se hace con ayuda de un sensor de nivel que está ubicado en el tanque 1.

En cada uno de los tanques se encuentra la instrumentación que permite hacer el control de nivel y el control de temperatura como es el caso del tanque 2.

- Tanque 1 control nivel on-off y control y control de nivel análogo.
- Tanque 2 control de nivel análogo y control de temperatura.
- Tanque 3 control de nivel on-off

**Figura 28. Diagrama de la planta piloto.**



La configuración final de la planta piloto se aprecia en la siguiente figura. En ella se observa la distribución de los 3 tanques interactuantes, la ubicación de las bombas, el intercambiador de calor, las válvulas proporcionales, los sensores de temperatura y sensores de presión.

**Figura 29. Configuración final de la planta piloto.**



#### **4.2.5 Conexión de los dispositivos al autómatas para el control de la planta.**

Como paso inicial para la programación del autómatas VIPA 313 SC, se elaboro una lista de asignaciones, en donde se relaciona las conexiones de la instrumentación que posee la planta con las entradas y salidas del PLC.

Elemento	Designación (símbolo)	Operando (dirección)	Comentario
Pulsador	S1	E0.0	Start-inicio
Pulsador	S2	E0.1	Stop
Sensor digital de nivel	S3	E0.2	Nivel bajo tanque 1
Sensor digital de nivel	S4	E0.3	Nivel alto tanque 1

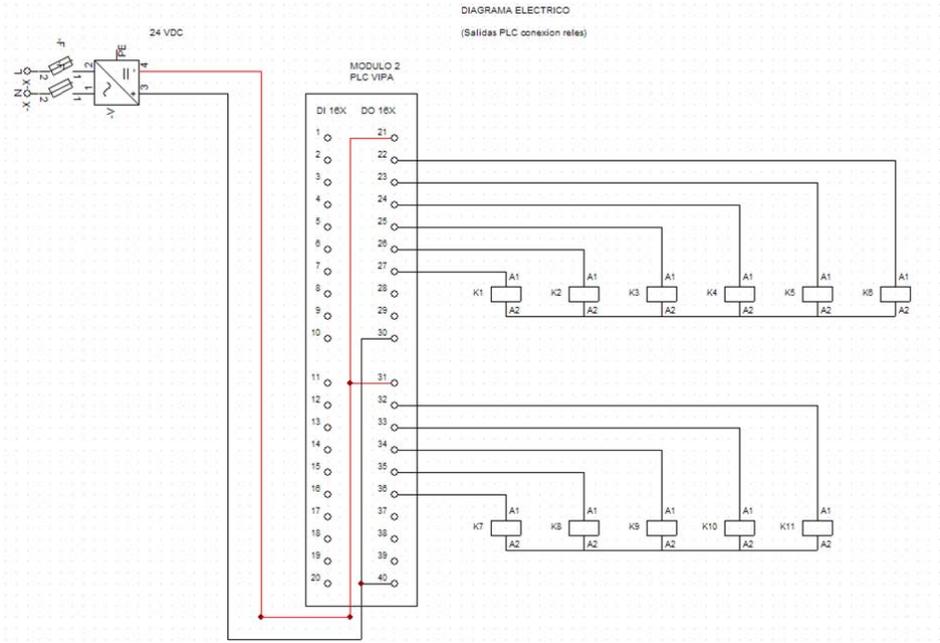
Elemento	Designación (símbolo)	Operando (dirección)	Comentario
Sensor análogo de nivel presión hidrostática	S5	PIW 100	Nivel análogo tanque 1
Sensor análogo de nivel presión hidrostática	S6	PIW 102	Nivel análogo tanque 2
Sensor de temperatura	S7	PIW 104	Temperatura tanque 1
Sensor de temperatura	S8	PIW 106	Temperatura tanque 2
Relé energizar Electroválvula 1 (on-off)	K1	Q0.0	Control entrada agua tanque 1
Relé energizar Electroválvula 2 (on-off)	K2	Q0.1	Control ingreso agua bomba 1
Relé energizar Electroválvula 3 (on-off)	K3	Q0.2	Control ingreso agua bomba 2
Relé energizar Electroválvula 4 (on-off)	K4	Q0.3	Control ingreso agua tanque 2
Relé energizar Electroválvula 5 (on-off)	K5	Q0.4	Control ingreso agua tanque 3
Válvula proporcional	Y6	PQW 100	Control proporcional salida agua tanque 2
Válvula proporcional	Y7	PQW 102	Control proporcional salida agua tanque 3
Contactador energizar motor	KM1	Q0.5	Control energía de la bomba 1
Contactador energizar motor	KM2	Q0.6	Control energía de la bomba 2
Relee de estado sólido	KM3	Q0.7	Energizar resistencia para calentar el agua
Relé activar ventilador	K6	Q0.8	Energizar ventilador para refrigerar el sistema.

Como segundo paso, se presentan los diagramas de conexión del autómata con los accesorios e instrumentos que conforman la planta, como se observa a continuación.

El primer diagrama muestra la conexión de la fuente con el autómata VIPA 313 SC .

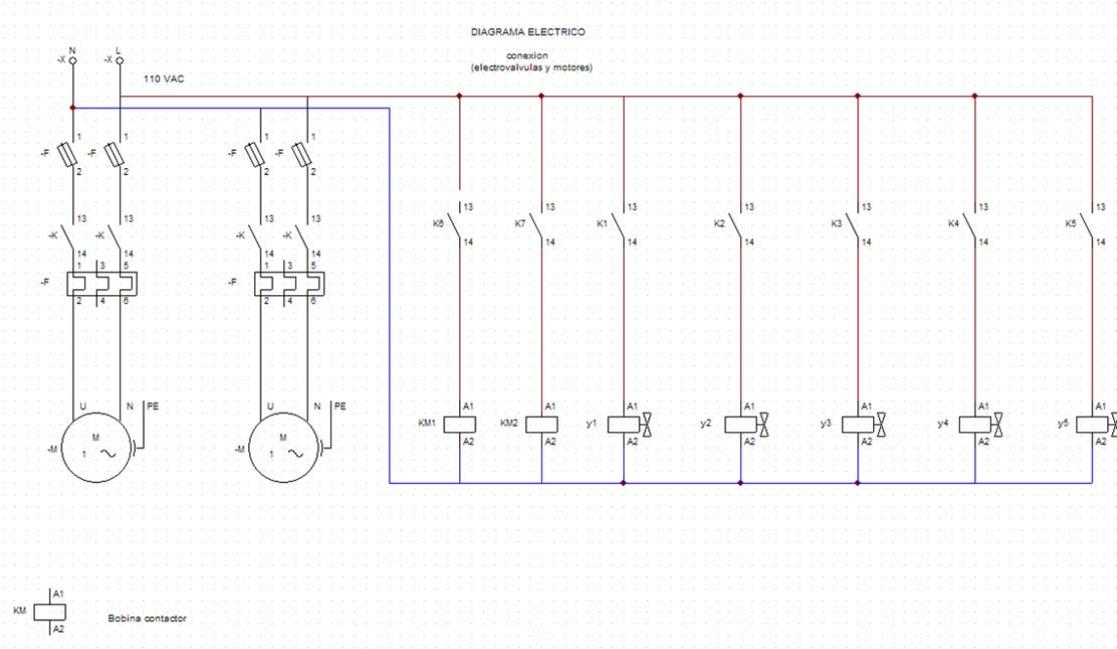


**Figura 32. Diagrama eléctrico conexión salidas módulo PLC.**



En el diagrama 4 se aprecia la conexión de las electroválvulas y motores que operan a 110VAC.

**Figura 33. Diagrama eléctrico conexión electroválvulas y motores.**

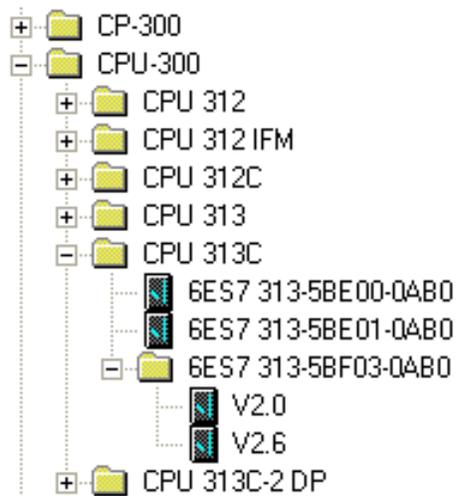


Para realizar la programación de la CPU VIPA 313 SC (313 -5BF13) se realiza la configuración en el software de programación del STEP 7, de acuerdo con el procedimiento que presentado a continuación.

- 1- Crear un nuevo proyecto e insertar un equipo Simatic 300, creando a la vez la configuración del hardware.
- 2- Del catalogo de siemens se añade en el Simatic 300 un bastidor 300.

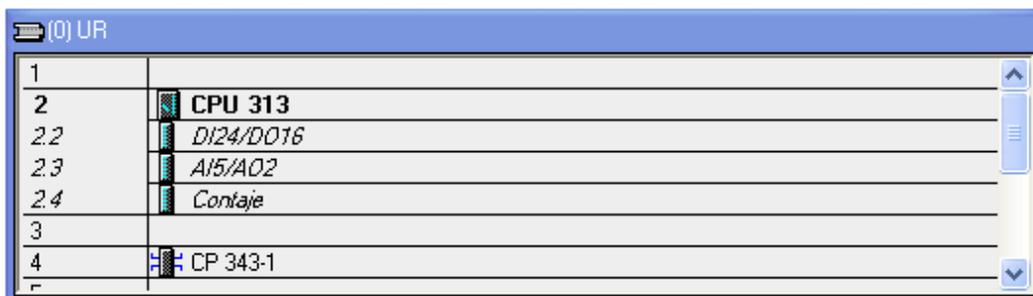


- 3- Añadir la CPU 6ES7 313-6CF03-OABO V2.0



Memoria de trabajo 64KB; 0,1ms/1000 instr.; DI24/DO16; AI5/AO2 integradas; 3 salidas de impulsos (2,5kHz); conteo y medición a 3 canales con encoders incrementales 24V (30kHz); conexión MPI; configuración en varias filas de hasta 31 módulos; firmware V2.0.

**Figura 34. Configuración de la CPU 313 SC.**



La configuración establecida se puede apreciar mejor en la siguiente diapositiva - propiedades de la CPU 313.

**Figura 35. Propiedades de la CPU 313 SC.**

Alarmas horarias	Alarmas cíclicas	Diagnóstico / Reloj	Protección	Comunicación
General	Arranque	Ciclo / Marca de ciclo	Remanencia	Alarmas

Nombre abreviado: CPU 313C

Memoria de trabajo 64KB; 0,1ms/1000 instr.; DI24/DO16; AI5/AO2 integradas; 3 salidas de impulsos (2,5kHz); contaje y medición a 3 canales con encoders incrementales 24V (30kHz); conexión MPI; configuración en varias filas de hasta 31 módulos; firmware V2.0

Referencia/Firmware: 6ES7 313-5BF03-0AB0 / V2.0

Nombre: CPU 313

Interface

Tipo: MPI

Dirección: 2

Conectado: No

Propiedades...

Comentario:

Aceptar Cancelar Ayuda

Las propiedades del bloque de entradas y salidas digitales, de esta CPU se aprecian enseguida.

**Figura 36. Configuración de las entradas digitales de la CPU 313 SC.**

General	Direcciones	Entradas
---------	-------------	----------

Nombre abreviado: DI24/DO16

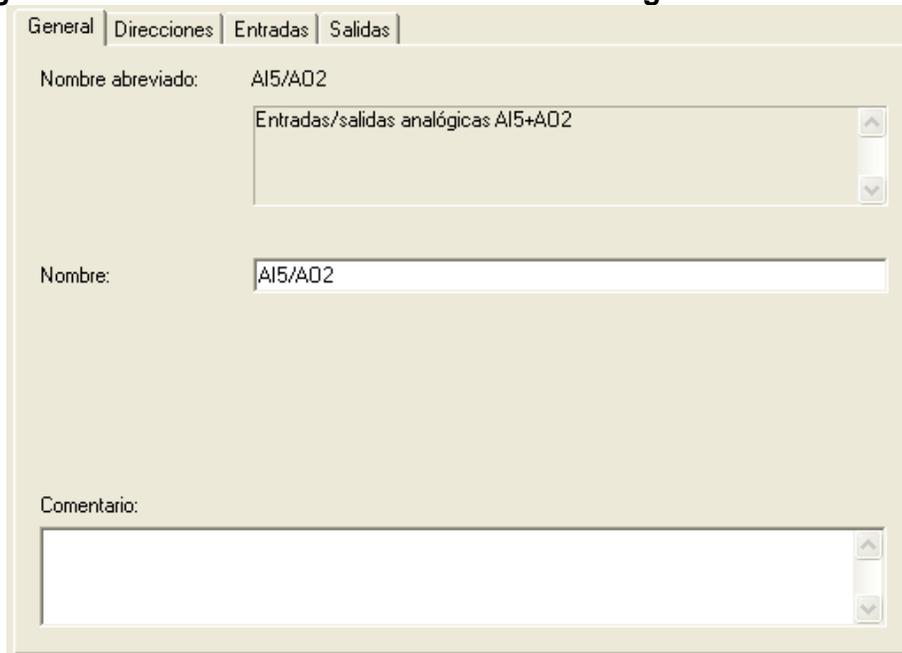
Entradas/salidas digitales DI24+DO16

Nombre: DI24/DO16

Comentario:

Para la configuración del bloque de entradas y salidas análogas del PLC, se procede de la siguiente forma: Primero se hace click en el bloque AI5 /AO2 como aparece a continuación.

**Figura 37. Características de las entradas análogas de la CPU 313 SC.**



General | Direcciones | Entradas | Salidas

Nombre abreviado: AI5/AO2

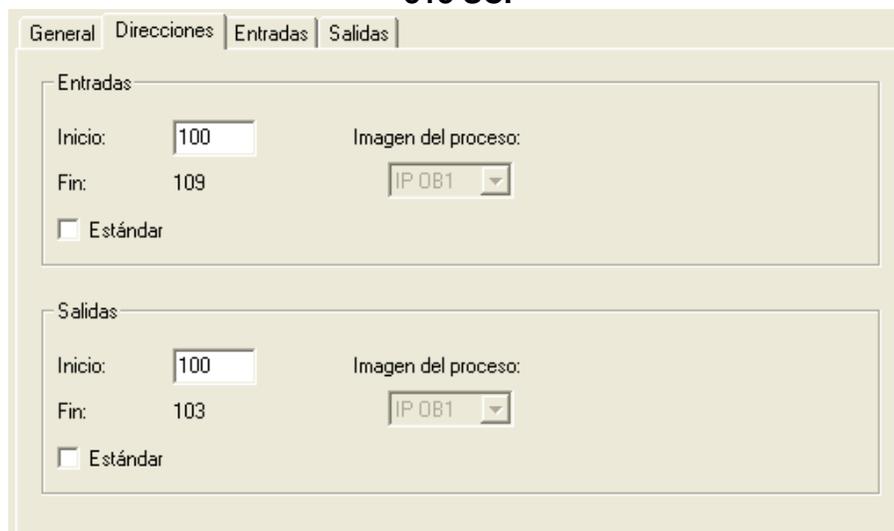
Entradas/salidas análogas AI5+AO2

Nombre: AI5/AO2

Comentario:

En seguida se especifica el valor en el cual van a empezar las entradas y las salidas análogas.

**Figura 38. Valor de configuración para las entradas análogas de la CPU 313 SC.**



General | Direcciones | Entradas | Salidas

Entradas

Inicio: 100 Imagen del proceso: IP 0B1

Fin: 109

Estándar

Salidas

Inicio: 100 Imagen del proceso: IP 0B1

Fin: 103

Estándar

En la pestaña denominada margen, se configuran las entradas de los sensores de presión y de la PT 100. Para los primeros se selecciona una señal de 4-20 mA y el quinto canal se elige la PT100.

**Figura 39. Selección del tipo de entradas que recibe el módulo de entradas análogas de la CPU 313 SC.**

Entrada	0	1	2	3	4
Medición					
Tipo:	I	I	I	I	I
Margen:	4..20 mA				
Frecuencias perturbadoras	50 Hz				

Para el caso de las salidas, se elige en la pestaña tipo I (corriente) y en margen de 4-20 mA.

**Figura 40. Configuración de las salidas análogas de la CPU 313 SC.**

Salida	0	1
Tipo:	I	I
Margen:	4..20 mA	4..20 mA

- 4- Seleccionar la opción del menú guardar y compilar.
- 5- Cargar la configuración en la CPU, mediante el interface MPI ó Ethernet (si se ha asignado una IP previamente mediante "sistema de destino=editar estaciones Ethernet).

Para realizar el paso anterior, se configura la comunicación de la CPU 343 -1.

**Figura 41. Configuración de la comunicación de la CPU 313 SC.**

General | Direcciones | Opciones | Diagnóstico

Nombre abreviado: CP 343-1

S7 CP para Industrial Ethernet ISO y TCP/IP con interface SEND-RECEIVE y FETCH-WRITE, datos largos, UDP, TCP, ISO, comunicación S7, routing y cambio de componentes sin PG, 10/100 Mbit, Inicialización vía LAN, IP-Multicast, firmware V2.0

Referencia/Firmware: 6GK7 343-1EX11-0XE0 / V2.0

Nombre: CP 343-1

Interface

Tipo: Ethernet

Dirección: 192.168.0.1

Conectado: Sí Propiedades...

Conexión posterior

Dirección MPI: 3

Comentario:

Aceptar Cancelar Ayuda

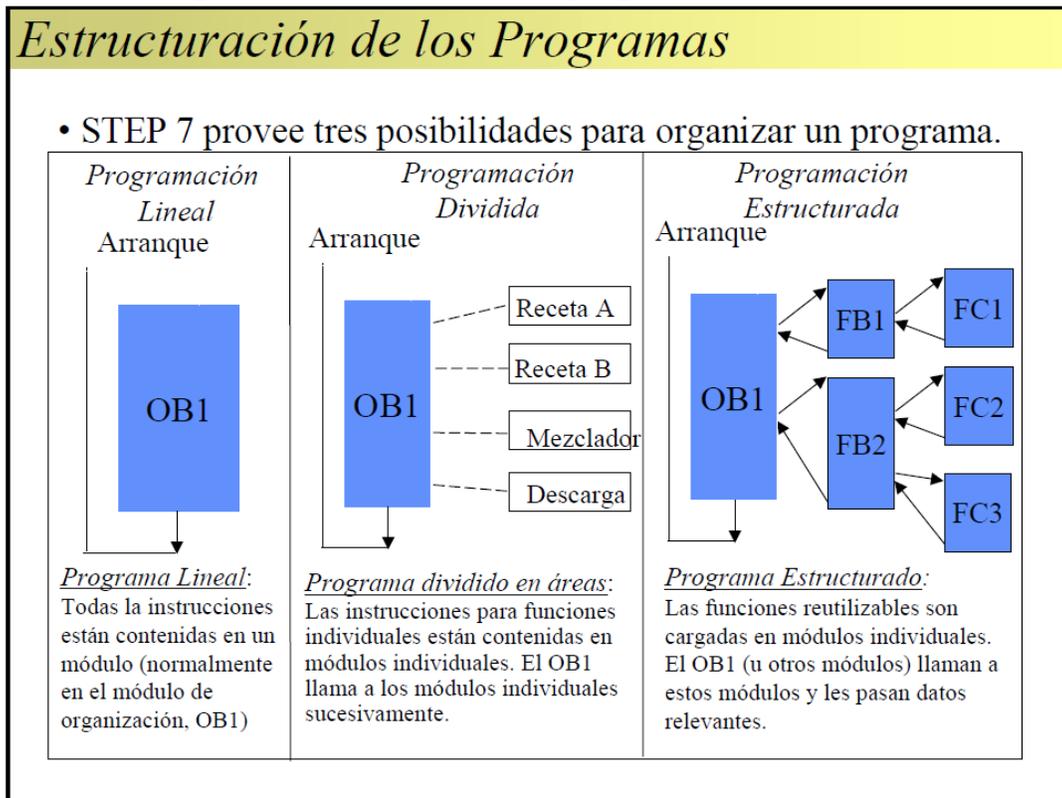
6- Reiniciar la CPU mediante el interruptor Run/Stop, para verificar la configuración. Si la configuración esta bien hecha os módulos la CPU entrar en modo RUN.

#### **4.2.6 Programación del autómeta para el control de la planta.**

Para programas o rutinas básicas, el STEP 7 cuenta con unos bloques de organización (OB) que constituyen el interface entre el sistema operativo y el programa de usuario; estos son llamados por el sistema operativo y controlan el procesamiento cíclico y controlado por alarmas del programa, el comportamiento de arranque del sistema de automatización y el tratamiento de los errores. Programando los bloques de organización se define el comportamiento de la CPU.

Un programa de usuario completo puede escribirse en el OB1 (programación lineal), sin embargo esto se recomienda únicamente cuando los programas son simples y se ejecutan en CPUs con poco volumen de memoria. Las funciones complejas de automatización se pueden procesar mejor si se dividen en tareas más pequeñas que correspondan a las funciones tecnológicas del proceso de automatización o si se deben utilizar frecuentemente. Estas tareas parciales están representadas (programación estructurada) en el programa de usuario mediante bloques.

**Figura 42. Estructura de los programas en STEP 7.**



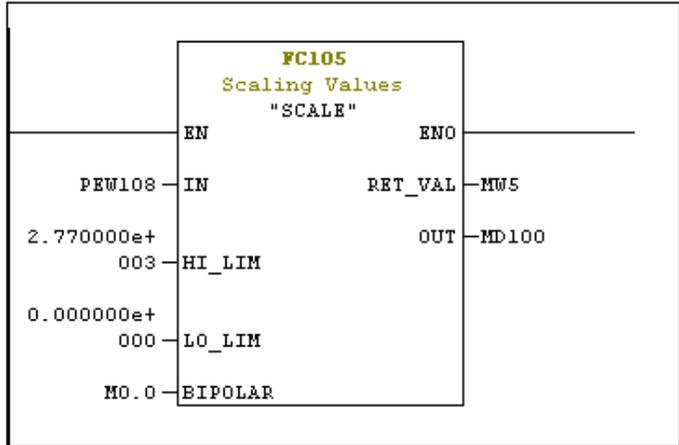
De acuerdo a lo anterior, para la realización del programa, se crea una función FC1 para la lectura de entradas análogas. Las FC se caracterizan por ser rutinas de programa para funciones frecuentes.

FC1 : Título:

Comentario:

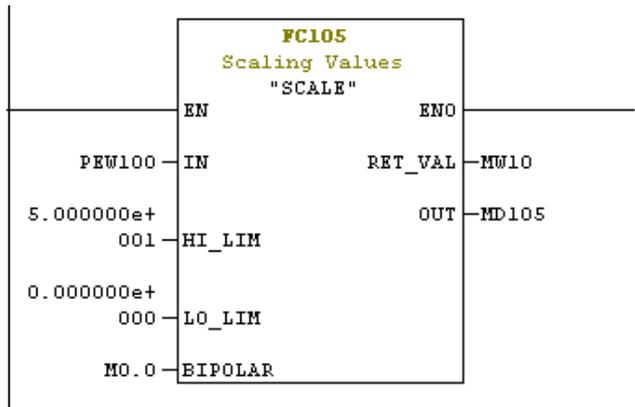
Segm. 1: SENSOR TEMPERATURA PT100 °C

SENSOR TEMPERATURA PT100 °C



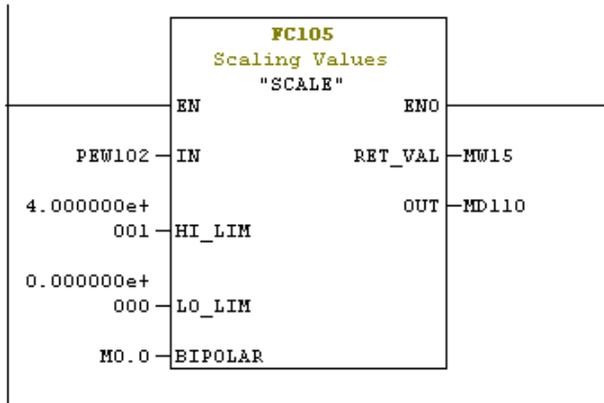
Segm. 2 : SENSOR PRESSION PSI

SENSOR PRESSION TANQUE 1



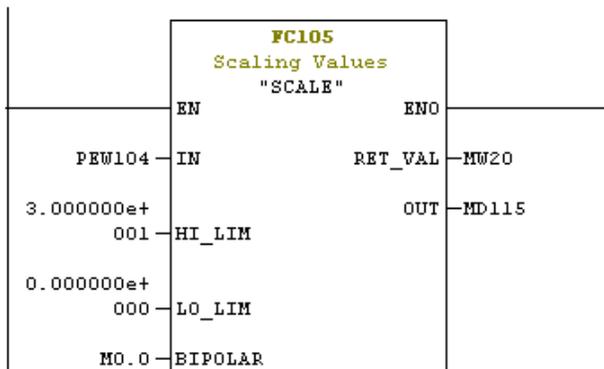
Segm. 3 : SENSOR PRESSION PSI

SENSOR PRESSION TANQUE 2



Segm. 4 : SENSOR PRESSION PSI

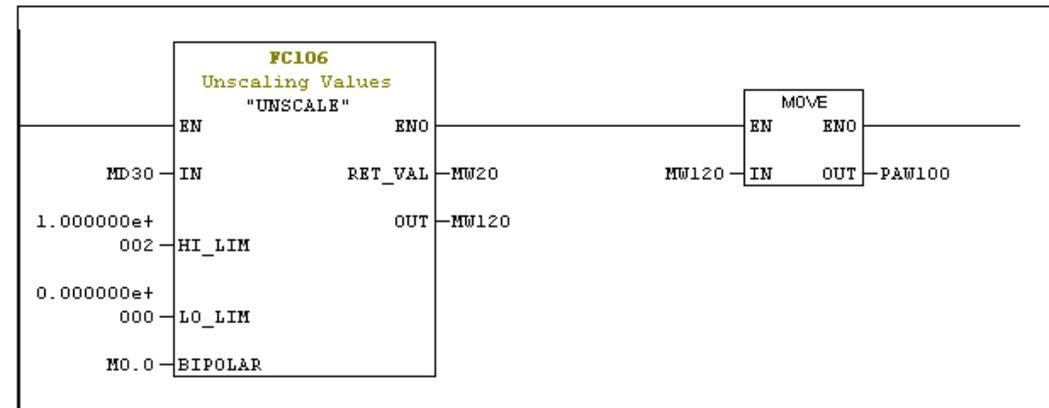
SENSOR PRESSION TANQUE 3



Así mismo, se crea un FC2 para la escritura de salidas análogas

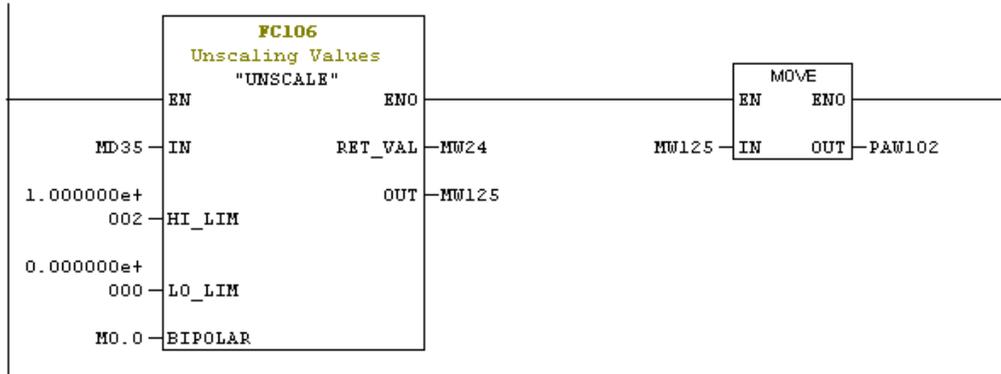
Segm. 1): Título:

Válvula proporcional 1



Segm. 2 : Título:

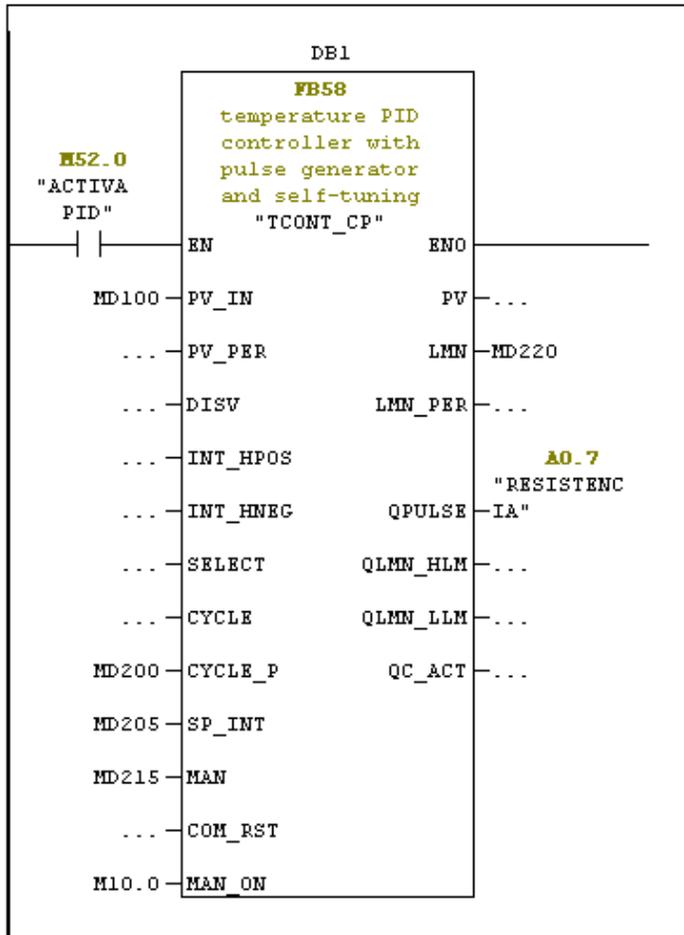
Válvula proporcional 2



También se crea una FC5 para el control PID de la temperatura en el tanque 2.

Segm. 1: Control PID

Control de la temperatura del tanque 2



En el DB1 se observa la parametrización del módulo de almacenamiento global de datos para el control proporcional.

**Figura 43. Estructura de los programas en STEP 7.**

DB1 -- USB\_tanques\SIMATIC 300(2)\11 FEBRERO

Tiempo de muestreo: 0.1 s Ancho de zona muerta: 0

Valor real

Activar periferia Factor: 1

Modo de operación periferia: Estándar Offset: 0

Parámetros PID

Ganancia proporcional: 2 Factor al cambiar la consigna: 1

Tiempo de integración: 40 s

Tiempo acción deriv.: 10 s Factor de acción derivativa: 5

Inicializar acción I Valor de inicialización: 0 %

Zona de regulación

Activar Ancho: 100

Valor manipulado

Límite superior: 100 % Factor: 1

Límite inferior: 0 % Offset: 0

Generador de impulsos

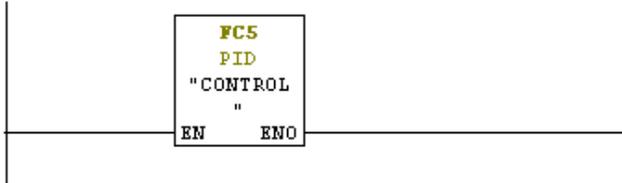
Activar Duración mín. impulso/pausa: 1 s

Tiempo de muestreo: 1 s Periodo: 10 s

En el Bloque OB 35 se llama el contador cíclico de cada 0,1 s, tiempo de muestreo; en este bloque se llama el FC5.

Segm. 1: Título:

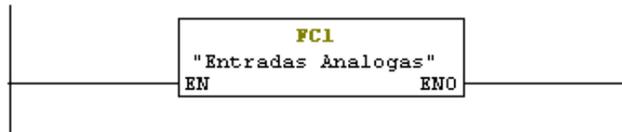
Comentario:



Como se había mencionado, en el bloque OB1 se hace el llamado de todas las rutinas.

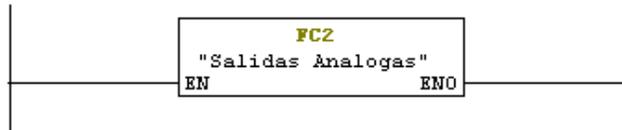
Segm. 1: Título:

Comentario:



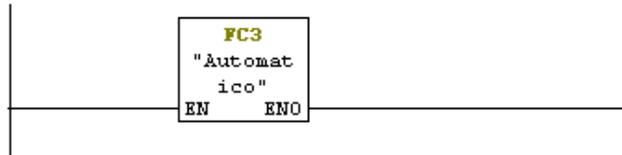
Segm. 2: Título:

Comentario:



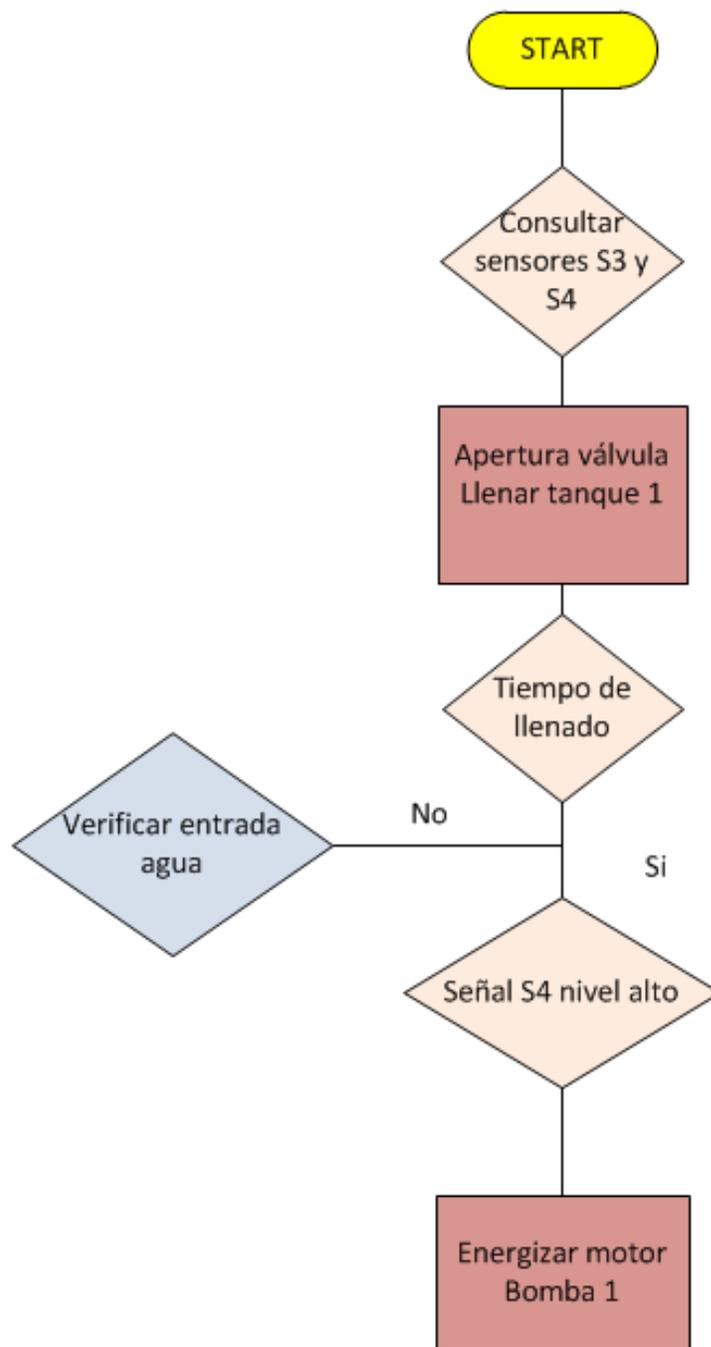
Segm. 3: Título:

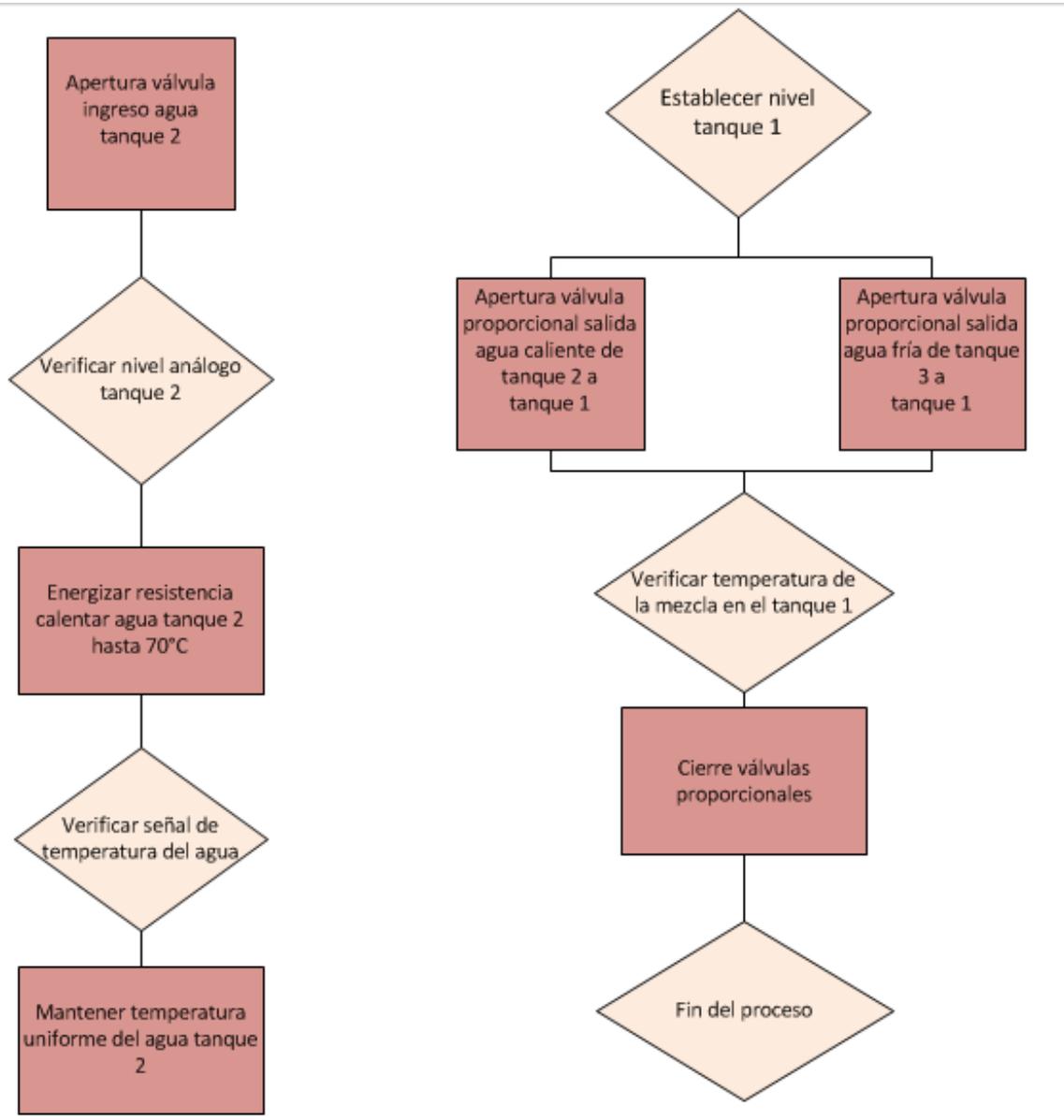
Comentario:



Para elaborar el programa automático FC3, se elaboró el diagrama de flujo que se presenta como ejemplo.

Figura 44. Diagrama de flujo para el ejemplo del proceso.





En el FC3 se creó una rutina de automático (rutina de programa para funciones frecuentes).

FC3 : AUTOMATICO

PROGRAMA AUTOMÁTICO PARA LA PLANTA PILOTO

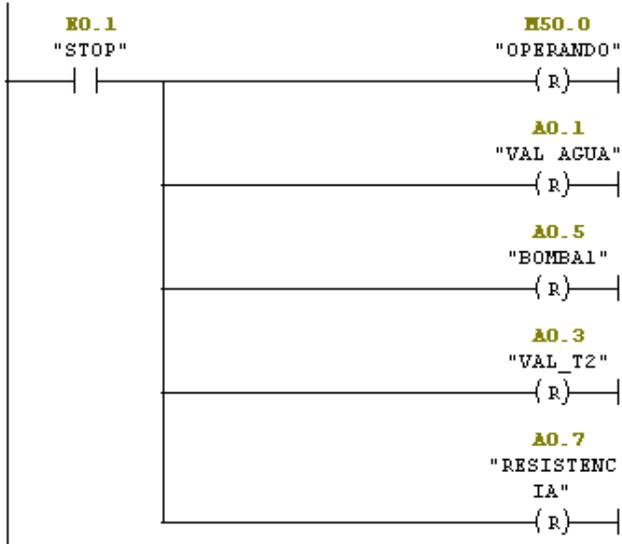
Segm. 1 : Título:

START



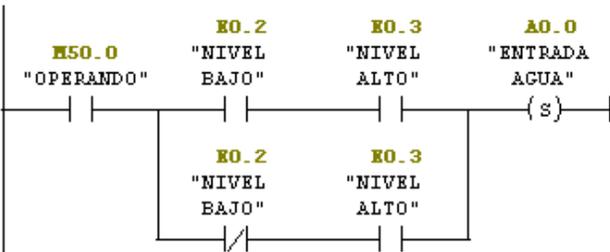
Segm. 2 : Título:

STOP



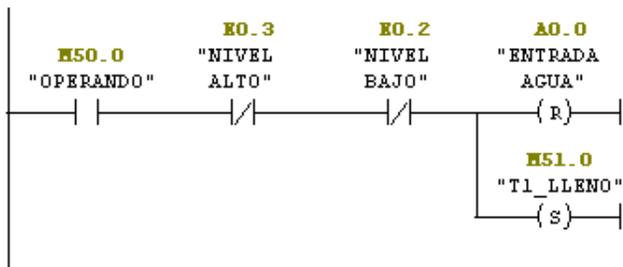
Segm. 3 : Título:

LLENAR TANQUE 1



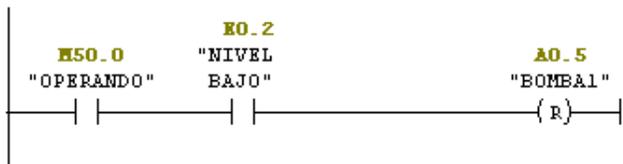
**Segm. 4 : Título:**

VERIFICA ESTA LLENO Y CIERRA VALVULA



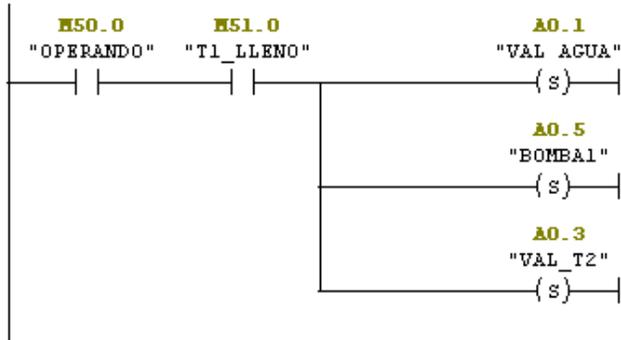
**Segm. 5 : Título:**

CONDICION DE NO ENCENDER BOMBA SI NIVEL ES BAJO



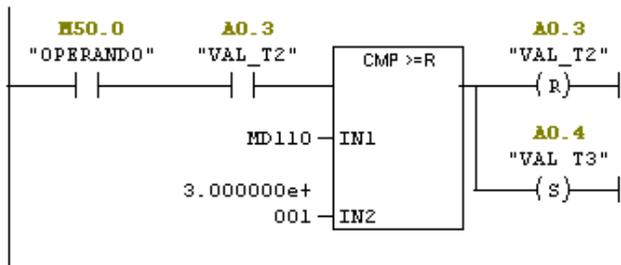
Segm. 6 : Título:

ENCENDER BOMBA Y ABRO VALVULA TANQUE 2



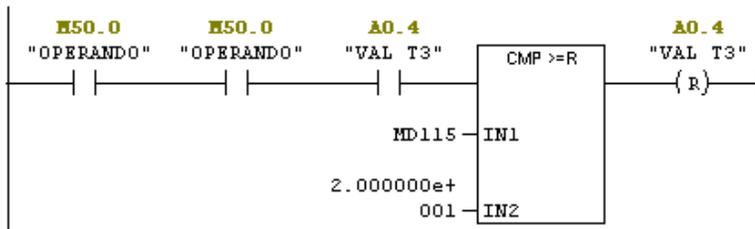
Segm. 7 : Título:

CIERRA VALVULA T2 Y ABRE VALVULA T3, CUANDO NIVEL TANQUE 2 ES MAYOR O IGUAL A 30 CM



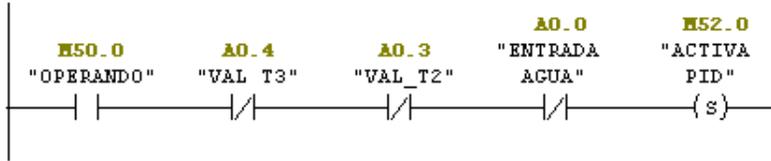
Segm. 8 : Título:

CIERRA VALVULA T3, CUANDO NIVLE T3 ES MAYOR O IGUAL A 20 CM



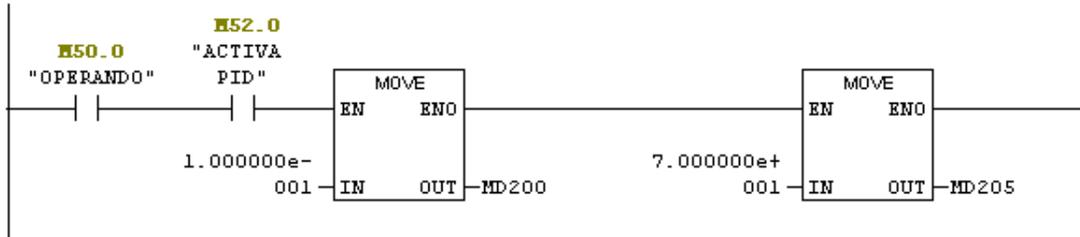
Segm. 9 : Título:

CONDICIONES PARA INICIAR CALENTAMIENTO



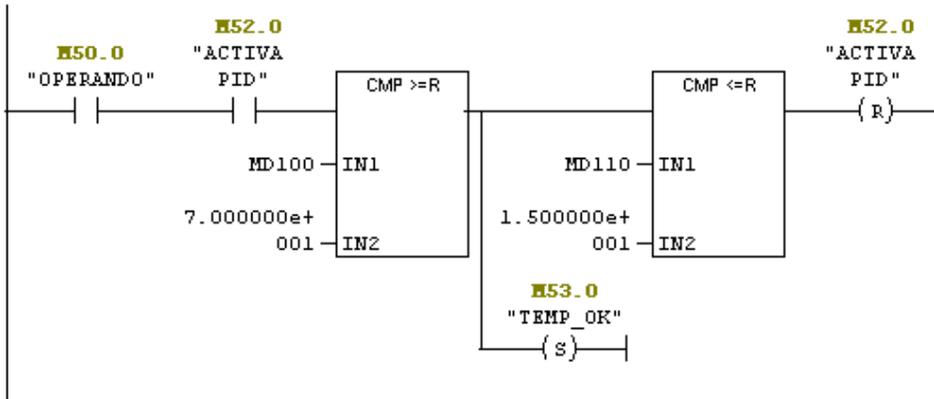
Segm. 10 : Título:

MUEVE TIEMPO CICLO , SP TEMPERATURA



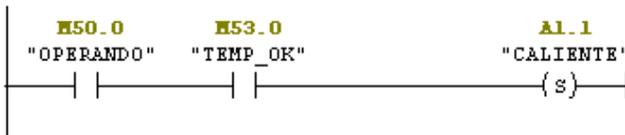
Segm. 11 : Título:

SI PID ACTIVADO Y TEMPRATURA = 70°C Y NIVEL T2 MENOR A 15CM DESACTIVA EL PID



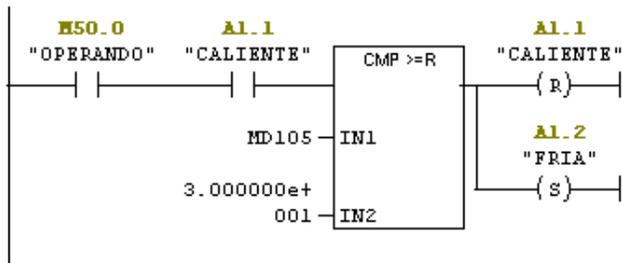
Segm. 12 : Título:

DOSIFICACION MEZCLA TEMPERATURA DE 70°C EN TANQUE 2  
ABRE VALVULA AGUA CALIENTE A TANQUE 1



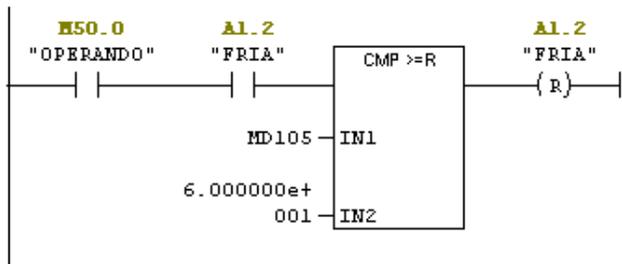
Segm. 13 : Título:

AGUA CALIENTE NIVEL MAYOR A 30CM CIERRA VALVULA Y ABRE AGUA FRIA



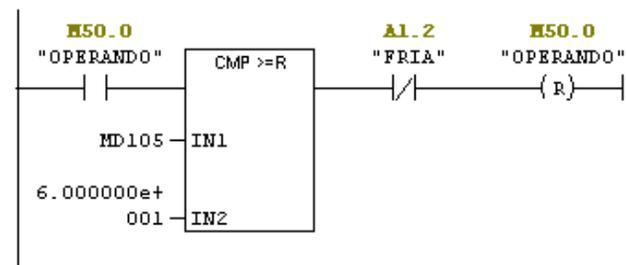
Segm. 14 : Título:

AGUA FRIA NIVEL MAYOR A 60CM CIERRA VALVULA AGUA FRIA



Segm. 15 : Título:

Comentario:



### **4.3 PRÁCTICAS DE LABORATORIO.**

Para la planta piloto se sugieren una serie de prácticas de laboratorio, en las cuales se pueden trabajar temas de control on-off, control PID y otros tipos de control de acuerdo con los dispositivos que posee la planta.

#### **4.3.1 Practica 1. Control ON-OFF**

##### **Objetivo General**

- Diseñar e implementar un control de nivel con aplicación directa en un tanque de proceso.

##### **Objetivos específicos**

- Realizar la programación adecuada del autómatas VIPA CPU 313 SC utilizando el software STEP 7.

##### **Descripción del problema**

- Se desea controlar el nivel de agua en el tanque 2; el suministro de agua a este tanque se logra gracias a la ayuda de la bomba 1 que succiona este fluido del tanque 1, proveniente del tanque 1 por intermedio de la bomba 1.

##### **Recursos necesarios.**

- Planta piloto con autómatas VIPA 3131 SC.
- Pc con software de programación STEP 7.
- Cable de conexión de red.

#### **4.3.2 Practica 2. Control PID de la temperatura del agua en un tanque.**

##### **Objetivo General**

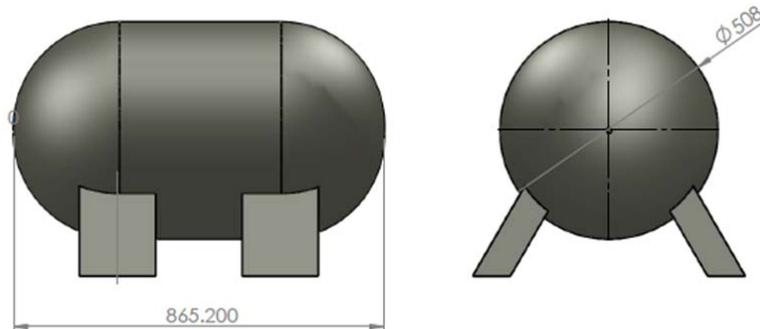
- Diseñar e implementar el control de temperatura en el tanque 2 utilizando un controlador PID.

##### **Objetivos específicos**

- Realizar la programación adecuada del autómatas VIPA CPU 313 SC utilizando el software STEP 7.
- Analizar el efecto que produce en el controlador PID cada uno de sus componentes: proporcional, integral y derivativo.

##### **Descripción del problema**

- Se requiere calentar el agua del tanque 2 hasta una temperatura de 60°C, para esto se debe implementar un controlador PID que controle el calentamiento de una resistencia eléctrica hasta que llegue al valor preestablecido, impidiendo que el valor de temperatura se sobrepase este valor. Para la toma de la variable de temperatura se debe tener en cuenta la señal proporcionada por la pt 100 conectada al tanque.



#### Recursos necesarios.

- Planta piloto con autómata VIPA 3131 SC.
- Pc con software de programación STEP 7.
- Cable de conexión de red.

#### 4.3.3 Practica 3. Control PID del nivel tanques acoplados.

##### Objetivo General

- Diseñar e implementar un control de nivel de tanques acoplados utilizando un controlador PID.

##### Objetivos específicos

- Realizar la programación del PID en el autómata VIPA CPU 313 SC utilizando el software STEP 7.
- Sintonizar el controlador PID para el control de nivel específico.
- Comparar el comportamiento del sistema, con un control on off

##### Descripción del problema

- Se desea controlar el nivel de agua en el tanque 1, el suministro de agua a este tanque se logra gracias al control proporcional del fluido proveniente del tanque 2. El control de nivel se debe realizar con la ayuda del sensor de nivel análogo con que cuenta el tanque 1. Se requiere que el tanque tenga un programa con el control PID del nivel y

una opción de control on-off para este. El error permitido debe ser menor del 1% y el rango de nivel permitido entre 3 y 15 cm.

**Recursos necesarios.**

- Planta piloto con autómata VIPA 3131 SC.
- Pc con software de programación STEP 7.
- Cable de conexión de red.

## 5. CONCLUSIONES

- La configuración implementada con los 3 tanques interactuantes, permite hacer una mayor cantidad de pruebas que el banco con que contaba la Universidad.
- El autómata programable seleccionado e instalado, garantiza una capacidad de programa amplia para las diversas configuraciones que se pueden hacer al sistema de control de la planta piloto
- Hacer la programación de un ejemplo de funcionamiento del sistema de control de la planta piloto.
- La conexión a Ethernet que posee la CPU del autómata, permite hacer un monitoreo de la planta a través de internet.
- La planta piloto cuenta con un manual de funcionamiento adecuado para la configuración del sistema de control de la planta.
- La puesta a punto de la planta piloto, permitió corregir pequeños errores de configuración.

## 5. BIBLIOGRAFIA

MANDADO, Pérez Enrique. Autómatas programables y sistemas de automatización. Editorial Alfaomega. México. 2010.

AMBARD, Ashok. Procesamiento de señales análogas y digitales. Segunda edición. Editorial Thomson. México 1981.

SOISSON, Harold E. Instrumentación Industrial. Tercera edición: Editorial Limusa. México 1990.

## **6. ANEXOS**

### **ANEXO 1. MANUAL DEL USUARIO**

# MANUAL DE USUARIO

## PLANTA PILOTO DE PROCESOS INDUSTRIALES



2012

# RECOMENDACIONES

Lea con atención, y al utilizar esta planta de simulación de procesos industriales debe tomar siempre las precauciones básicas que se describen en esta sección.

- Proteja el cable de alimentación evitando caminar sobre el o pellizcarlo, particularmente en el enchufe, use únicamente accesorios de calidad.
- Solo personal calificado debe realizar el mantenimiento. Se requiere reparación cuando el aparato haya sufrido cualquier tipo de daño, como por ejemplo cuando se daña el enchufe o el cable de alimentación, se hayan derramado líquidos en el circuito eléctrico o haya sido expuesto a lluvia, o cuando la planta no opere normalmente.
- Cuando la planta de simulación no se utilice apáguela.
- Cuando la planta de simulación no se utilice por un largo periodo debe desconectarse la toma de corriente.
- No introducir objetos, ni tocar los componentes internos del panel de circuito eléctrico, es peligroso y puede dañar gravemente su integridad y la del equipo.
- Jamás poner en funcionamiento la planta cuando no se cuente con la presencia y supervisión del instructor.

# PUESTA EN MARCHA

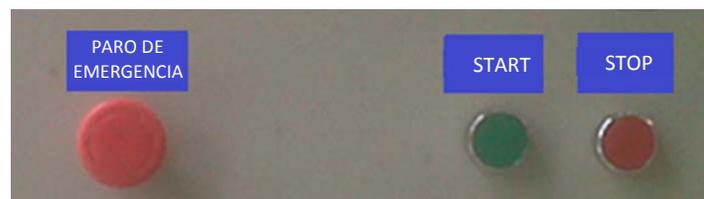


# PUESTA EN MARCHA

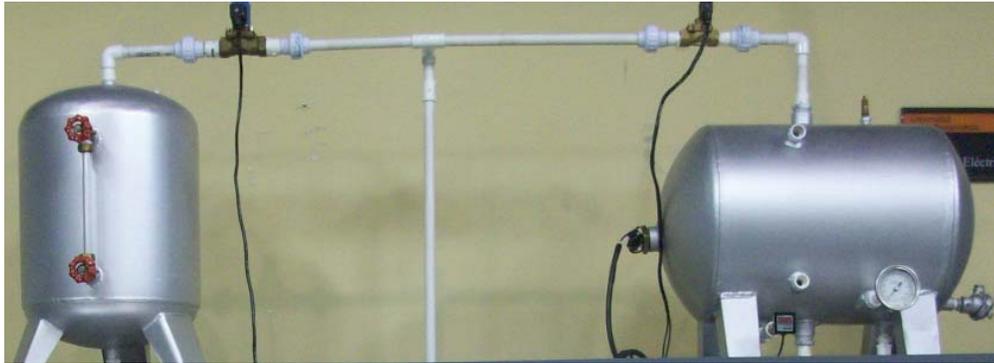
- ❖ Verifique que los tanques se encuentren vacíos.



- Verifique alimentación eléctrica.
- Verifique que las llaves de desagüe estén cerradas.
- Verifique que el paro de emergencia este afuera.
- Verifique suministro de agua.
- Presione el botón Start, e inmediatamente la electroválvula de llenado YO, Se energiza.



- Una vez lleno el tanque 1, se prende el piloto de señalización que indica que la bomba 1 entra en funcionamiento y se energizan las electroválvulas que permiten la entrada del agua al tanque 2 y 3.
- Una vez se llenen los tanques 2 y 3, se energiza la resistencia e inicia a calentar el agua del tanque 2 hasta una temperatura de 70°C.
- Cuando la temperatura es la deseada, se inicia el vertimiento de una cantidad de agua caliente al tanque 1 y se lleva a una temperatura específica, dosificando una cantidad proporcional de agua fría proveniente del tanque 3. Finalmente el agua en el tanque 1 queda en un rango de temperatura establecida por el usuario.



- Si se desea iniciar un nuevo ciclo se debe ejecutar un programa que energice la bomba 2 para recircule el agua a través de un intercambiador de calor.



# MANTENIMIENTO

Es importante tener en cuenta el mantenimiento que se le debe dar al simulador de procesos industriales para su correcto funcionamiento, por ende es necesario realizar un programa de mantenimiento preventivo, en conjunto con lo recomendado por los fabricantes de las partes.

El mantenimiento de la planta, depende de la frecuencia de uso, se recomienda en lo posible mantener los tanques desocupados para evitar oxidación en tuberías, pero si se dejan con agua para evitar el desperdicio, aplicar aditivo antioxidante, igual al que se utiliza en los radiadores de carros.

Independientemente si se usa o no, se debe tener en cuenta la siguiente rutina de mantenimiento:

- Semanalmente previa desenergización de la planta, limpieza general de tanques, motobombas, tuberías, sensores, del cofre y elementos eléctricos.
- No prender manualmente motobombas sin agua, por que así se queman los sellos.
- Inspeccionar y corregir fugas de agua en las líneas de envío y de retorno.
- Inspeccionar que las motobombas no se encuentren forzadas, girando el ventilador manualmente.
- Inspeccione y corrija si es necesario el estado de la canaleta del piso y los cables que van por ella.
- Inspeccione y corrija si es necesario estado de las ruedas de la plataforma.
- Inspeccione y cambie si es necesario bombillos de señalización.
- Realice un informe escrito de las anomalías que no pudo corregir, por que y entréguelo al jefe de taller.

Válvulas: el ciclo de mantenimiento de las válvulas esta dada por el número de ciclos de conmutación realizados Micro S.A. recomienda los siguientes parámetros de mantenimiento:

1. Por periodos de 8 millones de ciclos de conmutación o 1 año de servicio.
2. Por periodos de 24 millones de ciclos de conmutación o 3 años de servicio.

Realizando periódicamente controles de fugas, vibraciones o calentamiento; desarmes parciales de las piezas, para limpieza y recambios preventivos de partes deterioradas.



Motor Eléctrico: para el mantenimiento del motor están estipulados una serie de parámetros preestablecidos por el fabricante:



- ❖ Revisar periódicamente el motor para detectar desgaste de rodamientos, estado del ventilador, carcasa y eje.
- ❖ Limpiar el motor periódicamente para evitar el polvo o tras impurezas.
- ❖ Cuando no se encuentre en uso el motor desconectar del suministro eléctrico.

Bombas: el tiempo de uso de las bombas determina la vida útil de las partes que la componen:

- ❖ Revisar periódicamente los sellos para detectar fugas de agua, de ser así es necesario el cambio del mismo.
- ❖ Revisar que el impeler no roce con ninguna parte de la carcasa.
- ❖ Revisar apriete de tornillos de anclaje y sujeción de la bomba.
- ❖ Revisar que el eje gire libremente y que no existan ruidos extraños.



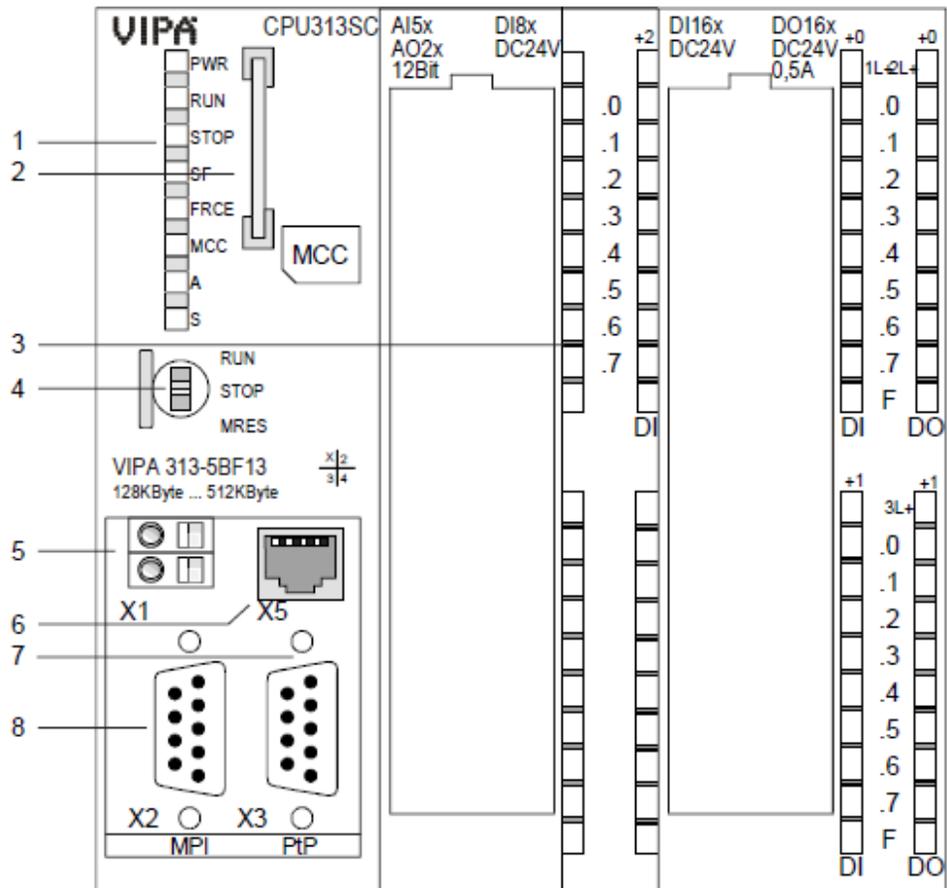
Sensores y elementos eléctricos: la vida útil de estos instrumentos, depende de su marca, calidad y condiciones de trabajo, el mantenimiento es generalmente de inspección y limpieza, pues cuando un elemento de estos falla, la única solución es el cambio.



**ANEXO 2. FICHA TÉCNICA CPU 313SC-5BF13**

# ANEXO 1. FICHA TÉCNICA CPU 313SC-5BF13

## CPU 313 SC 313-5BF13





## In-/Output range CPU 313SC

### Overview CPU 313SC

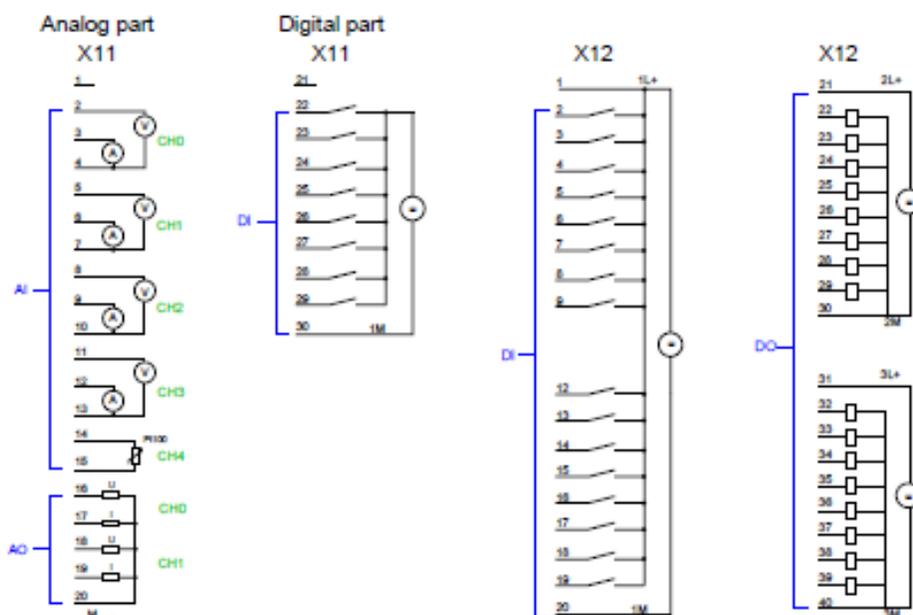
The CPU 313SC has the following analog and digital in- and output ranges integrated in one casing:

- Analog Input: 4xU/Ix12Bit, 1xPt100
- Analog Output: 2xU/Ix12Bit
- Digital Input: 24xDC 24V
- Digital Output: 16xDC 24V, 0.5A
- Technological functions: 3 Channels

The analog channels of the module are isolated to the back plane via DC/DC transducer and optocouplers.

Each of the digital in-/ outputs monitors its state via a LED. Via the parameterization you may assign alarm properties to the first 8 digital inputs of X12.

Additionally the digital inputs are parameterizable as counter.



#### Attention!

Temporarily not used analog inputs with activated channel must be connected to the concerning ground. To avoid measuring errors, you should connect only one measuring type per channel.

Please take care that the voltage at an output channel always is  $\leq$  the supply voltage via L+.

CPU 313SC: Analog part X11 pin assignment and status indicator

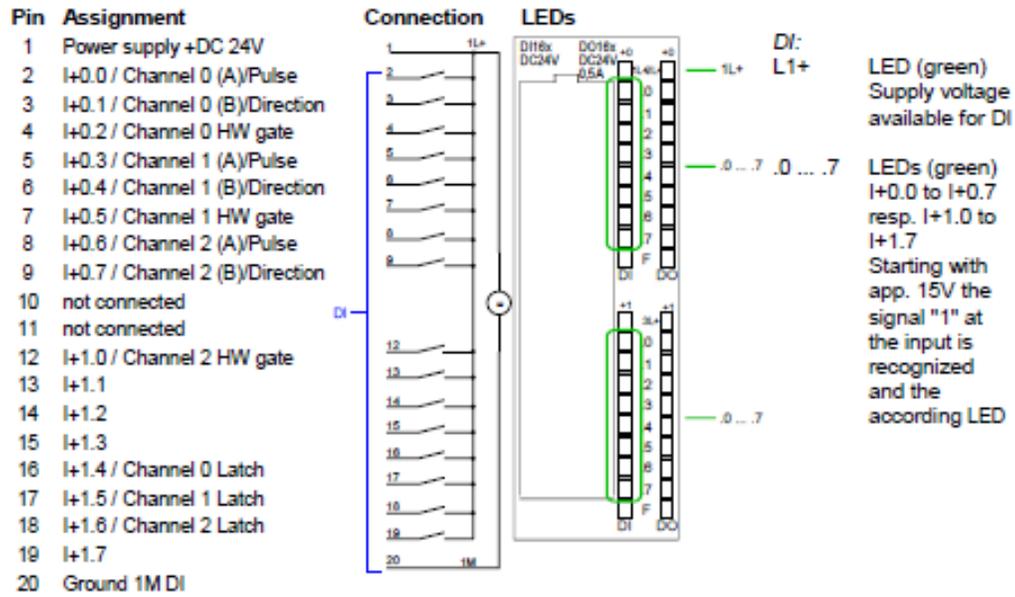
Pin	Assignment	Connection	LEDs
1	not connected		No LED is accessed by the analog part.
2	meas. voltage channel 0		
3	meas. current channel 0		
4	Ground channel 0		
5	meas. voltage channel 1		
6	meas. current channel 1		
7	Ground channel 1		
8	meas. voltage channel 2		
9	meas. current channel 2		
10	Ground channel 2		
11	meas. voltage channel 3		
12	meas. current channel 3		
13	Ground channel 3		
14	Pt 100 channel 4		
15	Pt 100 channel 4		
16	Voltage output channel 0		
17	Current output channel 0		
18	Voltage output channel 1		
19	Current output channel 1		
20	Ground AO channel 0 and 1		

CPU 313SC: Digital part X11 pin assignment and status indicator

Pin	Assignment	Connection	LEDs
21	not connected		
22	I+2.0		
23	I+2.1		
24	I+2.2		
25	I+2.3		
26	I+2.4		
27	I+2.5		
28	I+2.6		
29	I+2.7		
30	Masse 1M DI		
31	not connected		
32	not connected		
33	not connected		
34	not connected		
35	not connected		
36	not connected		
37	not connected		
38	not connected		
39	not connected		
40	not connected		

DI:  
 .0 ... .7 LEDs (green)  
 I+2.0 to I+2.7  
 Starting with app.  
 15V the signal "1"  
 at the input is  
 recognized and  
 the according  
 LED

CPU 313SC: Digital part X12 pin assignment and status indicator



CPU 313SC: Digital part X12 pin assignment and status indicator

