



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE POSGRADO
AUTOMATIZACION Y CONTROL EN PROCESOS INDUSTRIALES**



**PROYECTO
DISEÑO DETALLADO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA
UN BANCO DE PRUEBA (PLANTA PILOTO) DE UN INTERCAMBIADOR DE
CALOR TIPO TUBO-CORAZA PARA LABORATORIO DE ROBOTICA DE LA
IECASD**

**INTEGRANTES:
RAMON ALCIDES LOPEZ MUEGUES
SERGIO MARIO PACHECO ARAUJO
JESUS DAVID RUIZ CASTILLO**

**ASESORADOS POR
JOSE LUIS VILLA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE POSGRADO
AUTOMATIZACION Y CONTROL EN PROCESOS INDUSTRIALES
CARTAGENA, AGOSTO DEL 2013**



**PROYECTO:
DISEÑO DETALLADO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA
UN BANCO DE PRUEBA (PLANTA PILOTO) DE UN INTERCAMBIADOR DE
CALOR TIPO TUBO-CORAZA PARA LABORATORIO DE ROBOTICA DE LA
IECASD**

TRABAJO DE GRADUACION

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE POSGRADO EN**

**POR
RAMON ALCIDES LOPEZ MUEGUES
SERGIO MARIO PACHECO ARAUJO
JESUS DAVID RUIZ CASTILLO**

**ASESORADOS POR
JOSE LUIS VILLA**

**AL CONFERIRLES EL TITULO DE
ESPECIALISTAS EN AUTOMATIZACION Y CONTROL EN PROCESOS
INDUSTRIALES**

CARTAGENA, AGOSTO DEL 2013

*La imaginación es más importante que el conocimiento.
El conocimiento ayuda, pero sólo el amor rescata en su interior.
El conocimiento viene, pero la sabiduría llega tarde.*
Albert Einstein

Nota de aceptación:

JOSE LUIS VILLA
Ing. Electrónico
Director del proyecto

JOSE LUIS VILLA
Ing. Electrónico
Asesor del proyecto

Firma del jurado

Firma del jurado

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis de grado, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de los autores y sus directores de tesis, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaremos y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.

*Primero y antes que nada darle gracias a ese ser todo poderoso, que está
Conmigo
en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por
haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido
mi soporte y compañía durante esta etapa de mi vida*
DIOS

CONTENIDO

| | Pag. |
|---|-----------|
| INTRODUCCION | 10 |
| RESUMEN | 12 |
| ABSTRACT | 14 |
| CAPITULO 1: | 15 |
| 1. TÍTULO | 16 |
| 1.1 .ANTECEDENTES | 16 |
| 1.2 ALCANCE | 17 |
| 2. OBJETIVOS | 18 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 18 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS | 18 |
| 3. JUSTIFICACION | 19 |
| CAPITULO 2 | |
| REQUERIMIENTOS DE DISEÑO | 20 |
| 4. MARCO TEORICO | 21 |
| 4.1 INTERCAMBIADOR DE CALOR | 22 |
| 4.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS INTERCAMBIADORES | 22 |
| 4.1.2 APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR | 29 |
| 4.1.3 OTRAS APLICACIONES | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.4 ESTRUCTURA, DISEÑO Y CARACTERISTICAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO TUBO-CORAZA | 31 |
| 4.2 SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN | 32 |
| 4.3 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO | 34 |
| 4.4 NOMENCLATURA Y NORMATIVIDAD | 35 |
| 4.4.1 SIMBOLOS Y DIAGRAMAS | 35 |
| 4.5 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO | 38 |
| 4.6 DOCUMENTACIÓN | 39 |
| 4.6.1 INGENIERIA CONCEPTUAL | 39 |
| 4.6.2 INGENIERIA BÁSICA | 39 |
| 4.6.3 INGENIERIA DE DETALLE | 39 |
| CAPITULO 3 | |
| DESCRIPCIÓN Y MODELO DEL PROCESO | 41 |
| 5. DESCRIPCIÓN Y MODELO DEL PROCESO | 42 |
| 5.1 DESCRIPCION DEL PROCESO | 42 |
| 5.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL | 42 |
| 5.3 DISEÑO ELECTRÓNICO, INSTRUMENTACIÓN, CONTROL Y VISUALIZACIÓN DEL PROCESO | 46 |
| 5.4 DISEÑO ELÉCTRICO | 47 |
| 5.5 DISEÑO MECÁNICO | 49 |
| CAPITULO 4 | |
| CRONOGRAMA Y ANÁLISIS | 50 |
| 6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES | 51 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 7. ANÁLISIS FINANCIERO | 52 |
| 7.1 PRESUPUESTO | 52 |
| 7.2 BENEFICIOS ESPERADOS | 53 |
| CAPITULO 5 | |
| CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA | 55 |
| 8. CONCLUSIONES | 56 |
| 9. BIBLIOGRAFIA | 57 |
| 10. ANEXOS | 59 |
| GLOSARIO | 69 |

INTRODUCCION

Los sistemas de control están formados por un conjunto de dispositivos de diversa naturaleza (mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos, hidráulicos) cuya finalidad es controlar el funcionamiento de una máquina o de un proceso, esto permite reducir costos y aumentar productividad. En los últimos años en Colombia se ha notado un desarrollo en la industria y es gracias a la implementación del sistema de control automatizado.

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, que estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico.

Los equipos son utilizados para transferir calor desde una corriente de fluido caliente a otra constituida por otro fluido más frío, Dada la multitud de aplicaciones de estos dispositivos, se puede realizar una clasificación dependiendo de su construcción. Para la elección del mismo se consideran aspectos como tipo de fluido, densidad, viscosidad, contenido en sólidos, límite de temperaturas, conductividad térmica, etc. existen diversos diseños de intercambiadores de calor como son: intercambiadores de placas, de doble tubo, de casco u tubo de grafito y en nuestro caso de tubo y coraza.

Los intercambiadores de **Tubo y Coraza** constituyen la parte más importante de los equipos de transferencia de calor sin combustión en las plantas de procesos químicos, este consiste en una serie de tubos lineales colocados dentro de un tubo más grande llamado coraza donde se da el proceso de transferencia térmica.

En el nodo Petroquímico de la institución se imparte educación técnica con equipos usados en la actualidad en la industria local relacionado a los aprendices con lo que enfrentaran en el mercado laboral.

Por esta razón se pretende realizar un diseño de un sistema de control automatizado utilizando la respectiva instrumentación, controladores y supervisorios de las variables del proceso, permitiéndole al personal estudiantil realizar las diferentes prácticas (Instrumentación electrónica, análisis de variables físicas) de los procesos industriales a los cuales se enfrentaran en la industria. Mediante la ejecución del proyecto se beneficiaran alrededor de 2700 estudiantes de las diferentes especialidades (Cuidado básico de equipos, Operación de máquinas y equipos, interpretación de variables de procesos, mantenimiento de equipos electrónicos análogos y digitales, aplicación de principios físicos.) que

conforman el nodo petroquímico, ya que la institución no cuenta con planta piloto de esta índole.

Todo este análisis y esfuerzo(económico), que realizara la IECASD, es con el fin de disminuir la tasa de deserción y llevar al estudiantado a un nivel mayor y con mejores prestaciones intelectuales a la sociedad y así formar profesionales íntegros con una concepción amplia del área industrial a su vez esto le sirva de aporte a la institución para aumentar su nivel en cuanto a formación media técnica con alta calidad, autonomía y pertinencia en lo académico y productivo; orientada al mejoramiento continuo, facilitando la continuidad en la ruta de articulación e integración con reconocimiento local y regional.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló pensando en la necesidad que posee la institución educativa CASD Manuela Beltrán (IECASD) de preparar estudiantes (Corroborando el conocimiento teórico con las respectivas prácticas de laboratorio, ya sea a través de visitas a las diferentes empresas del sector industrial o con plantas pilotos de dicha institución o de instituciones con las que se tengan convenios) de media técnica competentes que estén a la altura de las exigencias que se les pueden presentar en el área industrial. Es por esta razón que es importante decir que al desarrollar este proyecto se logró identificar las necesidades de la misma y como este puede influir a la no deserción de los alumnos de las diferentes especialidades.

Para el desarrollo de este trabajo se empezó por estudiar un proceso industrial, teniendo en cuenta que se contaba con un intercambiador de calor tipo tubo-coraza el cual contaba con un sistema de control muy robusto, es decir, totalmente manual en la institución, donde se utiliza los intercambiadores de calor, en especial un trabajo previo que se presentó en uno de los módulos durante el desarrollo de la especialización el cual describía el siguiente proceso:

El sistema consiste en tanque que recibe un iniciador (materia prima para iniciar una reacción), llamado IP-625-Gly-K, el cual una vez descargado del reactor se debe mantener en una temperatura mayor de 80°C pero menor a 100°C para mantener la viscosidad baja y evitar demoras en las transferencias del producto hacia el reactor R-2120.

Temperatura > 80°C pero menor a 100°C → 22 minutos de transferencia del producto de Tanque contenedor al Reactor (Condiciones ideales).

Además si la temperatura del producto excediera esos límites el producto sufriría modificaciones en cuanto a su calidad.

Temperatura < 50°C → 40°C minutos mayor viscosidad, lo cual ocasiona demora en la transferencia del producto y no cumpliría con los tiempos estipulados ya que este proceso se maneja por receta.

Teniendo en cuenta lo descrito se diseñara detalladamente un sistema de control de temperatura para un intercambiador de calor tipo tubo-coraza con el Hardware (Instrumentación, actuadores y controladores electrónicos) y Software necesario que garantice mantener la temperatura dentro de un rango de valores, teniendo en cuenta los requerimientos del operador para dicho proceso (Calentar el fluido que

se procesa, de una temperatura de entrada $T_i(t)$, a cierta temperatura de salida $T(t)$ que se desea), teniendo en cuenta que en el sistema se presentan perturbaciones tales como: temperatura y flujo de entrada del fluido del proceso. A su vez un manual que me permita instruir a los estudiantes de manera muy eficaz su aprendizaje.

ABSTRACT

This work was developed with the need to possess the CASD school Manuela Beltran (IECASD) to prepare students (Corroborating theoretical knowledge with the respective labs, either through visits to different industrial companies or pilot plant of the institution or institutions with which there are agreements) of competent technical media to live up to the requirements that they may have in the industrial area. It is for this reason that it is important to say that in developing this project we identified the needs of it and how it can influence the dropout not students of different specialties.

For the development of this work was begun to study an industrial process, considering that there were a heat exchanger tube-shell type which had a very robust control system, ie the institution fully manual, where used heat exchangers, especially previous work that was presented in one of the modules during the development of specialization which described the following process:

The system consists of an initiator receiving tank (feedstock to initiate a reaction), called IP-625-Gly-K, which has been unloaded from the reactor should be maintained at a temperature greater than 80 ° C but less than 100 ° C to maintain low viscosity and avoid delays in the transfer of proceeds to the reactor R-2120.

Temperature > 80 ° C but below 100 ° C → 22 minutes Product transfer to container Tank Reactor (ideal conditions).

Also, if the product temperature exceeds these limits would remain unchanged in the product for quality.

Temperature < 50°C → 40°C min higher viscosity, causing delay in the transfer of the product and would not meet the stipulated time as this process is handled by prescription.

Considering be designed as described in detail a system for temperature control of a heat exchanger tube-shell type with the hardware (Instrumentation, actuators and electronic controllers) and software necessary to ensure keeping the temperature within a range of values, taking into account the operator requirements for this process (heat the fluid being processed, an inlet temperature $T_i(t)$, output at a certain temperature $T(t)$ that is desired), considering that in the present system disturbances such as temperature and flow of the process fluid inlet. In turn a manual that allows me to instruct students in their learning very effectively.

CAPITULO 1

1. TITULO

DISEÑO DETALLADO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UN BANCO DE PRUEBA (PLANTA PILOTO) DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO TUBO-CORAZA PARA LABORATORIO DE ROBOTICA DE LA IECASD

1.1. ANTECEDENTES

Para remitirnos a los inicios de los intercambiadores de calor debemos ubicarnos en el antiguo Egipto y los primeros intentos del hombre por incubar artificialmente huevos de gallina donde estos aprovechando la temperatura generada por el proceso de descomposición de estiércol de ganado introducían dentro de estas pilas los huevos incubando estos de forma espontanea, dando inicio a lo que hoy conocemos como termodinámica.

Luego el evento documentado que se registro fue la propulsión por gas realizada por un egipcio llamado Hero en 150 A.C. Hero inventó un juguete que rotaba en la parte superior de una olla hirviendo debido al efecto del aire o vapor caliente saliendo de un recipiente con salidas organizadas de manera radial en un sólo sentido, siendo el primero que usaba la inducción térmica, que dio pie a lo que conocemos como turbina a vapor que en año 1678 un jesuita llamado Ferdinand Verbiest construyo un modelo de un vehículo automotor basado en el funcionamiento de la turbina de Hero que usaban vapor de agua para moverse conocido en su momento y en la actualidad como motor a vapor.

En 1923, el Dr. Richard Sellingman inventó el intercambiador de calor de placas en primer lugar, y revolucionó para siempre el proceso de transferencia de calor indirecta. Ahora bien, estos productos se pueden encontrar en muchos hogares, las instituciones comerciales y plantas de fabricación de diversas industrias. Su diseño inherente da una clara ventaja sobre otros tipos de intercambiadores de calor, como los tipos de carcasa y tubos.

1.2. ALCANCE

Diseñar detalladamente un sistema de control de temperatura para un intercambiador de calor tipo tubo-coraza con el Hardware (Instrumentación, actuadores y controladores electrónicos) y Software necesario que garantice mantener la temperatura en el valor ($70^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$) que el operador requiera para dicho proceso (Calentar el fluido que se procesa, de una temperatura de entrada $T_i(t)$, a cierta temperatura de salida $T(t)$ que se desea), teniendo en cuenta que en el sistema se presentan perturbaciones tales como: temperatura y flujo de entrada del fluido del proceso. A su vez un manual que me permita instruir a los estudiantes de manera muy eficaz su aprendizaje.

El sistema podrá contar con un supervisorio que permitirá monitorear la temperatura de entrada, temperatura de salida y la rata de flujo de entrada del fluido del proceso. Teniendo en cuenta estos datos, el sistema podrá controlar la apertura o cierre parcial de una válvula que controlara la rata de flujo del fluido de servicio que se encuentra a una temperatura menor que la del fluido del proceso.

Con el desarrollo de este proyecto se beneficiaran alrededor de 2700 estudiantes de las diferentes especialidades (Cuidado básico de equipos, Operación de máquinas y equipos, interpretación de variables de procesos, mantenimiento de equipos electrónicos análogos y digitales, aplicación de principios físicos.) que conforman el nodo petroquímico, ya que la institución no cuenta con planta piloto de esta índole.

Todo esto se realiza con el propósito de disminuir la tasa de deserción y llevar al estudiantado a un nivel mayor y con mejores prestaciones intelectuales a la sociedad y así formar profesionales íntegros con una concepción amplia del área industrial a su vez esto le sirva de aporte a la institución para aumentar su nivel en cuanto a formación media técnica con alta calidad, autonomía y pertinencia en lo académico y productivo; orientada al mejoramiento continuo, facilitando la continuidad en la ruta de articulación e integración con reconocimiento local y regional.

Además servir como apoyo para el desarrollo e investigación de proyectos futuros que presenten un mayor grado de complejidad y estén asociados a este.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar Detalladamente un sistema de control automatizado de temperatura (Determinado que parámetros, características técnicas, conceptuales y económicas que se deben tener en cuenta en la automatización de un proceso industrial) utilizando la respectiva instrumentación, controladores y supervisores de las variables del proceso, permitiéndole al personal estudiantil de la media técnica de la IECASD (Nodo Petroquímico-Plástico) realizar las diferentes prácticas (Instrumentación electrónica, análisis de variables físicas, entre otras) de los procesos industriales a los cuales se enfrentara en la industria. Aplicando el proceso de ingeniería de automatización a la problemática industrial especificada siguiendo los estándares y recomendaciones desarrollados para el área de automatización y control, y en particular los propuestos por ISA.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1. Mejorar el sistema de control de temperatura presente en el intercambiador de calor, teniendo en cuenta las partes Metalmecánica, Electricas y Electrónicas y así poder obtener mejores respuestas a posibles cambios en el punto de referencia.

2.2.2. Diseñar un software de supervisión para dicho procesos, donde se pueda controlar y manipular las diferentes variables.

2.2.3. Diseñar un sistema más seguro, didáctico e interesante que permita el desarrollo de una práctica de laboratorio interactiva para el estudiante.

3. JUSTIFICACIÓN

Desde tiempos remotos, el hombre ha mostrado gran interés en los procesos de transferencia energética. En la actualidad, la transferencia de calor desempeña un rol importante en las actividades humanas, manifestándose en la profunda atención que los científicos le han dedicado, tendencia que se evidencia en el campo de la ingeniería de procesos, la cual ha evolucionado satisfactoriamente como consecuencia del estudio respecto al intercambio energético en las corrientes de los procesos.

Se realizara un detallado de un sistema de control automático para un banco de prueba (planta piloto) de un intercambiador de calor tipo tubo-coraza para laboratorio de robótica de la IECASD.

Con la realización de este se persigue optimizar la labor del instructor logrando el desarrollo de una clase más dinámica y atractiva para el estudiante permitiéndole interactuar con un equipo muy usado en la industria petroquímica del sector, además contara con la facilidad y versatilidad de una interfaz y un aplicativo software de seguimiento y supervisión.

Un sistema pensado para dar respuestas prácticas a la creciente demanda de tecnología en el campo educativo. La finalidad es brindarle al docente herramientas que le permitan al estudiante enfrentarse al mercado laboral con la experiencia de haber interactuado íntimamente con este tipo de plantas.

Una de las premisas de diseño más importantes para el proyecto es la simplicidad e intuitividad de uso, tanto del software como del hardware, algo que se espera que el usuario perciba desde el primer momento y proporcione el control de las variables que interactúen en el proceso.

4. MARCO TEÓRICO

Corriente proceso

En el caso del lenguaje de procesos representan aquellas corrientes con requerimientos energéticos o calóricos que se emplean en ciertos equipos como bombas, compresores, calentadores, enfriadores y demás.

Corriente servicio

En el ámbito de los procesos esta expresión se utiliza para designar aquellas corrientes que se utilizan para alcanzar los requerimientos energéticos de las corrientes procesos, es decir la corriente servicio se emplea para cambiar las propiedades de la corriente proceso.

Ley de enfriamiento de Newton (U en h)

La ley de enfriamiento de Newton explica la transferencia de calor por convección, enuncia que la rapidez de transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa como:

$$Q_{convección} = hA_s(T_s - T_{\infty})$$

Ecuación N° 1.

En donde h es el coeficiente de transferencia de calor por convección $\left[\frac{W}{m^2} \text{ o } \frac{BTU}{h \cdot ft^2}\right]$,

A_s es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección, T_s es la temperatura de la superficie y T_{∞} es la temperatura del medio circundante.

En el diseño de los intercambiadores de calor la ley de Newton adopta una forma ligeramente diferente, ya que se considera el coeficiente global de transferencia de calor U , por tanto tenemos que:

$$\dot{Q} = UA(\Delta T_{ln})$$

Ecuación N° 2.

Donde A es el área de transferencia de calor en el intercambiador de calor, ΔT_{ln} representa la diferencia de temperatura media logarítmica y como se había mencionado, U es el coeficiente global de transferencia de calor en el intercambiador.

Coeficiente Global de Transferencia de Calor (U)

Los coeficientes totales de transferencia de calor requeridos para cumplir con las condiciones de proceso, deben ser determinados de la ecuación de Fourier cuando la superficie A es conocida, Q y ΔT_{ln} , son calculados a partir de las condiciones de proceso Entonces:

$$U = \frac{Q}{A\Delta T_{ln}}$$

Ecuación N° 3.

Si la superficie no se conoce, el valor de U puede obtenerse independientemente de la ecuación de Fourier, mediante los dos coeficientes de película. Despreciando la Resistencia de la pared del tubo:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}$$

Ecuación N° 4.

Cuando los aparatos de transferencia de calor han estado en servicio por algún tiempo, generalmente se les depositan incrustaciones y basura en la parte interior y exterior de las tuberías, añadiendo dos resistencias más a las que fueron incluidas en el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor. En este caso el U obtenido en la Ecuación anterior, puede considerarse como el coeficiente total limpio designado por U_c . El coeficiente que incluye la resistencia de lodos se llama de diseño o coeficiente total de lodos U_D .

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_{di} + R_{do}$$

Ecuación N° 5.

Los valores típicos de factores de ensuciamiento, para distintos fluidos se encuentran tabulados en diversos libros de transferencia de calor.

4.1. INTERCAMBIADOR DE CALOR

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, que estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico.

Los intercambiadores de calor transfieren energía térmica a partir de un líquido (o de gas) a otro líquido (o a gas) sin mezclar los dos. Los intercambiadores de calor compactos son comúnmente usados en los procesos industriales de Ventilación Calentamiento, Refrigeración y también de Aire acondicionado, debido a su economía, construcción y operación.

4.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR

Intercambiadores de contacto directo: son aquellos dispositivos en los que los fluidos sufren una mezcla física completa.

Intercambiadores de contacto indirecto:

Alternativos: ambos fluidos recorren un mismo espacio de forma alternada, la mezcla entre los fluidos es despreciable.

De superficie: son equipos en los que la transferencia de calor se realiza a través de una superficie, cilíndrica o plana, sin permitir el contacto directo.

Existen dos tipos de intercambiadores de contacto indirecto:

1. los cambiadores de flujo paralelo (intercambio líquido - líquido)
2. los cambiadores de flujo cruzado (intercambio líquido - gas)

Clasificación de los intercambiadores de calor de superficie

Los intercambiadores de flujos paralelos, son generalmente utilizados en el intercambio térmico líquido-líquido, mientras que los de flujos cruzados se utilizan generalmente en el intercambio líquido-gas

Cambiadores de calor tubulares

El cambiador indirecto más simple es el cambiador de tubos concéntricos; consta de dos tuberías concéntricas, una en el interior de la otra, circulando los dos fluidos por el espacio anular y por la tubería interior. Los flujos pueden ser en el mismo sentido (corrientes paralelas) o en sentido contrario (contracorriente).

4.1.1.1 TRANSMISIÓN DE CALOR POR CONDUCCIÓN

La conducción es la forma en que tiene lugar la transferencia de energía a escala molecular. Cuando las moléculas absorben energía térmica vibran sin desplazarse, aumentando la amplitud de la vibración conforme aumenta el nivel de energía. Esta vibración se transmite de unas moléculas a otras sin que tenga lugar movimiento alguno de traslación. En la transmisión de calor por conducción no hay movimiento de materia. La conducción es el método más habitual de transmisión de calor en procesos de calentamiento/enfriamiento de materiales sólidos opacos. Si existe una gradiente de temperatura en un cuerpo, tendrá lugar una transmisión de calor desde la zona de alta temperatura hacia la que está a temperatura más baja. El flujo de calor será proporcional al gradiente de temperatura.

Transmisión de calor por convección

Cuando un fluido circula alrededor de un sólido, por ejemplo por el interior de una tubería, existiendo una diferencia de temperatura entre ambos tiene lugar un intercambio de calor entre ellos. Esta transmisión de calor se debe al mecanismo de convección. El calentamiento y enfriamiento de gases y líquidos son los

ejemplos más habituales de transmisión de calor por convección. Dependiendo de si el flujo del fluido es provocado artificialmente o no, se distinguen dos tipos: forzada y libre (también llamada natural). La convección forzada implica el uso de algún medio mecánico, como una bomba o un ventilador, para provocar el movimiento del fluido. Ambos mecanismos pueden provocar un movimiento laminar o turbulento del fluido.

Importancia del aislamiento en la disminución de las pérdidas de calor en los equipos:

Los equipos para el procesamiento de alimentos se suelen aislar para minimizar las pérdidas de calor hacia el entorno. Si no se aíslan, los equipos pueden tener pérdidas de calor por cualquiera de los tres mecanismos de transmisión de calor: conducción, convección o radiación. Las pérdidas de calor por conducción a través del aire serán pequeñas debido a su baja conductividad ($k_{\text{aire}}=0.0258 \text{ W/m}\cdot\text{oC}$ a 30 oC). Las pérdidas de calor por convección serán las más importantes, pues las corrientes de convección se desarrollarán fácilmente si existe una diferencia de temperatura entre el cuerpo y su entorno. Es necesario aislar para disminuir el flujo de calor entre un objeto y sus alrededores. El material aislante debe tener baja conductividad térmica y capacidad para frenar las corrientes de convección. Los materiales más utilizados para aislar incluyen el corcho, la magnesia, el vidrio y la lana. En el pasado se utilizó mucho el asbesto por sus buenas propiedades aislantes, pero la fibra de asbestos se mostró causante del cáncer y ya no se utiliza. Actualmente se fabrican piezas de magnesia y otros aislantes de fácil instalación sobre tuberías y otros equipos

4.1.1.2 INTERCAMBIADORES DE TIPO CORAZA Y TUBO

Los intercambiadores de calor de carcasa y tubos están compuestos por tubos cilíndricos, montados dentro de una carcasa también cilíndrica, con el eje de los tubos paralelos al eje de la carcasa. Un fluido circula por dentro de los tubos, y el otro por el exterior (fluido del lado de la carcasa). Son el tipo de intercambiadores de calor más usado en la industria.

Partes de un intercambiador de calor de carcasa y tubos

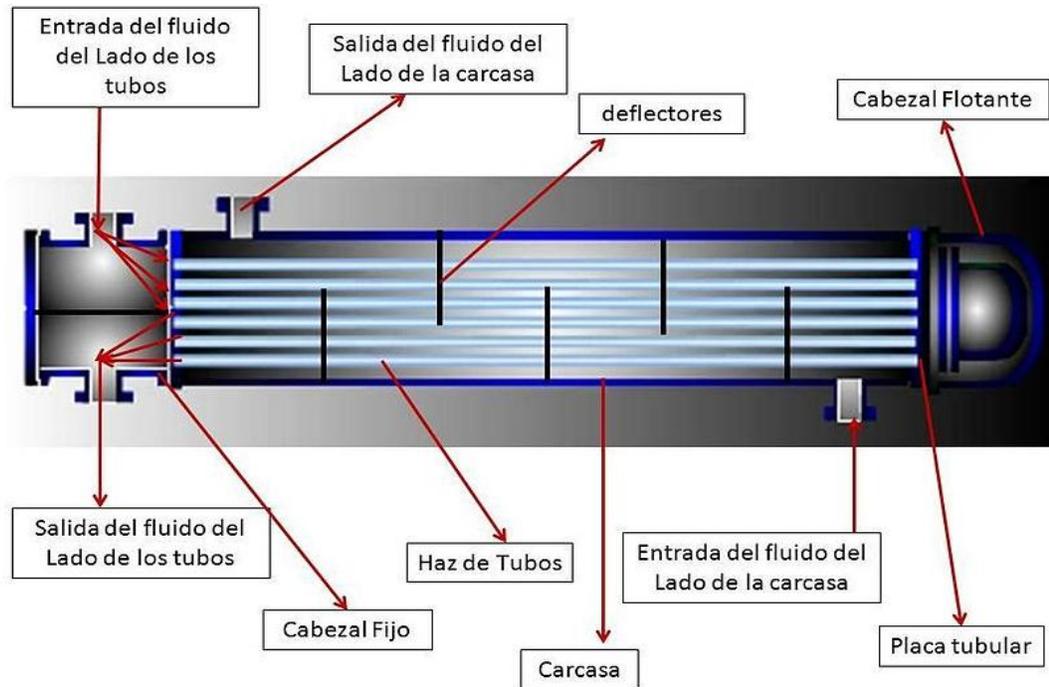


Figura 1

Los componentes básicos de este intercambiador son: El haz de tubos (o banco de tubos), carcasa, cabezal fijo, cabezal removible (o trasero), deflectores, y la placa tubular.

Se usa una amplia variedad de configuraciones en los intercambiadores de calor de carcasa y tubos, dependiendo del desempeño deseado de transferencia de calor, caída de presión y los métodos empleados para reducir los esfuerzos térmicos, prevenir fugas, fácil mantenimiento, soportar las presiones y temperaturas de operación, y la corrosión. Estos intercambiadores se construyen de acuerdo a las normas de la Asociación de Fabricantes de Intercambiadores de Calor Tubulares (TEMA), con algunas modificaciones, dependiendo del país.

TEMA ha desarrollado una nomenclatura para designar los tipos básicos de intercambiadores de calor de carcasa y tubos. En este sistema, cada intercambiador se designa con tres letras, la primera indicando el cabezal delantero, la segunda el tipo de carcasa, y la tercera el cabezal posterior.

EMA también ha conformado una serie de normas mecánicas para la construcción, fabricación, y materiales constructivos de tres tipos de

intercambiadores de calor tubulares: R, C, B. Los intercambiadores clase R son los usados en condiciones de operación severas, en procesos petroleros y afines. La Clase C designa a los intercambiadores usados en aplicaciones comerciales y procesos generales bajo condiciones moderadas. La clase B designa a los intercambiadores de calor de carcasa y tubos usados en procesos químicos. Generalmente, en estos últimos, los materiales constructivos son no-ferrosos, mientras que en los Clase C y Clase R, se usan materiales ferrosos.

Los tipos más frecuente de intercambiador son: AES, AEP, CFU, AKT, Y AJW. Aunque pueden existir diferentes configuraciones a las mencionadas, estas no pueden ser identificadas por la nomenclatura TEMA.

Clasificación de los intercambiadores de tubo y coraza acorde a la norma TEMA.

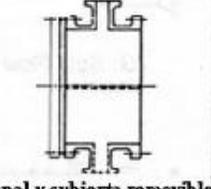
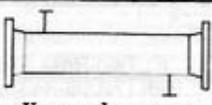
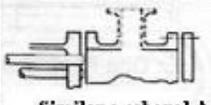
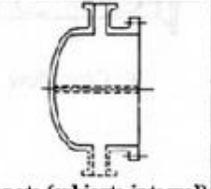
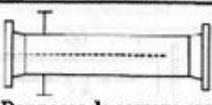
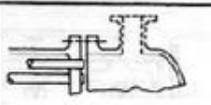
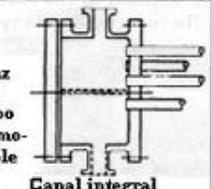
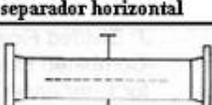
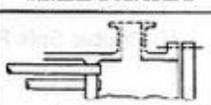
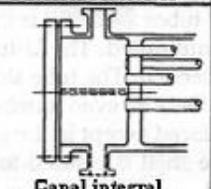
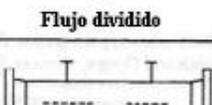
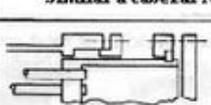
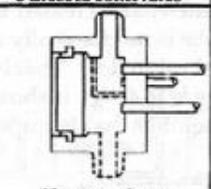
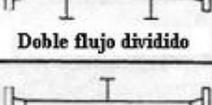
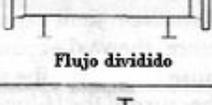
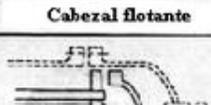
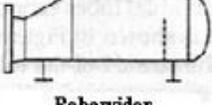
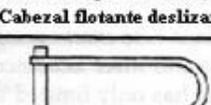
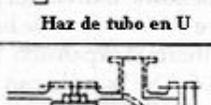
| | Frente Cabezales estacionarios | Tipo de carcasa | Terminal Tipos de cabezal |
|----------|---|---|--|
| A |  Canal y cubierta removible | E  Un pase de carcaza | L  Similar a cabezal A |
| B |  Bonete (cubierta integral) | F  Dos pases de carcaza con separador horizontal | M  Similar a cabezal B |
| C |  Haz de tubo removible Canal integral Cubierta removible | G  Flujo dividido | N  Similar a cabezal N |
| N |  Canal integral Cubierta removible | H  Doble flujo dividido | P  Cabezal flotante empacado por el exterior |
| D |  Altas presiones | J  Flujo dividido | S  Cabezal flotante |
| | | K  Rehervidor | T  Cabezal flotante deslizante |
| | | X  Flujo cruzado | U  Haz de tubo en U |
| | | | W  Sello externo |

Figura 2

Los tubos son los componentes fundamentales, proporcionando la superficie de transferencia de calor entre el fluido que circula por el interior de los tubos, y la carcasa. Los tubos pueden ser completos o soldados y generalmente están hechos de cobre o aleaciones de acero. Otras aleaciones de níquel, titanio o aluminio pueden ser requeridas para aplicaciones específicas.

Los tubos pueden ser desnudos o aletados. Las superficies extendidas se usan cuando uno de los fluidos tiene un coeficiente de transferencia de calor mucho menor que el otro fluido. Los tubos doblemente aletados pueden mejorar aún más la eficiencia. Las aletas proveen de dos a cuatro veces el área de transferencia de calor que proporcionaría el tubo desnudo. La cantidad de pasos por los tubos y por la carcasa dependen de la caída de presión disponible. A mayores velocidades, aumentan los coeficientes de transferencia de calor, pero también las pérdidas por fricción y la erosión en los materiales. Por tanto, si la pérdida de presión es aceptable, es recomendable tener menos cantidad de tubos, pero de mayor longitud en un área reducida. Los diseños estándares tienen uno, dos o cuatro pasos por los tubos. En múltiples diseños se usan números pares de pasos. Los números de pasos impares no son comunes, y resultan en problemas térmicos y mecánicos en la fabricación y en la operación.

La selección del espaciamiento entre tubos es un equilibrio entre una distancia corta para incrementar el coeficiente de transferencia de calor del lado de la carcasa, y el espacio requerido para la limpieza. En la mayoría de los intercambiadores, la relación entre el espaciamiento entre tubos y el diámetro exterior del tubo varía entre 1,25 y 2. El valor mínimo se restringe a 1.25 porque para valores inferiores, la unión entre el tubo y la placa tubular se hace muy débil, y puede causar filtraciones en las juntas. Para los mismos espaciamiento entre tubos y caudal, los arreglos en orden decrecientes de coeficiente de transferencia de calor y caída de presión son: 30° , 45° , 60° y 90° .

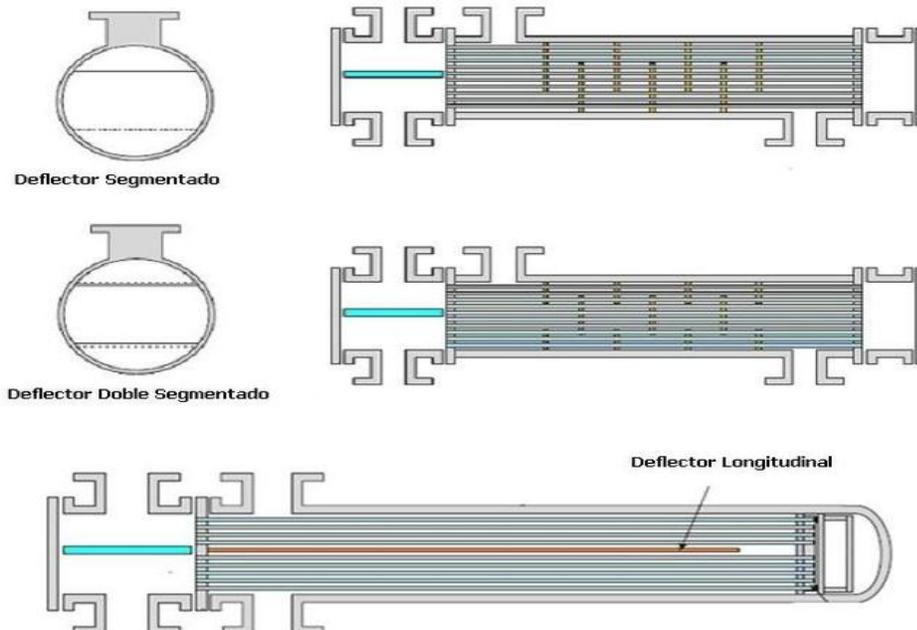


Figura 3

4.1.2. APLICACIONES INDUSTRIALES DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

Tomado de un proceso de la empresa Dow Química (Empresa Productora de resina de alta calidad y consistencia que son utilizados en empaques, refrigeración y cosméticos entre otros usos) de la ciudad de Cartagena.

El sistema consiste en tanque que recibe un iniciador (materia prima para iniciar una reacción), llamado IP-625-Gly-K, el cual una vez descargado del reactor se debe mantener en una temperatura mayor de 80°C pero menor a 100°C para mantener la viscosidad baja y evitar demoras en las transferencias del producto hacia el reactor R-2120.

Temperatura > 80°C pero menor a 100°C → 22 minutos de transferencia del producto de Tanque contenedor al Reactor (Condiciones ideales).

Además si la temperatura del producto excediera esos límites el producto sufriría modificaciones en cuanto a su calidad.

Temperatura < 50°C → 40°C minutos mayor viscosidad, lo cual ocasiona demora en la transferencia del producto y no cumpliría con los tiempos estipulados ya que este proceso se maneja por receta.

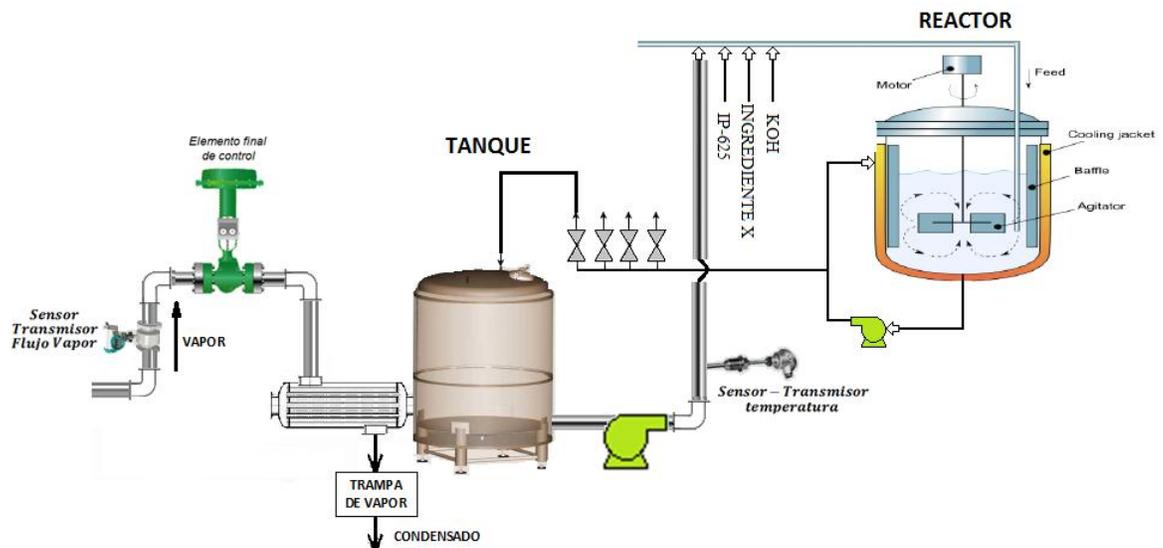


Figura 4

4.1.3. OTRAS APLICACIONES

| | |
|---|---|
|  | <p>Industria Marítima. Los intercambiadores a placas son utilizados como enfriadores de aceite, enfriadores de agua de refrigeración de los motores, generadores de agua potable.</p> |
|  | <p>Industria de tratamiento de superficies. Los intercambiadores de calor a placas se utilizan para el calentamiento de la solución desengrasante, enfriamiento del agua de aclarado, calentamiento</p> |
|  | <p>Centrales Nucleares. Los intercambiadores de calor de placas se utilizan en el circuito secundario de refrigeración.</p> |
|  | <p>Industria Alimentaria. Los intercambiadores de calor a placas se utilizan en la fabricación de leche, mantequilla, queso, postres, miel, yogures, cerveza, helados, refrescos, agua embotellada, salsas. Laygo gaskets suministra juntas de intercambiadores de calor de placas para todo tipo de aplicación alimentaria.</p> |
|  | <p>Industria química. Los intercambiadores de calor a placas se utilizan para controlar temperaturas de proceso, calentamiento o enfriamiento de productos químicos en proceso</p> |

4.1.4. ESTRUCTURA, DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR TIPO TUBO CORAZA

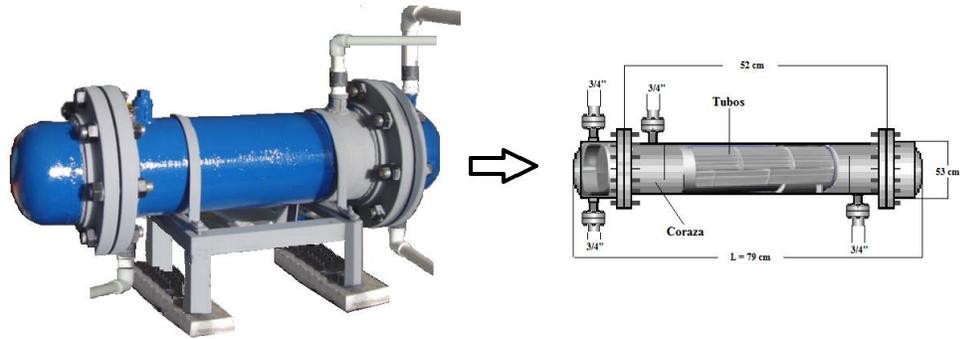


Figura 5

TABLA 1
(Propiedades de los Fluidos que intervienen en el proceso)

| Propiedades (Tm) | Fluido Frio(coraza) | Fluido Caliente(tubos) |
|--|-------------------------|--------------------------|
| Temperatura de entrada (T_{in}) [°C] | 28 | 60 |
| Temperatura de salida (T_{out}) [°C] | 35 | 49 |
| Factor de obstrucción [h.ft ² /Btu] | 0,001 | 0,001 |
| Flujo másico(\dot{m}) [Kg/s] | 0,134907 | 0,1195 |
| Densidad (ρ) [Kg/m ³] | 995,63 | 985,94 |
| Capacidad calorífica (cp) [J/Kg. K] | 4174,7 | 4178,8 |
| Conductividad térmica (k) [W/m K] | 0,61828 | 0,6487 |
| Viscosidad dinámica (μ) [Pa.s] | 7,742*10 ⁻⁰⁴ | 5,0849*10 ⁻⁰⁴ |
| Numero de Prandt (Pr) | 5,2293 | 3,2756 |

TABLA 2
(Especificaciones del equipo Intercambiador de calor)

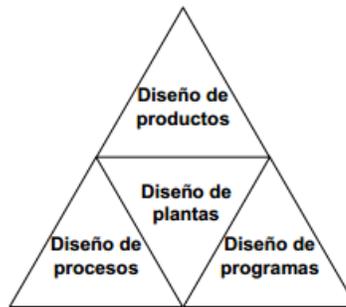
| | |
|--|---------------------|
| Número de pasos por la coraza | 1 |
| Número de pasos por los tubos | 2 |
| Arreglo | Δ (triangular) |
| Material de la coraza | Acero al carbón |
| Material de los tubos | Acero inoxidable |
| Diámetro nominal de la coraza (DO _c) | 6 in (Sch 40) |
| Diámetro nominal de los tubos(DO _t) | ¼ in (Sch 40) |
| Longitud de los tubos | 54 cm (1,7712ft) |
| Numero de baffles | 7 |
| Espaciado entre baffles (s) | 6.5 cm (2,55906 in) |
| Pitch | 2 cm (0,7874in) |

4.2. SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

Por proceso, se entiende aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto. Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch.

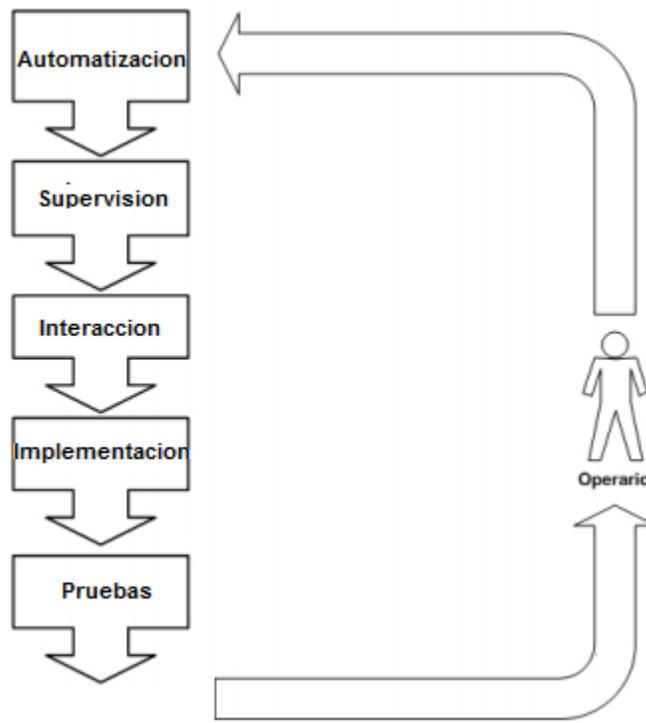
Los procesos continuos se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material, como por ejemplo la purificación de agua o la generación de electricidad. Los procesos discretos contemplan la salida del proceso en forma de unidades o número finito de piezas, siendo el ejemplo más relevante la fabricación de automóviles. Finalmente, los procesos batch son aquellos en los que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material, como por ejemplo la fabricación de productos farmacéuticos o la producción de cerveza.



El concepto de proceso está claramente relacionado con los conceptos de productos, programas, así como con la planificación de plantas, tal como muestra la figura. La estructura organizativa de la empresa debe contar con una clara relación entre estos conceptos, y para ello el ciclo de diseño está basado en la idea de ingeniería concurrente en la que diversos equipos desarrollan de forma coordinada cada uno de los diseños. En concreto es relevante centrarse en qué se va a producir, como y cuando se fabricarán los productos, qué cantidad de producto debe fabricarse, así como especificar el tiempo empleado y el lugar en que se llevarán a cabo dichas operaciones.

Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización. Existen complejos procesos de automatización que requieren de la colaboración entre los diversos departamentos de una empresa (gestión, logística, automatización, distribución, etc.). En esta sección se enfoca el problema en concreto en la parte de automatización, desde el punto de vista del trabajo que debe realizar el ingeniero/ingeniera técnica. El marco metodológico consta de las fases siguientes, que el operario debe realizar:

- Automatización
- Supervisión
- Interacción
- Implementación
- Pruebas



Para llevar a la práctica el proyecto de automatización, es necesario seguir las fases de la metodología presentada, así como indicar el tipo de operario o grupo de ellos encargados de llevar a cabo las fases por separado o el conjunto de ellas. La figura ilustra la secuencia ordenada de fases. Es decir, si la metodología quiere llevarse a la práctica hay que seguir paso a paso el método de forma secuencial.

4.3. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Para todo proyecto de automatización se debe tener en cuenta unos aspectos, normas, reglas, fundamentales, los cuales han sido regulados y supervisados por las diferentes empresas encargadas de aprobarlas como lo son: ANSI/ISA, ISO, EN, IEC, entre otras. Estas dependen si son Europeas o Americana.

4.4. NOMENCLATURA Y NORMATIVIDAD

4.4.1. SIMBOLOS Y DIAGRAMAS

Los símbolos y diagramas son usados en el control de procesos para indicar la aplicación en el proceso, el tipo de señales empleadas, la secuencia de componentes interconectadas y de alguna manera, la instrumentación empleada. La Sociedad de Instrumentistas de América (ISA por sus siglas en inglés Instruments Society of America) publica normas para símbolos, términos y diagramas que son generalmente reconocidos en la industria. Procederemos a identificar esas normas que ayudara a utilizar e interpretar los símbolos utilizados en el control de procesos.

Los instrumentos son generalmente identificados por números en una etiqueta. El número de la etiqueta identifica (1) la función en el proceso y (2) el lazo de control en el cual está localizado. La figura 6 indica cómo las letras y los números son seleccionados y agrupados para lograr una rápida identificación.

| PRIMERA LETRA | LETRAS SUBSECUENTE | NUMERO DEL LAZO DE CONTROL | SUFIJO (SIES USADO) |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------|
| F | RC | 102 | A |
| IDENTIFICACION FUNCIONAL | | IDENTIFICACION DEL LAZO | |

Letras y Numeros Utilizados para Numeros de Etiqueta

Figura 6

La función o variable de proceso puede ser fácilmente asociada con el tipo de medición hecha en el proceso. Así, el FRC (Flow Recorder Controler por sus siglas en inglés) mostrado en la figura anterior identifica un controlador registrador de flujo. Las letras del alfabeto son utilizadas para formar la combinación de estos nombres. En la Tabla 3 Se muestra la tabla con las letras correspondientes a cada término.

| Letras de identificación | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| | Primera Letra | | Letras Sucesivas | | |
| | Columna 1 | Columna 2 | Columna 3 | Columna 4 | Columna 5 |
| A | Análisis | | Alarma | | |
| B | Quemador, combustión | | Selección del usuario | Selección del usuario | Usuario |
| C | Selección del usuario | | | Controlador | Cerrado |
| D | Selección del usuario | Diferencial | | | Desviación |
| E | Tensión | | Sensor (elemento | | |
| F | Rata de flujo | Relación | primario) | | |
| G | Selección del usuario | | Dispositivo de vidrio, | | |
| H | Manual | | | | Alto |
| I | Corriente (eléctrica) | | Indicación | | |
| J | Potencia | Muestreo | | | |
| K | Tiempo | Rata de tiempo | | Estación de control | |
| L | Nivel | | Luz | | Bajo |
| M | Selección del usuario | | | | Medio, intermedio |
| N | Selección del usuario | | Selección del usuario | Selección del usuario | |
| O | Selección del usuario | | Orificio, restricción | | Abierto |
| P | Presión, vacío | | Punto de prueba | | |
| Q | Cantidad | Integrador, total. | Integrador, totalizador | | |
| R | Radiación | | Registrador | | Run (arranque) |
| S | Velocidad, frecuencia | Safety | | Interruptor | Stop (parada) |
| T | Temperatura | | | Transmisor | |
| U | Multivariable | | Multifunción | Multifunción | Multifunción |
| V | Vibración, análisis | | | Válvula, damper | |
| W | Peso, fuerza | | Vaina o pozo térmico | | |
| X | Sin clasificar | Eje X | Sin clasificar | Sin clasificar | Sin clasificar |
| Y | Evento o estado | Eje Y | | Relé, convertidor | |
| Z | Posición, dimensión | Eje Z | | Elemento final, | |

identificador de instrumentos Con letras

Tabla 3

En los diagramas los números de la etiqueta son colocados dentro de círculos.

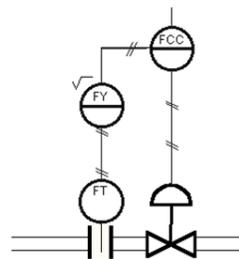
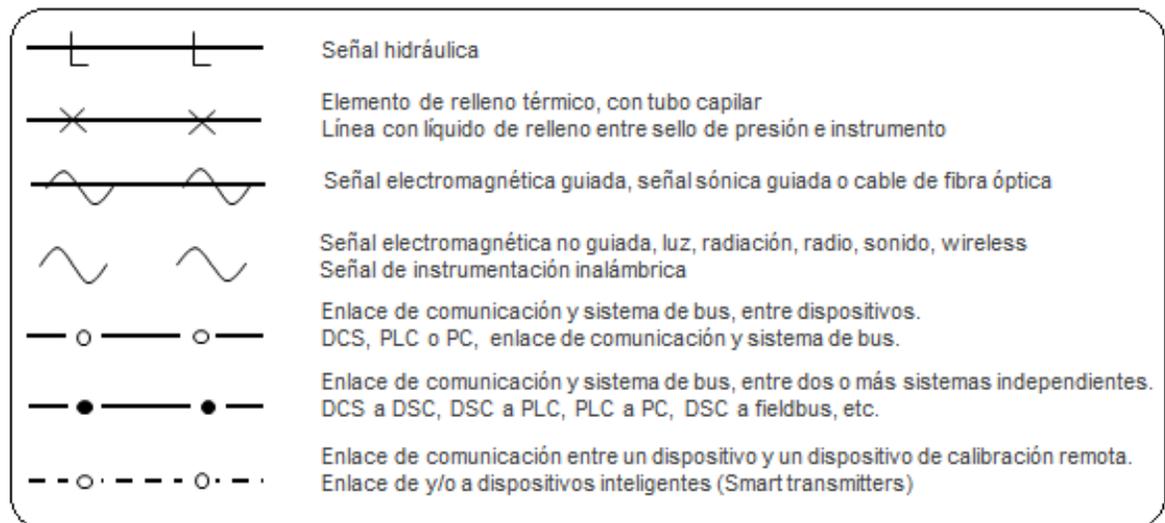


Figura 6

La Tabla 4 muestra varias normas de arreglos de círculos. Note que la identificación funcional está siempre en la mitad superior del globo mientras que el número del lazo de control está en la mitad inferior.

| | Localizado en el campo | Localización panel principal | Localización panel secundario | Localización detrás del panel |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Instrumento discreto | | | | |
| Sistema de control de proceso básico | | | | |
| Sistema de computador y software | | | | |
| Sistema instrumentado de seguridad | | | | |

Tabla 4: Símbolos Estándares De La Ubicación De Los Instrumentos



Simbología De líneas - Conexion instrumento a instrumento

Figura 7

4.5. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Todo sistema de control a lazo cerrado implementado a cualquier proceso de la industria debe estar estructurado de la siguiente manera.

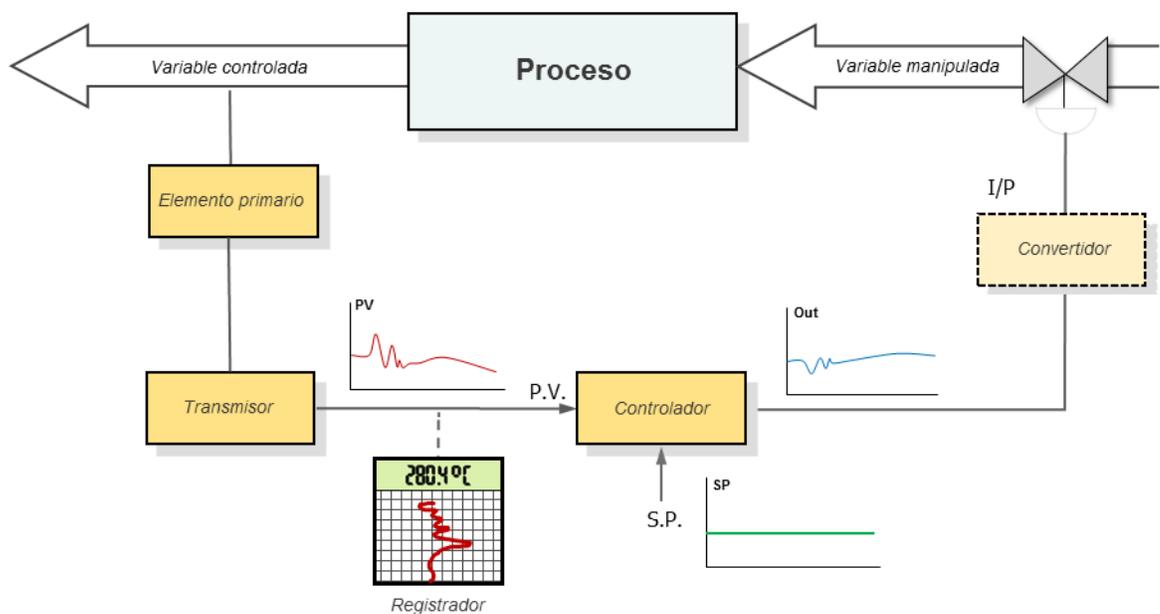


Figura 8

Variable Controlada: Es la variable física que debemos mantener en un valor constante en el lazo de control.

Variable Manipulada: Es aquella que el controlador varía, en su esfuerzo por mantener la variable Controlada en un valor deseado. Por tal motivo, siempre vamos a encontrar una válvula de control o un elemento final de control afectándola.

Perturbaciones: la o las variables que ocasionan, que la variable de control se desvíe del valor deseado o punto de ajuste.

Punto De Ajuste: Valor de la variable programado en el controlador, que fija el punto donde se desea mantener la variable controlada.

Indicador: instrumento que muestra gráficamente, el valor de la variable medida.

Elemento Primario: instrumento que mide el valor de la variable del proceso y envía una señal previamente determinada.

Transmisor: Instrumento que responde a los cambios de la variable medida, por medio de elemento sensor y la convierte a una señal de transmisión estándar: (3-15 psi, 4-20 mA, Profibus PA o FF).

Controlador: Equipo que opera automáticamente, para regular una variable controlada.

Un controlador automático varía su señal de salida, en respuesta a los cambios de la variable medida.

Válvula De Control: Elemento que controla presión, rata de flujo o dirección de flujo en un fluido.

Posicionador: Es un elemento mecánico, conectado a la parte en movimiento del elemento final o actuador de la válvula y que permite el ajuste automático de la presión de salida, con el fin de mantener una posición deseada, que mantenga una relación predeterminada con la señal de entrada.

4.6. DOCUMENTACION

4.6.1. INGENIERIA CONCEPTUAL: Durante esta fase el objetivo principal es entender como operará el proceso, basándose en una implementación neutral, y definir los requerimientos de control para soportar la operación.

4.6.2. INGENIERIA BASICA: En esta fase se elaboran las especificaciones funcionales (instrumentación, sistemas de control Seguridad, etc.), indicando los requerimientos en términos de tamaño, desempeño, confiabilidad, condiciones ambientales que debe cumplir la tecnología que se utilizará la aplicación

4.6.3. INGENIERIA DE DETALLE: En esta etapa se realizan las actividades relacionadas con especificación detallada de instrumentación y sistemas de control y seguridad, las cuales permitirán llevar a cabo las actividades de compra y construcción de la planta.

Existen una serie de documentos especializados que me permiten tener información relevante y o relevante de nuestra planta entre los principales que tenemos son:

- ❖ **Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)**

- ❖ **Process Flow Diagram (PFD)**

Este documento describe el proceso de forma esquemática. Resulta más útil en procesos continuos. El documento muestra los materiales, las cantidades necesarias y sus características necesarias para la producción de la planta. Indica los equipos y líneas principales de la planta.

No existe un estándar ISA para estos documentos, sin embargo, los estándares ANSI/ISA-5.1 e ISAS5.5 incluyen simbología que suele utilizarse en estos documentos.

- ❖ **Instruments list**

- ❖ **Specification forms (Data Sheets)**

- ❖ **Logic diagrams**
- ❖ **Loops diagrams**
- ❖ **Installation details**
- ❖ **Location plants**

CAPITULO 3

DESCRIPCIÓN Y MODELO DEL PROCESO

5. DESCRIPCIÓN Y MODELO DEL PROCESO

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO:

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, que estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico.

Los equipos son utilizados para transferir calor desde una corriente de fluido caliente a otra constituida por otro fluido más frío, Dada la multitud de aplicaciones de estos dispositivos, se puede realizar una clasificación dependiendo de su construcción. Para la elección del mismo se consideran aspectos como tipo de fluido, densidad, viscosidad, contenido en sólidos, límite de temperaturas, conductividad térmica, etc. existen diversos diseños de intercambiadores de calor como son: intercambiadores de placas, de doble tubo, de casco u tubo de grafito y en nuestro caso de tubo y coraza.

Los intercambiadores de **Tubo y Coraza** constituyen la parte más importante de los equipos de transferencia de calor sin combustión en las plantas de procesos químicos, este consiste en una serie de tubos lineales colocados dentro de un tubo más grande llamado coraza donde se da el proceso de transferencia térmica. En el nodo Petroquímico de la institución se imparte educación técnica con equipos usados en la actualidad en la industria local relacionado a los aprendices con lo que enfrentaran en el mercado laboral.

El control del mismo se hace manualmente, es decir, abriendo cerrando válvulas y monitoreando la temperatura de entrada y la de salida del fluido de proceso, como se puede identificar es un control muy robusto y la precisión del mismo depende del operador.

5.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Basado en la estructura de control de la Figura 8 el sistema contara con un control de temperatura para un intercambiador de calor tipo tubo-coraza con el Hardware (Instrumentación, actuadores y controladores electrónicos) y Software necesario que me permita garantizar y mantener la temperatura en el valor ($70^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$) que el operador requiera para dicho proceso (Calentar el fluido que se procesa, de una temperatura de entrada $T_i(t)$, a cierta temperatura de salida $T(t)$ que se desea), teniendo en cuenta que en el sistema se presentan perturbaciones tales como: temperatura y flujo de entrada del fluido del proceso. A su vez un manual que me permita instruir a los estudiantes de manera muy eficaz su aprendizaje.

El sistema va ser controlado y monitoreado por un sistema scada utilizando un computador, el cual permitirá recibir los datos vía Ethernet industrial y enviarlos al controlador y este haga la respectiva acción de control, permitiendo variar la variable manipulada en un intento de ajustar la variable controlada al valor digitado (set point) por el usuario en el scada.

En la Figura 8 se muestra un sistema de control y sus componentes básicos. (En el apéndice A se presentan los símbolos e identificación de los diferentes instrumentos utilizados en el sistema de control automático. El primer paso es medir la temperatura de salida de la corriente o fluido del proceso, esto se lee mediante un sensor (pt100, dispositivo de resistencia térmica, termómetros de sistema lleno, termistores, etc.). El sensor se conecta físicamente al **transmisor**, el cual capta la salida del sensor y la convierte en una señal lo suficientemente intensa como para transmitirla **al controlador (PLC)**, El controlador recibe la señal, que está en relación con la temperatura, la compara con el valor que se desea y, según el resultado de la comparación, decide qué hacer para mantener la temperatura en el valor deseado. Con base en la decisión, el controlador envía otra señal al **elemento final de control**, el cual, a su vez, maneja el flujo de la corriente o fluido de servicio.

P&ID del control de temperatura para el intercambiador de calor tipo tubo coraza utilizando dos sensores de temperatura un sensor de flujo Magnetico y como actuador o elemento final de control una válvula de control proporcional, esto lo representamos en la Figura 9

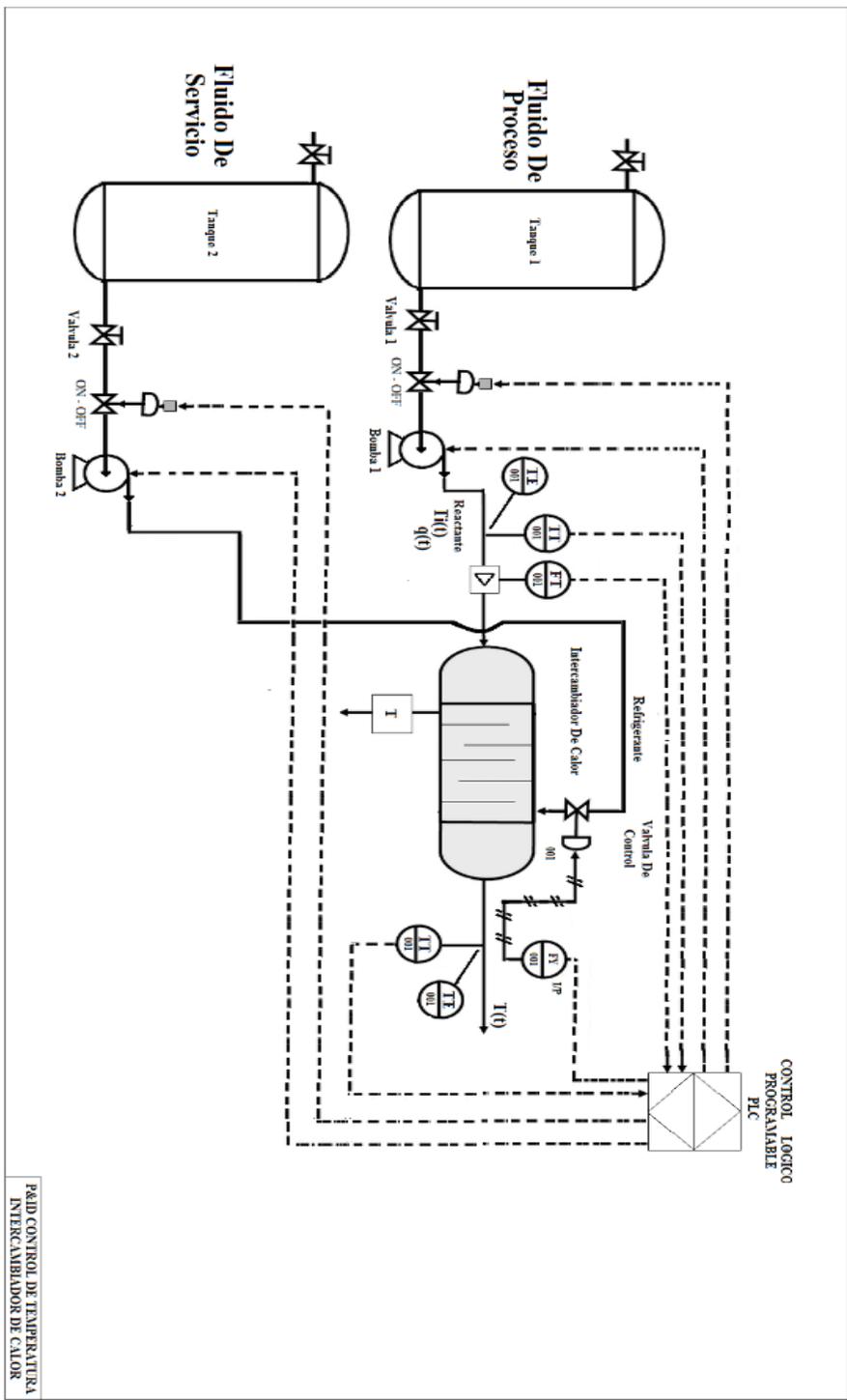


Figura 9

El sistema cuenta con el sistema de control dicho anteriormente y asu vez el fluido de servicio y el fluido de proceso se e cuentan en dos depositos como se representa en la figura 9 (tanque 1, tanque 2).

La representación de sistema monitoreado, va hacer por medio de un scada representado por la figura 10.

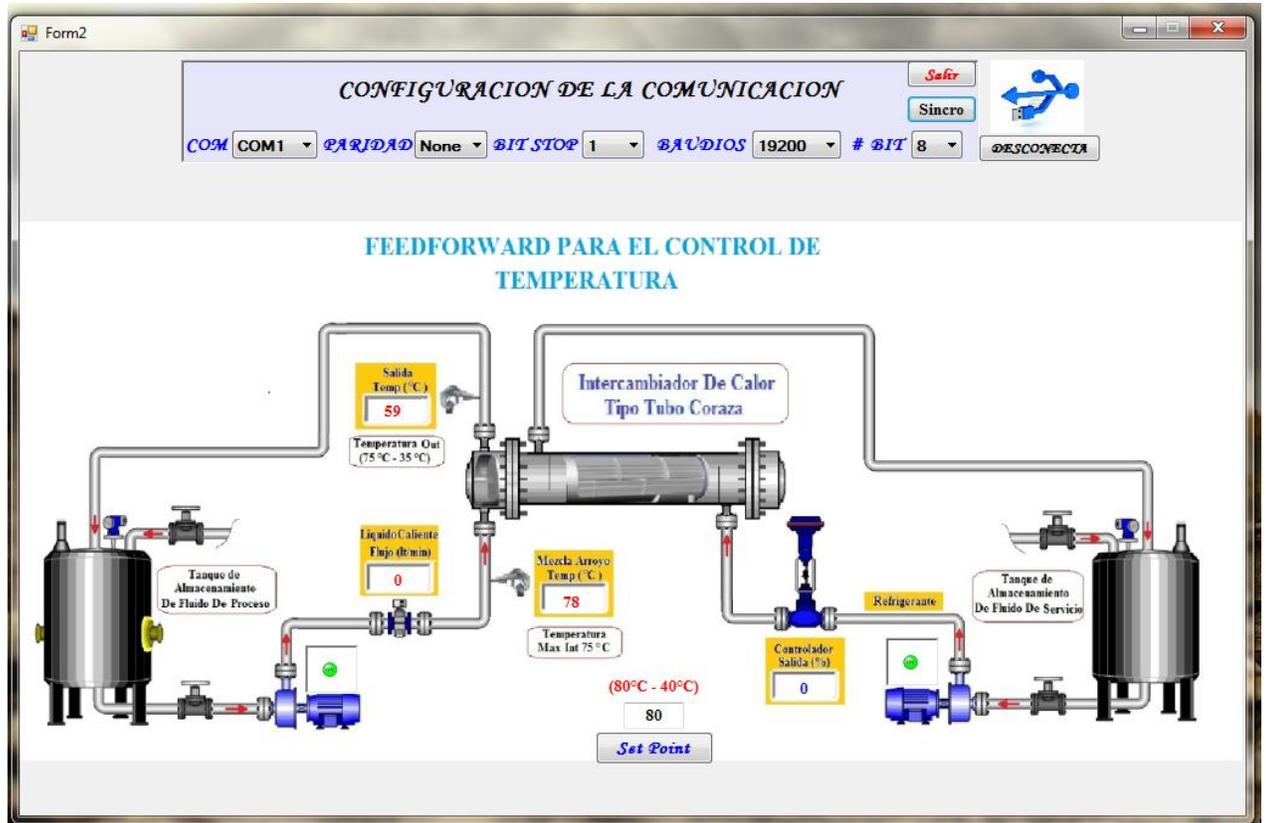


Figura 10

El sistema podrá contar con un supervisorio que permitirá monitorear la temperatura de entrada, temperatura de salida y la rata de flujo de entrada del fluido del proceso. Teniendo en cuenta estos datos, el sistema podrá controlar la apertura o cierre parcial de una válvula que controlara la rata de flujo del fluido de servicio que se encuentra a una temperatura menor que la del fluido del proceso.

5.3. DISEÑO ELECTRONICO INSTRUMENTACION, CONTROL Y VISUALIZACION DEL PROCESO

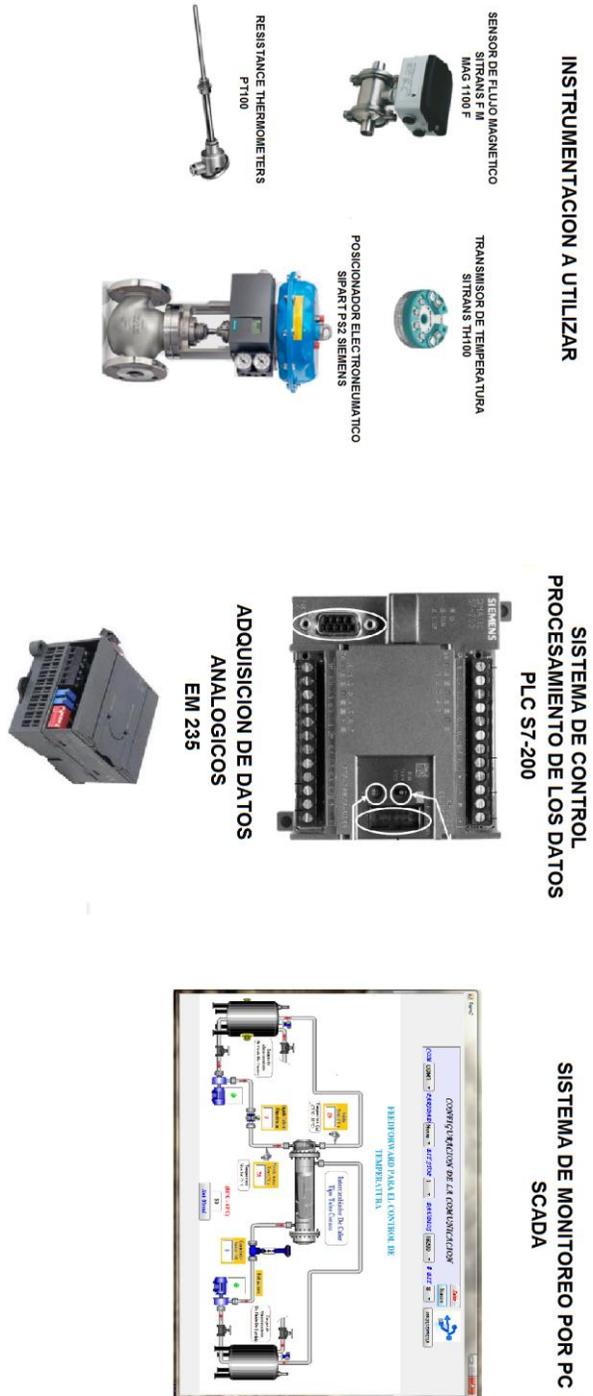


Figura 11

5.4. DISEÑO ELECTRICO

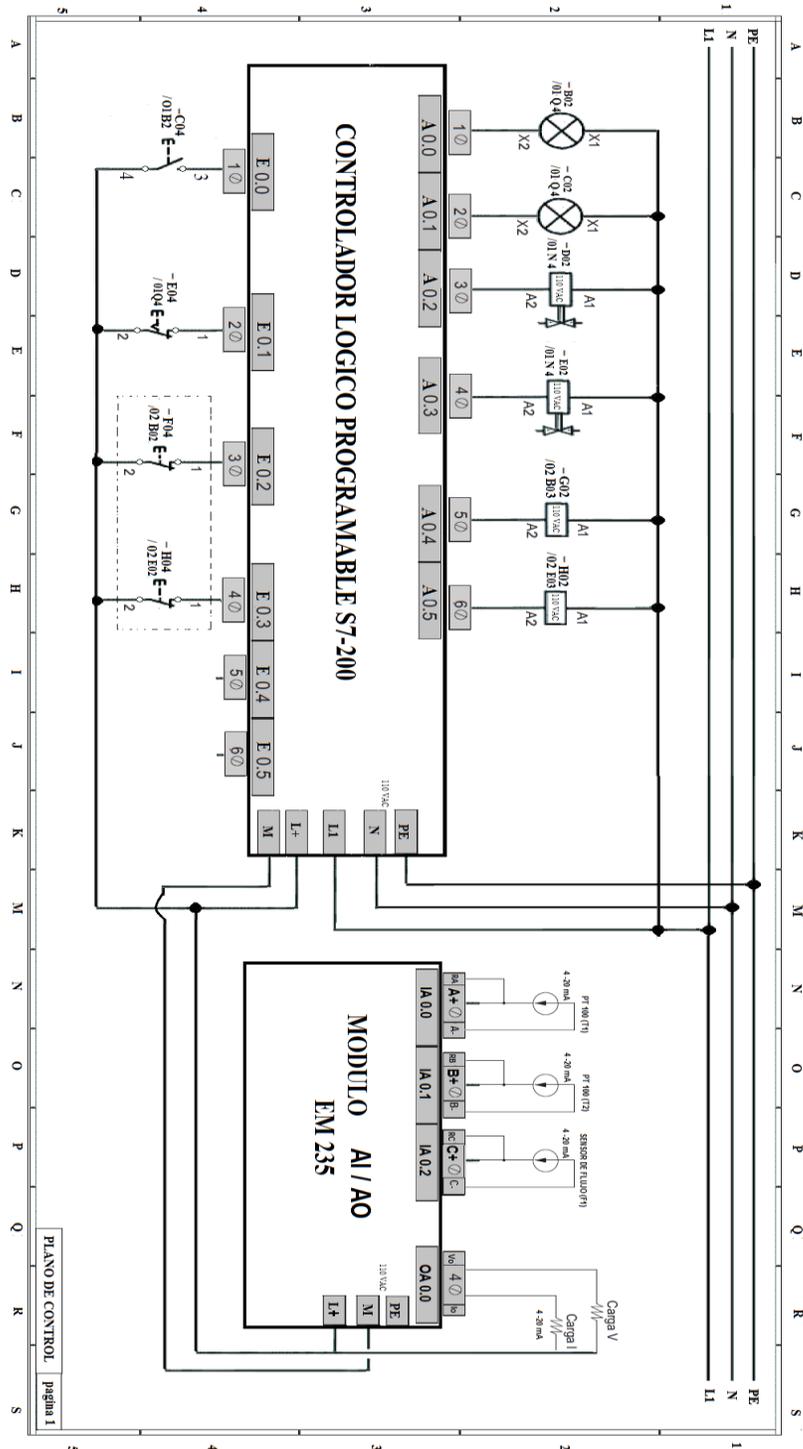


Figura 12

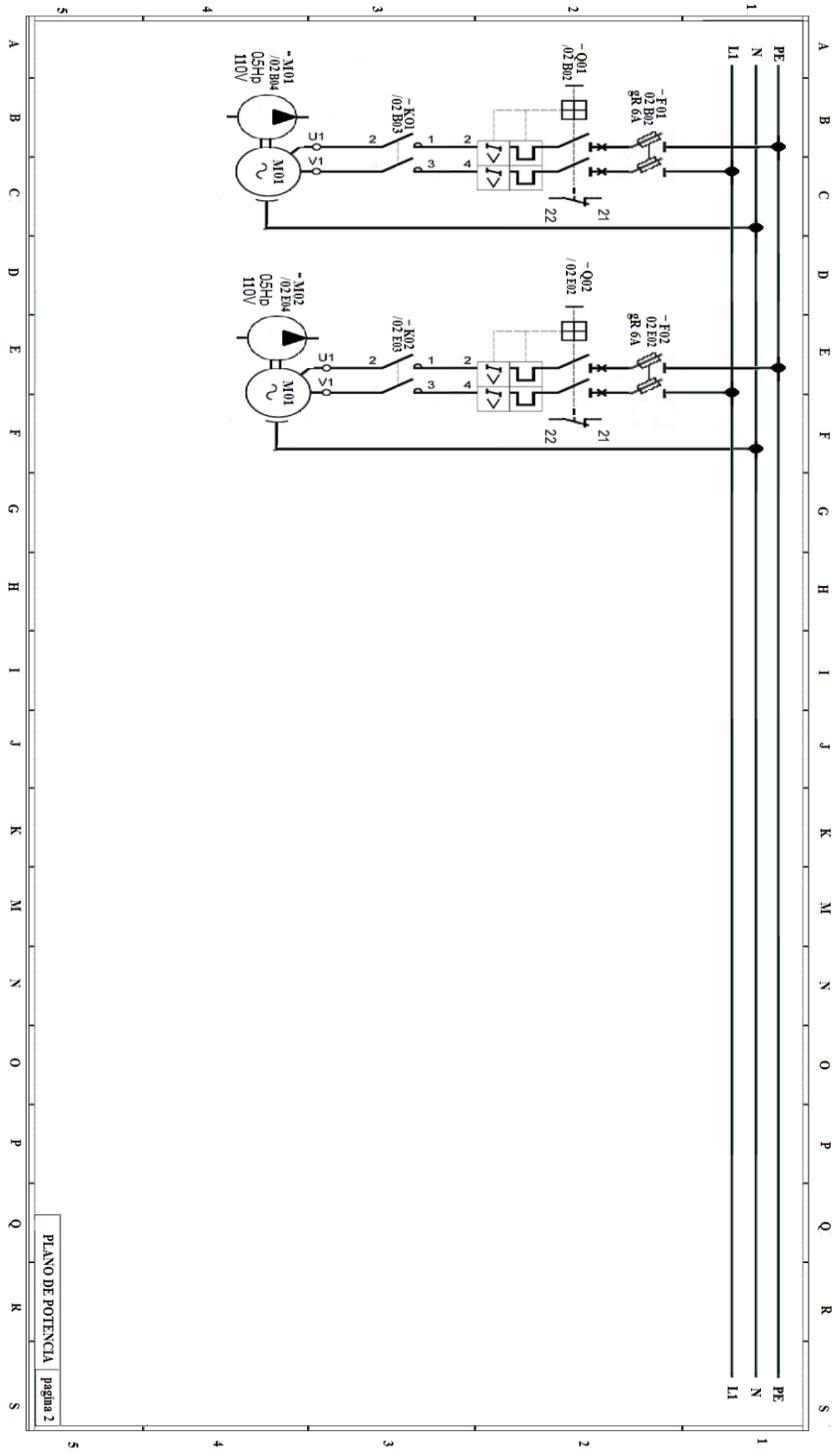


Figura 13

5.5. DISEÑO MECANICO

Basándonos en los datos medidos del intercambiador se logró dimensionar y diseñar la estructura mecánica de la planta piloto del intercambiador de calor y cuyas medidas se representan en la figura 14.

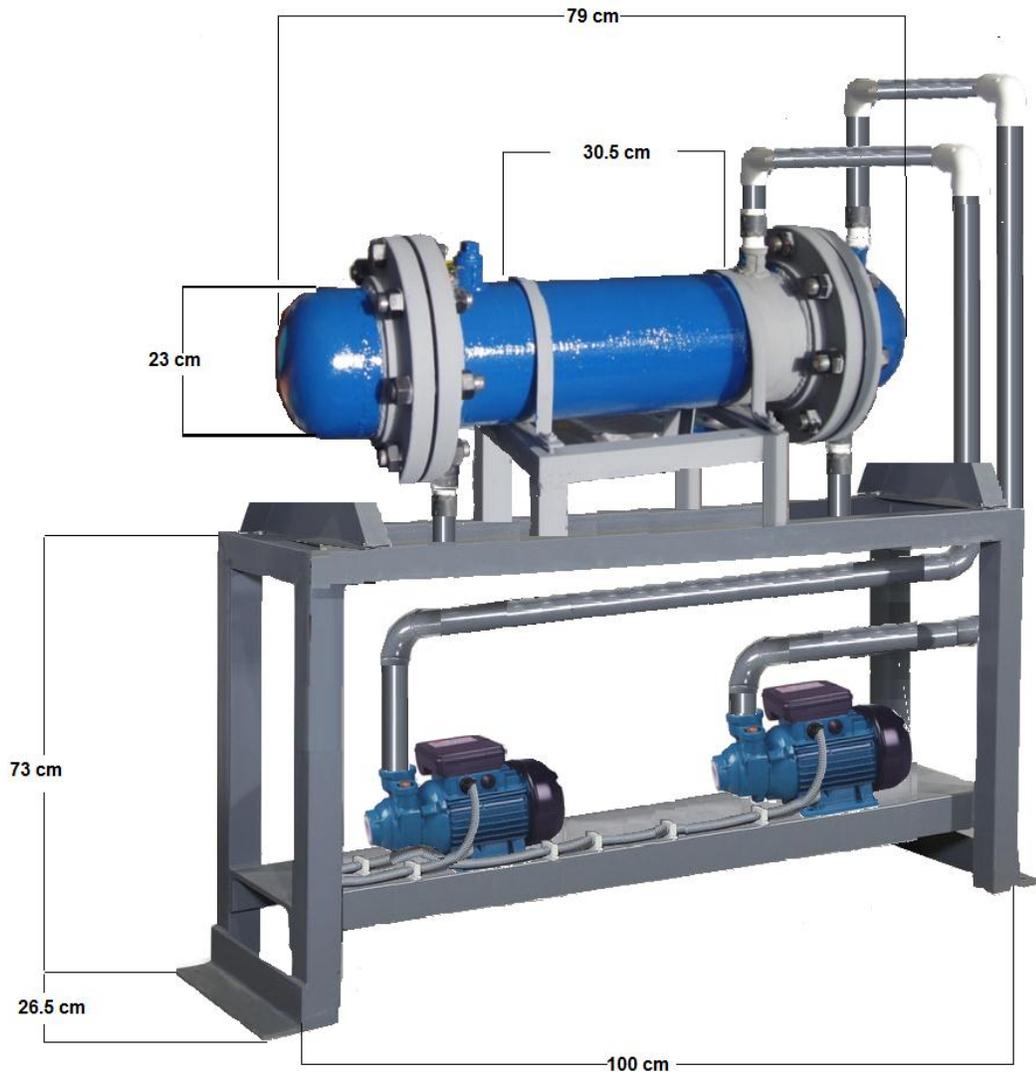


Figura 14

CAPITULO 4
CRONOGRAMA Y ANÁLISIS

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| ACTIVIDADES | Marzo de 2013 | Abril de 2013 | Mayo de 2013 | Junio de 2013 | Julio de 2013 | Agosto de 2013 |
|--|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| Adquisición de datos históricos para efectos de comparación y justificación del proyecto | | | | | | |
| Levantamiento de información para ingeniería (dimensiones físicas, eléctricas, etc.) | | | | | | |
| Dimensionamiento y selección de instrumentos y demás materiales | | | | | | |
| Cotización de equipos y materiales | | | | | | |
| Ingeniería de detalle-diseño de planos eléctricos | | | | | | |
| Ingeniería de detalle-diseño de diagramas P&ID | | | | | | |
| Diseño de programa de estrategia de control | | | | | | |
| Diseño del software de supervisión HMI | | | | | | |
| Documentación del diseño | | | | | | |
| Sustentación del proyecto | | | | | | |

7. ANALISIS FINANCIERO

7.1. PRESUPUESTO

Se presenta a continuación los costos generados en la realización de este proyecto.

El costo total realizado en la adquisición de equipos se encuentra detallado en la siguiente Tabla

| EQUIPO | DESCRIPCION | CANTIDAD | COSTO TOTAL USD |
|---|--|----------|-----------------|
| PLC SIEMENS SIMATIC S7200 CPU 224 | COMPACTO 5 DO/8 DI | 1 | 250 |
| MODULO ANALOGO EM 235 | COMPACTO 3 AI/1 AO | 1 | 200 |
| CABLE PROGRAMACION PPI | RS485 | 1 | 150 |
| PC | PC CON SISTEMA OPERATIVO WINDOWS XP Y STEP 7 MICRO/WIN 4 | 1 | 400 |
| TRANSMISOR Y SENSOR DE TEMPERATURA | SINTRANS TH 100 | 2 | 360 |
| SENSOR DE FLUJO | SINTRASN FM MAG 1100 | 1 | 69 |
| VALVULA DE CONTROL (ACTUADOR) | 1/2" VG 7842 GT3008 | 1 | 50 |
| VALVULAS DE CORTE | PASO MANUAL | 2 | 10 |
| VALVULAS DE SEGURIDAD | SOLENOIDE | 2 | 106.16 |
| BOMBAS CENTRIFUGAS | 1/2 HP | 2 | 212.31 |
| INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBO-CORAZA | TUBO-CORAZA | 1 | 1,592.35 |
| ESTRUCTURA MONTAJE PLANTA PILOTO | ESTRUCTURA METALMECANICA | 1 | 800 |
| TANQUE ALMACENAMIENTO FLUIDO DE SERVICIOS | CAPACIDAD DE 100 LT | 1 | 300 |
| TANQUE ALMACENAMIENTO FLUIDO DE PROCESOS | CAPACIDAD DE 100 LT | 1 | 350 |
| COSTO TOTAL USD | | | 2939 |

Los gastos generados por mano de obra y mantenimientos se encuentran detallados en la Tabla

| MANO DE OBRA CALIFICADA | COSTO | COSTO USD |
|--------------------------------|-------|-------------|
| INGENIERO CONTRATISTA | 1000 | 1000 |
| OPERADOR | 400 | 400 |
| MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO | 800 | 800 |
| COSTO TOTAL USD | | 2200 |

Los gastos generados por mano de obra y mantenimientos se encuentran detallados en la Tabla

| MANO DE OBRA CALIFICADA | COSTO | COSTO USD |
|--------------------------------|------------------------|-------------|
| | | |
| INGENIERO CONTRATISTA | 1000 | 1000 |
| OPERADOR | 400 | 400 |
| MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO | 800 | 800 |
| | COSTO TOTAL USD | 2200 |

Una vez realizado la revisión de costos individual, se presenta en la Tabla el valor total de la inversión para la implementación de la planta piloto.

| | |
|--------------------------------|-------------|
| EQUIPOS | 2939 |
| MANO DE OBRA CALIFICADA | 2200 |
| COSTO TOTAL USD | 5139 |

7.2. BENEFICIOS ESPERADOS

El mayor beneficio que se puede esperar a obtener al implementar este diseño es el de poder supervisar, controlar y manipular variables físicas como lo es la temperatura y el flujo en un intercambiador de calor utilizado en procesos industriales. Este trabajo trae como consecuencia suplir las necesidades de las prácticas industriales en la institución educativa CASD Manuela Beltrán (Nodo Petroquímico) logrando así un nivel académico alto según las especificaciones y necesidades que a sociedad industrial demande.

Además disminuir la tasa de deserción de estudiantes de la institución por falta de motivación y de prácticas que lo relacionen mas con la problemática actual de los procesos a los cuales se enfrentaran en la industria.

Con esto lograremos que el aporte que brinda en gobierno por cada estudiante se mantenga en los niveles adecuados y sea invertido proyectos futuros, es decir, alrededor de \$10.000.000 (**USD 530.78**) es el valor anual que la institución deja de recibir por dichas deserciones.

Este proyecto servirá para ampliar los convenios que se tiene con otras instituciones para la realización de prácticas de laboratorio, actualmente se tienen con laboratorio de química y se podrá tener con el laboratorio de mantenimiento

electrónico industrial, el cual representaría unos ingresos para la institución alrededor de \$10.000.000 (**USD 530.78**) anuales.

Además concientizar sobre la importancia que tiene la automatización de procesos a nivel industrial y que beneficios les ofrecerá o traerá a las industrias.

La institución cuenta con 12 Grupos dentro de las diferentes especialidades de 30 estudiantes cada uno lo que nos da un total de 360 estudiantes.

El estado aporta para la educación de los jóvenes 1'200.000 millones de pesos, aproximadamente lo cual nos da una inversión total de 4.321'000.000 millones de pesos.

La institución invierte aproximadamente el 40 % "172'100.00 millones de pesos" de este capital en los laboratorios de:

1. Lab. Física
2. Lab. Química
3. Lab. Electrónica.
4. Arte
5. Edu. Física y Deporte

Que rpartidos equitativamente representas el 20% de este capital y el 8 % del capital global que en pesos son: 34'560.000 millones de pesos, que convertidos en dólares representarían **USD 18.156,03** como beneficio estimado.

Tomando esta cifra como referencia y considerando que el costo total estimado del proyecto en dólares es de **USD \$ 17,675.07** estaríamos invirtiendo de forma eficiente el capital asignado por el estado para dicho propósito al año, además no se consideran los costos de mantenimiento debido a que estos los realizaría el coordinador de aula igualmente seria una excelente inversión que convertiría lo que en la actualidad es un pasivo para la institución en un activo.

CAPITULO 5
CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA

8. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el gran desarrollo que ha tenido el diseño del proyecto (Planta Piloto para el control de temperatura en un intercambiador de calor tipo tubo coraza) se procederá en el transcurso del año a poner en marcha el proyecto, implementarlo en la INSTITUCION EDUCATIVA CASD MANUELA BELTRAN NODO PETROQUIMICO PLASTICO, para que los alumnos logren desarrollar sus prácticas eficientemente y despertar e incentivar para que sigan su carrera de estudio y así logren tener bases sólidas al momento de elegir una carrera universitaria o técnica teniendo en cuenta el caso.

9. BIBLIOGRAFIA

- Autómatas Programables. Teoría y Práctica. N. García, M. Almonacid, R.J. Saltarén, R. Puerto. Universidad Miguel Hernández, 2000.
- Autómatas Programables. Entorno y Aplicaciones. E. Mandado, J. Marcos, C. Fernández, J.I. Armesto, S. Pérez. Ed. Thomson Paraninfo, 2004.
- Autómatas Programables. Josep Balcells, Jose Luis Romeral. Ed. Marcombo, 1997
- Ingeniería de Control Moderna. K. Ogata. Ed. Prentice - Hall, 1998.
- [McMill99] Process / Industrial Instruments and Controls Handbook, G.K. McMillan, D.M. Considine et al. McGraw-Hill 5th. ed., 1999. ISBN: 0-07-012582-1.
- Control Automático De Procesos, Teoría Y Practicas. Carlos A Smith, Armando B. Corripio. Noriega Editores. Editorial Limusa.
- Apuntes "Introducción a los Sistemas de Control", 1982 Autor: Ing. Mario Pérez Lopez.
- Apuntes "Modelo Matemático", 1982 Autor: Ing. Mario Pérez López.
- sistemas de Control Automático". Autor: Benjamín C. Kuo, Séptima Edición. Editorial: "Prentice Hall Hispanoamericana S.A" ,1996.
- "Engineering Systems and Automatic Control", Autor: Dransfiel, Peter.
- Controles Automáticos, Autores: Howard L. Harrison y John G. Bollinger.

9.1. PAGINA WEB

- www.infoplac.net

ANEXOS

Flow Measurement SITRANS F M

Flow sensor MAG 1100 F

Overview



The electromagnetic sensor SITRANS F M MAG 1100 F is designed to meet applications in the food and beverage industry.

Benefits

- Sensor sizes: DN 10 to DN 100 (3/8" to 4")
- AISI 316 stainless steel enclosure
- Sensor: Hygienic connection, 3A approval and EHEDG certified
- Sanitary design for CIP / SIP cleaning
- Conforms to FDA
- Easy commissioning, the SENSORPROM unit automatically updates settings
- Hose proof IP67/NEMA 4X enclosure rating
- Designed that patented in-situ verification can be conducted. Using SENSORPROM fingerprints

Application

The main applications of the SITRANS F M electromagnetic sensors can be found in the following fields:

- Food Industry
- Beverage Industry
- Pharmaceutical Industry

Design

- Unique mechanical design with a wide range of customer specified sanitary connection
- Compact or remote mounting possible easy 'plug & play' field changeable
- Simple on site upgrade to IP68/NEMA 6P terminal box
- Ex ATEX 2G D version for hazardous areas (ceramic liner)

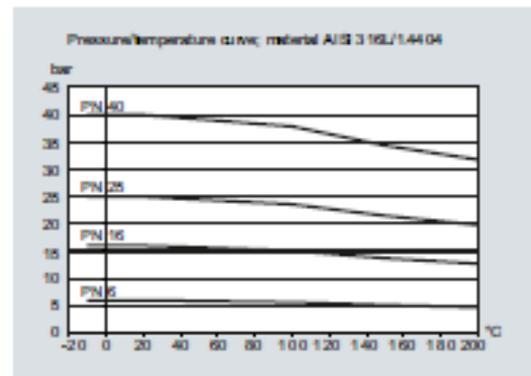
Mode of operation

The flow measuring principle is based on Faraday's law of electromagnetic induction according to which the sensor converts the flow into an electrical voltage proportional to the velocity of the flow.

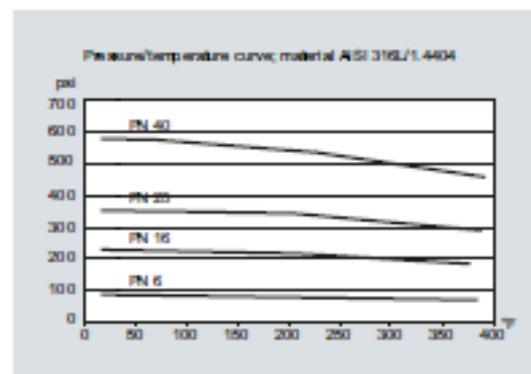
Integration

The complete flowmeter consists of a sensor and an associated transmitter SITRANS F M MAG 5000, 6000 and 6000 L. The flexible communication concept USM II simplifies integration and update to a variety of fieldbus systems such as PROFIBUS DP and PA, Modbus RTU/RS485, HART, FOUNDATION Fieldbus H1, DeviceNet.

Pressure/temperature curve; material AISI 316L/1.4404

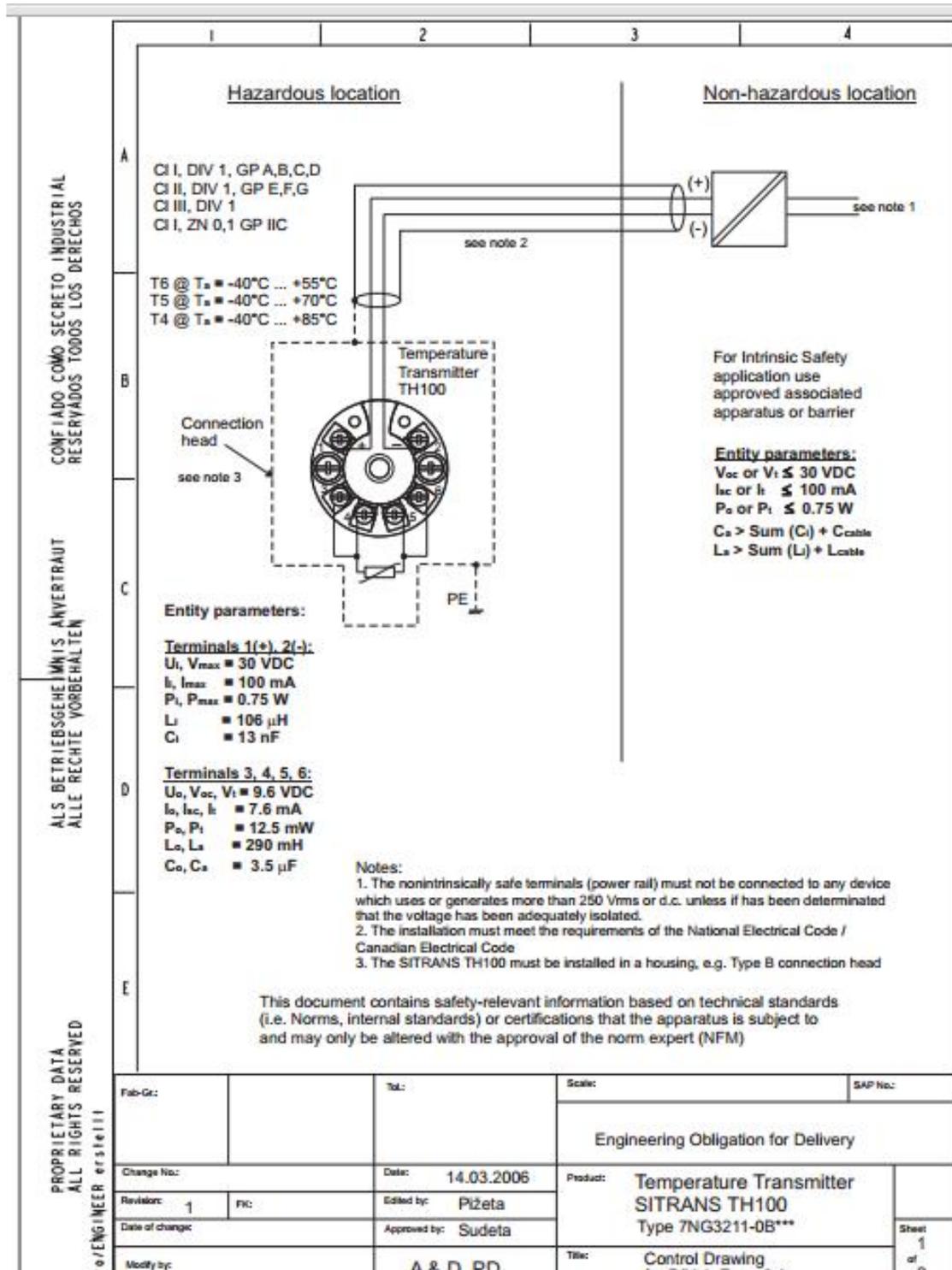


Pressure/temperature curve; material AISI 316L/1.4404



For further information on the PED standard and requirements, see page 10/9.

SITRANS TH100

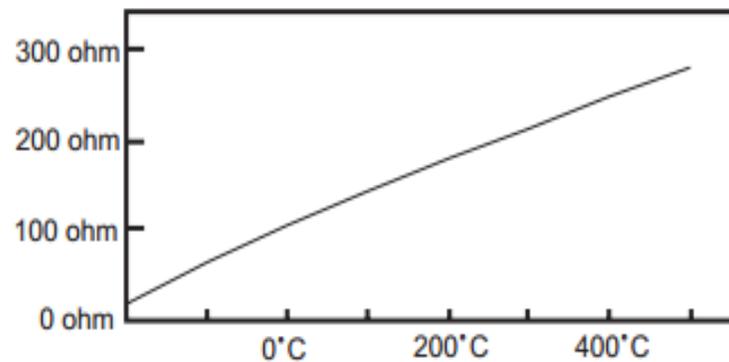


Pt100, su operación, instalación y tablas.

Que es un Pt100 ?

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo)

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

Ventajas del Pt100

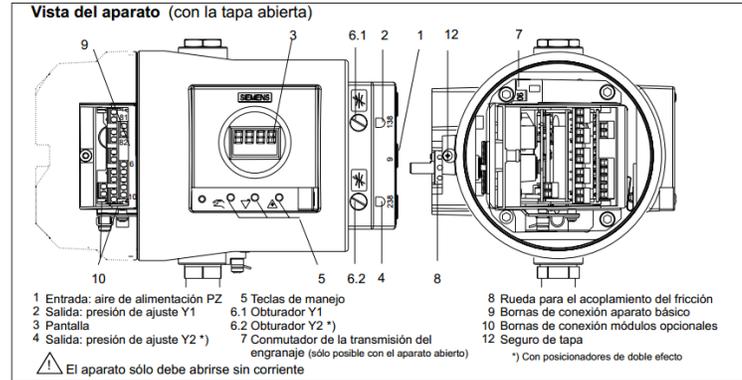
Por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

| Pt 100 ohms | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| °C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| -190 | 22.78 | 22.35 | 21.93 | 21.50 | 21.08 | 20.66 | 20.23 | 19.81 | 19.38 | 18.96 |
| -180 | 27.01 | 26.59 | 26.17 | 25.74 | 25.32 | 24.90 | 24.47 | 24.05 | 23.63 | 23.20 |
| -170 | 31.24 | 30.81 | 30.39 | 29.97 | 29.55 | 29.13 | 28.70 | 28.28 | 27.86 | 27.44 |
| -160 | 35.45 | 35.03 | 34.61 | 34.19 | 33.77 | 33.34 | 32.92 | 32.50 | 32.08 | 31.66 |
| -150 | 39.65 | 39.23 | 38.81 | 38.39 | 37.97 | 37.55 | 37.13 | 36.71 | 36.29 | 35.87 |
| -140 | 43.78 | 43.37 | 42.96 | 42.54 | 42.13 | 41.72 | 41.30 | 40.89 | 40.48 | 40.06 |
| -130 | 47.90 | 47.49 | 47.08 | 46.67 | 46.26 | 45.85 | 45.43 | 45.02 | 44.61 | 44.20 |
| -120 | 52.01 | 51.60 | 51.19 | 50.78 | 50.37 | 49.96 | 49.55 | 49.14 | 48.73 | 48.32 |
| -110 | 56.11 | 55.70 | 55.29 | 54.88 | 54.48 | 54.07 | 53.66 | 53.25 | 52.84 | 52.43 |
| -100 | 60.20 | 59.79 | 59.38 | 58.98 | 58.57 | 58.16 | 57.75 | 57.34 | 56.93 | 56.52 |
| -90 | 64.23 | 63.83 | 63.43 | 63.02 | 62.62 | 62.22 | 61.81 | 61.41 | 61.01 | 60.60 |
| -80 | 68.25 | 67.85 | 67.45 | 67.05 | 66.65 | 66.25 | 65.84 | 65.44 | 65.04 | 64.64 |
| -70 | 72.26 | 71.86 | 71.46 | 71.06 | 70.66 | 70.26 | 69.86 | 69.46 | 69.06 | 68.66 |
| -60 | 76.26 | 75.86 | 75.46 | 75.06 | 74.67 | 74.27 | 73.87 | 73.47 | 73.07 | 72.67 |
| -50 | 80.25 | 79.85 | 79.45 | 79.06 | 78.66 | 78.26 | 77.86 | 77.46 | 77.06 | 76.66 |
| -40 | 84.22 | 83.83 | 83.43 | 83.03 | 82.64 | 82.24 | 81.84 | 81.44 | 81.05 | 80.65 |
| -30 | 88.18 | 87.79 | 87.39 | 87.00 | 86.60 | 86.21 | 85.81 | 85.41 | 85.02 | 84.62 |
| -20 | 92.13 | 91.74 | 91.35 | 90.95 | 90.56 | 90.16 | 89.77 | 89.37 | 88.98 | 88.58 |
| -10 | 96.07 | 95.68 | 95.29 | 94.89 | 94.50 | 94.11 | 93.71 | 93.32 | 92.92 | 92.53 |
| 0 | 100.00 | 99.61 | 99.22 | 98.82 | 98.43 | 98.04 | 97.65 | 97.25 | 96.86 | 96.47 |
| 0 | 100.00 | 100.39 | 100.78 | 101.17 | 101.56 | 101.95 | 102.34 | 102.73 | 103.12 | 103.51 |
| 10 | 103.90 | 104.29 | 104.68 | 105.07 | 105.46 | 105.85 | 106.24 | 106.63 | 107.02 | 107.41 |
| 20 | 107.79 | 108.18 | 108.57 | 108.96 | 109.35 | 109.74 | 110.12 | 110.51 | 110.90 | 111.29 |
| 30 | 111.67 | 112.06 | 112.45 | 112.84 | 113.22 | 113.61 | 114.00 | 114.38 | 114.77 | 115.16 |
| 40 | 115.54 | 115.93 | 116.32 | 116.70 | 117.09 | 117.47 | 117.86 | 118.24 | 118.63 | 119.01 |
| 50 | 119.40 | 119.78 | 120.17 | 120.55 | 120.94 | 121.32 | 121.71 | 122.09 | 122.48 | 122.86 |
| 60 | 123.24 | 123.63 | 124.01 | 124.39 | 124.78 | 125.16 | 125.54 | 125.93 | 126.31 | 126.69 |
| 70 | 127.07 | 127.46 | 127.84 | 128.22 | 128.60 | 128.99 | 129.37 | 129.75 | 130.13 | 130.51 |
| 80 | 130.89 | 131.28 | 131.66 | 132.04 | 132.42 | 132.80 | 133.18 | 133.56 | 133.94 | 134.32 |
| 90 | 134.70 | 135.08 | 135.46 | 135.84 | 136.22 | 136.60 | 136.98 | 137.36 | 137.74 | 138.12 |
| 100 | 138.50 | 138.88 | 139.26 | 139.64 | 140.02 | 140.40 | 140.77 | 141.15 | 141.53 | 141.91 |
| 110 | 142.29 | 142.67 | 143.04 | 143.42 | 143.80 | 144.18 | 144.55 | 144.93 | 145.31 | 145.69 |
| 120 | 146.06 | 146.44 | 146.82 | 147.19 | 147.57 | 147.95 | 148.32 | 148.70 | 149.07 | 149.45 |
| 130 | 149.83 | 150.20 | 150.58 | 150.95 | 151.33 | 151.70 | 152.08 | 152.45 | 152.83 | 153.20 |
| 140 | 153.58 | 153.95 | 154.33 | 154.70 | 155.08 | 155.45 | 155.83 | 156.20 | 156.57 | 156.95 |
| 150 | 157.32 | 157.69 | 158.07 | 158.44 | 158.81 | 159.19 | 159.56 | 159.93 | 160.30 | 160.68 |
| 160 | 161.05 | 161.42 | 161.79 | 162.16 | 162.53 | 162.91 | 163.28 | 163.65 | 164.02 | 164.39 |
| 170 | 164.76 | 165.13 | 165.50 | 165.88 | 166.25 | 166.62 | 166.99 | 167.36 | 167.73 | 168.10 |
| 180 | 168.47 | 168.84 | 169.21 | 169.58 | 169.95 | 170.31 | 170.68 | 171.05 | 171.42 | 171.79 |
| 190 | 172.16 | 172.53 | 172.90 | 173.26 | 173.63 | 174.00 | 174.37 | 174.74 | 175.10 | 175.47 |
| 200 | 175.84 | 176.21 | 176.58 | 176.94 | 177.31 | 177.68 | 178.04 | 178.41 | 178.78 | 179.14 |
| 210 | 179.51 | 179.88 | 180.24 | 180.61 | 180.98 | 181.34 | 181.71 | 182.07 | 182.44 | 182.81 |
| 220 | 183.17 | 183.54 | 183.90 | 184.27 | 184.63 | 185.00 | 185.36 | 185.73 | 186.09 | 186.45 |
| 230 | 186.82 | 187.18 | 187.55 | 187.91 | 188.27 | 188.64 | 189.00 | 189.37 | 189.73 | 190.09 |
| 240 | 190.46 | 190.82 | 191.18 | 191.54 | 191.91 | 192.27 | 192.63 | 192.99 | 193.36 | 193.72 |
| 250 | 194.08 | 194.44 | 194.80 | 195.17 | 195.53 | 195.89 | 196.25 | 196.61 | 196.97 | 197.33 |
| 260 | 197.69 | 198.05 | 198.41 | 198.77 | 199.14 | 199.50 | 199.86 | 200.22 | 200.58 | 200.94 |
| 270 | 201.29 | 201.65 | 202.01 | 202.37 | 202.73 | 203.09 | 203.45 | 203.81 | 204.17 | 204.53 |
| 280 | 204.88 | 205.24 | 205.60 | 205.96 | 206.32 | 206.68 | 207.03 | 207.39 | 207.75 | 208.11 |
| 290 | 208.46 | 208.82 | 209.18 | 209.53 | 209.89 | 210.25 | 210.60 | 210.96 | 211.32 | 211.67 |
| °C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

| °C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 300 | 212.03 | 212.39 | 212.74 | 213.10 | 213.45 | 213.81 | 214.16 | 214.52 | 214.88 | 215.23 |
| 310 | 215.59 | 215.94 | 216.29 | 216.65 | 217.00 | 217.36 | 217.71 | 218.07 | 218.42 | 218.77 |
| 320 | 219.13 | 219.48 | 219.84 | 220.19 | 220.54 | 220.90 | 221.25 | 221.60 | 221.96 | 222.31 |
| 330 | 222.66 | 223.01 | 223.37 | 223.72 | 224.07 | 224.42 | 224.77 | 225.13 | 225.48 | 225.83 |
| 340 | 226.18 | 226.53 | 226.88 | 227.24 | 227.59 | 227.94 | 228.29 | 228.64 | 228.99 | 229.34 |
| 350 | 229.69 | 230.04 | 230.39 | 230.74 | 231.09 | 231.44 | 231.79 | 232.14 | 232.49 | 232.84 |
| 360 | 233.19 | 233.54 | 233.89 | 234.23 | 234.58 | 234.93 | 235.28 | 235.63 | 235.98 | 236.32 |
| 370 | 236.67 | 237.02 | 237.37 | 237.72 | 238.06 | 238.41 | 238.76 | 239.11 | 239.45 | 239.80 |
| 380 | 240.15 | 240.49 | 240.84 | 241.19 | 241.53 | 241.88 | 242.23 | 242.57 | 242.92 | 243.26 |
| 390 | 243.61 | 243.95 | 244.30 | 244.65 | 244.99 | 245.34 | 245.68 | 246.03 | 246.37 | 246.72 |
| 400 | 247.06 | 247.40 | 247.75 | 248.09 | 248.44 | 248.78 | 249.12 | 249.47 | 249.81 | 250.16 |
| 410 | 250.50 | 250.84 | 251.19 | 251.53 | 251.87 | 252.21 | 252.56 | 252.90 | 253.24 | 253.58 |
| 420 | 253.93 | 254.27 | 254.61 | 254.95 | 255.29 | 255.64 | 255.98 | 256.32 | 256.66 | 257.00 |
| 430 | 257.34 | 257.68 | 258.02 | 258.37 | 258.71 | 259.05 | 259.39 | 259.73 | 260.07 | 260.41 |
| 440 | 260.75 | 261.09 | 261.43 | 261.77 | 262.11 | 262.45 | 262.78 | 263.12 | 263.46 | 263.80 |
| 450 | 264.14 | 264.48 | 264.82 | 265.16 | 265.49 | 265.83 | 266.17 | 266.51 | 266.85 | 267.18 |
| 460 | 267.52 | 267.86 | 268.20 | 268.53 | 268.87 | 269.21 | 269.54 | 269.88 | 270.22 | 270.55 |
| 470 | 270.89 | 271.23 | 271.56 | 271.90 | 272.24 | 272.57 | 272.91 | 273.24 | 273.58 | 273.91 |
| 480 | 274.25 | 274.58 | 274.92 | 275.25 | 275.59 | 275.92 | 276.26 | 276.59 | 276.93 | 277.26 |
| 490 | 277.60 | 277.93 | 278.26 | 278.60 | 278.93 | 279.26 | 279.60 | 279.93 | 280.26 | 280.60 |
| 500 | 280.93 | 281.26 | 281.60 | 281.93 | 282.26 | 282.59 | 282.93 | 283.26 | 283.59 | 283.92 |
| 510 | 284.25 | 284.58 | 284.92 | 285.25 | 285.58 | 285.91 | 286.24 | 286.57 | 286.90 | 287.23 |
| 520 | 287.56 | 287.90 | 288.23 | 288.56 | 288.89 | 289.22 | 289.55 | 289.88 | 290.21 | 290.54 |
| 530 | 290.86 | 291.19 | 291.52 | 291.85 | 292.18 | 292.51 | 292.84 | 293.17 | 293.50 | 293.82 |
| 540 | 294.15 | 294.48 | 294.81 | 295.14 | 295.47 | 295.79 | 296.12 | 296.45 | 296.78 | 297.10 |
| 550 | 297.43 | 297.76 | 298.08 | 298.41 | 298.74 | 299.07 | 299.39 | 299.72 | 300.04 | 300.37 |
| 560 | 300.70 | 301.02 | 301.35 | 301.68 | 302.00 | 302.33 | 302.65 | 302.98 | 303.30 | 303.63 |
| 570 | 303.95 | 304.28 | 304.60 | 304.93 | 305.25 | 305.58 | 305.90 | 306.22 | 306.55 | 306.87 |
| 580 | 307.20 | 307.52 | 307.84 | 308.17 | 308.49 | 308.81 | 309.14 | 309.46 | 309.78 | 310.11 |
| 590 | 310.43 | 310.75 | 311.07 | 311.40 | 311.72 | 312.04 | 312.36 | 312.68 | 313.01 | 313.33 |
| 600 | 313.65 | 313.97 | 314.29 | 314.61 | 314.93 | 315.26 | 315.58 | 315.90 | 316.22 | 316.54 |
| 610 | 316.86 | 317.18 | 317.50 | 317.82 | 318.14 | 318.46 | 318.78 | 319.10 | 319.41 | 319.73 |
| 620 | 320.05 | 320.37 | 320.69 | 321.01 | 321.33 | 321.65 | 321.96 | 322.28 | 322.60 | 322.92 |
| 630 | 323.24 | 323.55 | 323.87 | 324.19 | 324.51 | 324.82 | 325.14 | 325.46 | 325.78 | 326.09 |
| 640 | 326.41 | 326.73 | 327.04 | 327.36 | 327.67 | 327.99 | 328.31 | 328.62 | 328.94 | 329.25 |
| 650 | 329.57 | 329.89 | 330.20 | 330.52 | 330.83 | 331.15 | 331.46 | 331.78 | 332.09 | 332.41 |
| 660 | 332.72 | 333.04 | 333.35 | 333.66 | 333.98 | 334.29 | 334.61 | 334.92 | 335.23 | 335.55 |
| 670 | 335.86 | 336.17 | 336.49 | 336.80 | 337.11 | 337.43 | 337.74 | 338.05 | 338.36 | 338.68 |
| 680 | 338.99 | 339.30 | 339.61 | 339.92 | 340.24 | 340.55 | 340.86 | 341.17 | 341.48 | 341.79 |
| 690 | 342.11 | 342.42 | 342.73 | 343.04 | 343.35 | 343.66 | 343.97 | 344.28 | 344.59 | 344.90 |
| 700 | 345.21 | 345.52 | 345.83 | 346.14 | 346.45 | 346.76 | 347.07 | 347.38 | 347.68 | 347.99 |
| 710 | 348.30 | 348.61 | 348.92 | 349.23 | 349.53 | 349.84 | 350.15 | 350.46 | 350.77 | 351.07 |
| 720 | 351.38 | 351.69 | 352.00 | 352.30 | 352.61 | 352.92 | 353.22 | 353.53 | 353.84 | 354.14 |
| 730 | 354.45 | 354.75 | 355.06 | 355.37 | 355.67 | 355.98 | 356.28 | 356.59 | 356.89 | 357.20 |
| 740 | 357.51 | 357.81 | 358.12 | 358.42 | 358.72 | 359.03 | 359.33 | 359.64 | 359.94 | 360.25 |
| 750 | 360.55 | 360.85 | 361.16 | 361.46 | 361.77 | 362.07 | 362.37 | 362.68 | 362.98 | 363.28 |
| 760 | 363.59 | 363.89 | 364.19 | 364.49 | 364.80 | 365.10 | 365.40 | 365.70 | 366.01 | 366.31 |
| 770 | 366.61 | 366.91 | 367.21 | 367.51 | 367.81 | 368.12 | 368.42 | 368.72 | 369.02 | 369.32 |
| 780 | 369.62 | 369.92 | 370.22 | 370.52 | 370.82 | 371.12 | 371.42 | 371.72 | 372.02 | 372.32 |
| 790 | 372.62 | 372.92 | 373.22 | 373.52 | 373.82 | 374.12 | 374.42 | 374.71 | 375.01 | 375.31 |
| 800 | 375.61 | 375.91 | 376.21 | 376.50 | 376.80 | 377.10 | 377.40 | 377.70 | 377.99 | 378.29 |
| 810 | 378.59 | 378.88 | 379.18 | 379.48 | 379.77 | 380.07 | 380.37 | 380.66 | 380.96 | 381.26 |
| 820 | 381.55 | 381.85 | 382.14 | 382.44 | 382.74 | 383.03 | 383.33 | 383.62 | 383.92 | 384.21 |
| 830 | 384.51 | 384.80 | 385.10 | 385.39 | 385.69 | 385.98 | 386.27 | 386.57 | 386.86 | 387.16 |
| 840 | 387.45 | 387.74 | 388.04 | 388.33 | 388.62 | 388.92 | 389.21 | 389.50 | 389.79 | 390.09 |
| °C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

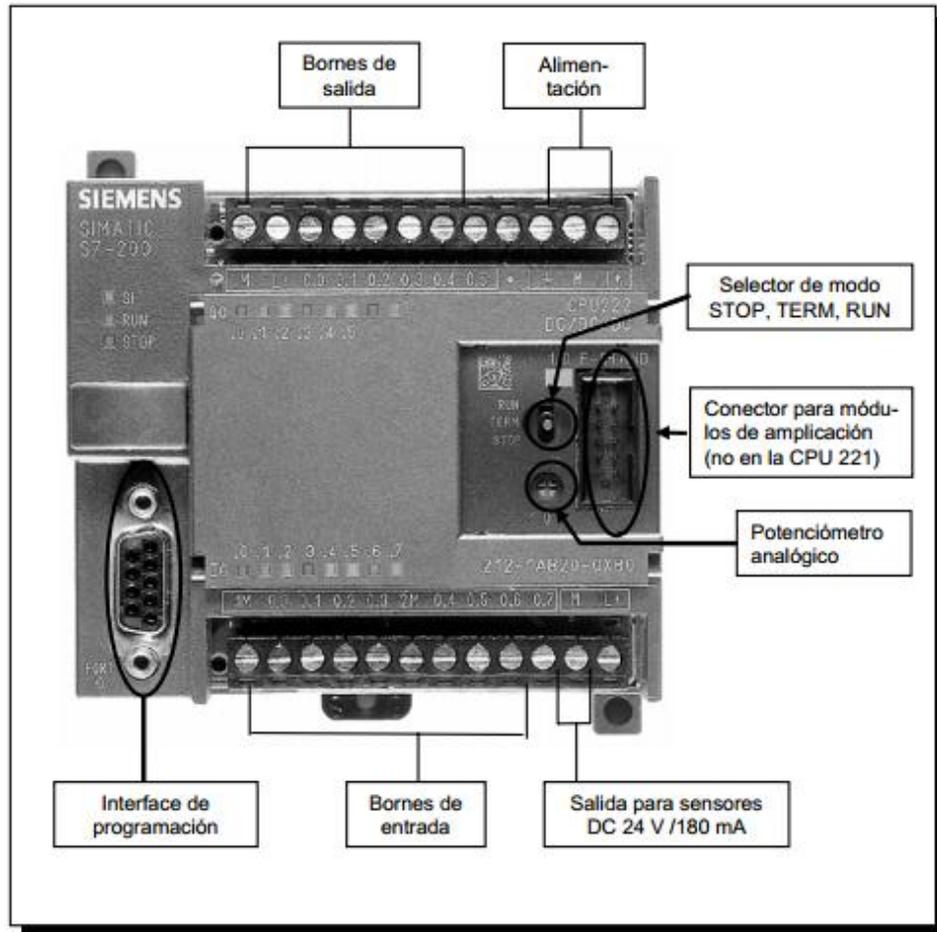
SIPART PS2 SIEMENS

SIEMENS SIPART PS2 EEx d PA 6DR55x5 ATENCION: ¡Se deben observar las indicaciones técnicas de seguridad contenidas en las instrucciones de servicio!
 Hoja plegada "Operación - instrucciones breves" (N° de pedido A5E00165384-03)



PLC S7/200 SIEMENS

Construcción de un S7-200 (CPU 221/222)



EM 235 MODULO DE EXPANSION ENTRADAS ANALOGAS SALIDA ANALOGA

A.35 Módulo de ampliación EM 235, 3 entradas analógicas AI / 1 salida analógica AQ de 12 bits

Nº de referencia: 6ES7 235-0KD00-0XA0

| Características generales | | Entradas | |
|--|---|---|---|
| Dimensiones (l x a x p) | 90 x 80 x 62 mm | Tipo de entrada | Diferencial |
| Peso | 0,2 kg | Impedancia de entrada | $\geq 10 \text{ MW}$ |
| Disipación | 2 W | Atenuación filtro de entrada | -3db @ 3.1 kHz |
| E/S ¹ | 3 entradas analógicas 1 salida analógica | Tensión de entrada máxima | 30 V |
| Homologaciones | UL 508 CSA C22.2 142 FM clase I, categoría 2 según VDE 0160 según CE | Corriente de entrada máxima | 32 mA |
| Salidas | | Definición | Convertidor A/D de 12 bits |
| Margen de señal | | Aislamiento | no |
| Salida de tensión | $\pm 10 \text{ V}$ | Tiempo de conversión analógica/digital | < 250 μs |
| Salida de corriente | 0 a 20 mA | Respuesta de salto analógica | 1,5 ms a 95% |
| Resolución, margen máximo | | Tensión en modo común | Tensión de señal más tensión en modo común menor o igual a 12 V |
| Tensión | 12 bits | Rechazo de modo común | 40 dB, DC a 60 Hz |
| Corriente | 11 bits | Formato de la palabra de datos ² | |
| Formato palabra de datos ² | | Margen bipolar ³ | -32000 a +32000 |
| Margen bipolar ³ | -32000 a +32000 | Margen unipolar ² | 0 a + 32000 |
| Margen unipolar ² | 0 a + 32000 | Consumo | |
| Precisión | | Corriente disponible DC 5 V | 70 mA del aparato central |
| En el peor de los casos, 0 a 60° c | | Alimentación externa | 60 mA más 20 mA de corriente de salida suministrada por el aparato central o por una fuente de corriente externa (DC 24 V de tensión nominal, clase 2 o alimentación por sensor DC) |
| Salida de tensión | $\pm 2\%$ del margen máximo | Indicador LED, EXTF | |
| Salida de corriente | + 2% del margen máximo | Fallo de tensión | Baja tensión, en DC 24 V externa |
| Tip. 25° c | | | |
| Salida de tensión | $\pm 0,5\%$ del margen máximo | | |
| Salida de corriente | + 0,5% del margen máximo | | |
| Tiempo de estabilización | | | |
| Salida de tensión | 100 μs | | |
| Salida de corriente | 2 ms | | |
| Excitación máxima con una alimentación de 24 V | | | |
| Salida de tensión | mín. 5000 Ω | | |
| Salida de corriente | máx. 500 Ω | | |

¹ En la CPU están previstas 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas en la imagen del proceso para este módulo.

² Incrementos de la palabra de datos en pasos de 16, valores ADC justificados a la izquierda (v. figuras A-43 y A-45).

³ Incrementos de la palabra de datos en pasos de 8, valores ADC justificados a la izquierda (v. fig. A-43).

Configuración

La tabla A-4 muestra cómo configurar el módulo utilizando los interruptores DIP. El margen de las entradas analógicas se selecciona con los interruptores 1, 3, 5, 7, 9 y 11. Todas las entradas se activan en un mismo margen y formato.

Tabla A-4 Interruptores de configuración para el módulo EM 235

| Interruptor de configuración | | | | | | Margen de tensión | Definición |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------|--------------|
| 1 ¹ | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | |
| ON | ON | OFF | ON | OFF | OFF | 0 a 50 mV | 12,5 μ V |
| ON | ON | OFF | OFF | ON | OFF | 0 a 100 mV | 25 μ V |
| ON | OFF | ON | ON | OFF | OFF | 0 a 500 mV | 125 μ V |
| ON | OFF | ON | OFF | ON | OFF | 0 a 1 V | 250 μ V |
| ON | OFF | OFF | ON | OFF | OFF | 0 a 5 V | 1,25 mV |
| ON | OFF | OFF | ON | OFF | OFF | 0 a 20 mA ² | 5 μ A |
| ON | OFF | OFF | OFF | ON | OFF | 0 a 10 V | 2,5 mV |
| OFF | ON | OFF | ON | OFF | OFF | \pm 25 mV | 12,5 μ V |
| OFF | ON | OFF | OFF | ON | OFF | \pm 50 mV | 25 μ V |
| OFF | ON | OFF | OFF | OFF | ON | \pm 100 mV | 50 μ V |
| OFF | OFF | ON | ON | OFF | OFF | \pm 250 mV | 125 μ V |
| OFF | OFF | ON | OFF | ON | OFF | \pm 500 mV | 250 μ V |
| OFF | OFF | ON | OFF | OFF | ON | \pm 1 V | 500 μ V |
| OFF | OFF | OFF | ON | OFF | OFF | \pm 2,5 V | 1,25 mV |
| OFF | OFF | OFF | OFF | ON | OFF | \pm 5 V | 2,5 mV |
| OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON | \pm 10 V | 5 mV |

¹ El interruptor 1 permite la selección de la polaridad: ON para unipolar, OFF para bipolar. Conexión de la CPU a la red necesaria al conmutar entre formato unipolar y formato bipolar. Los interruptores 3, 5, 7, 9 y 11 permiten seleccionar el margen de tensión.

² 0 a 20 mA según medición con una resistencia interna de 250 ohmios conectada en el sentido de la corriente.

GLOSARIO

Analógico: Dispositivo, circuito o sistema electrónico que procesa señales eléctricas que toman infinitos valores dentro de un intervalo, y que reciben el nombre de señales analógicas.

Automatización: Operación o procesos controlados automáticamente que pueden involucrar maquinas, equipos o sistemas.

ASIC: Denominación anglosajona de los circuitos integrados desarrollados específicamente para realizar un sistema electrónico orientado a una aplicación determinada o específica. Constituye un acrónimo formado por las iniciales de las palabras inglesas "Application Specific Integrated Circuit".

Bus: Dispositivo no cíclico cuyo fin es asegurar las transferencias de información simultáneas entre diferentes subconjuntos de un sistema informático según sus especificaciones físicas y lógicas comunes. Se aplica también a toda línea de conexión que une varios componentes, subconjuntos o hardware para permitir la aportación de energía y la circulación de informaciones entre ellos.

Bus de Datos: Bus que transmite los datos entre los diversos elementos de un microprocesador.

Calibración: El proceso para ajustar un instrumento de medida mediante patrones estándares.

Calibración: El proceso para ajustar un instrumento de medida mediante patrones estándares.

Cliente: individuo u organización que toma en la decisión de comprar.

Competitividad: Susceptibilidad al soportar la competencia de otros, y mantener precios competitivos.

Corriente: Si dos cuerpos de carga igual y opuesta se conectan por medio de un conductor metálico, por ejemplo un cable, las cargas se neutralizan mutuamente. Esta neutralización se lleva a cabo mediante un flujo de electrones a través del conductor, desde el cuerpo cargado negativamente al cargado positivamente (en ingeniería eléctrica, se considera por convención que la corriente fluye en sentido opuesto, es decir, de la carga positiva a la negativa).

Eficiencia: Característica de un sistema que obtiene su propósito con economía del medio utilizando procesos que le permiten ser adaptables y equilibrados.

Electrónica: Campo de la ingeniería y de la física aplicada relativo al diseño y aplicación de dispositivos, por lo general circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción y almacenamiento de información. Esta información puede consistir en voz o música (señales de voz) en un receptor de radio, en una imagen en una pantalla de televisión, o en números u otros datos en un ordenador o computadora.

Histéresis: Diferencia entre los dos puntos de conmutación de una báscula de Schmitt. En cualquier otro caso, la histéresis se refiere a un fenómeno en virtud del cual la evolución de un proceso físico no es independiente de la historia del mismo, de modo que el estado de un sistema depende de la causa que produce una modificación y, además, de los valores alcanzados en procesos análogos anteriores. En relación con el magnetismo la histéresis se presenta al imantar una sustancia ferromagnética.

Necesidad: componente del estado fisiológico de un organismo, atendiendo las condiciones de su exigencia, cumplimiento de sus funciones vitales y de su desarrollo, búsqueda de lo que es necesario.

Objetivos: Son los fines que se persiguen por medio de actividades de una u otra índole.

Presupuesto: Es un plan financiero que establece los recursos necesarios para llevar a cabo actividades y cumplir metas financieras y operaciones en un tiempo futuro.

Proceso: Acción de seguir una serie de fases que no tiene fin. Conjunto de fases de un fenómeno en evolución.

Sistema: Serie de funciones o actividades en una organización, que funcionan juntas para alcanzar el objetivo de la organización.

Tecnología: Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.

Transductor: Dispositivo al que se aplica una energía de entrada y devuelve una energía de salida; esta energía de salida suele ser diferente al tipo de energía de entrada. Por ejemplo, en un medidor de temperatura una espiral metálica convierte la energía térmica aplicada, en el movimiento mecánico de la aguja del marcador. Debido a la facilidad con la que se transmite y amplifica la energía eléctrica, los transductores más utilizados son los que convierten otras formas de energía, como calor, luz o sonido, en energía eléctrica.