

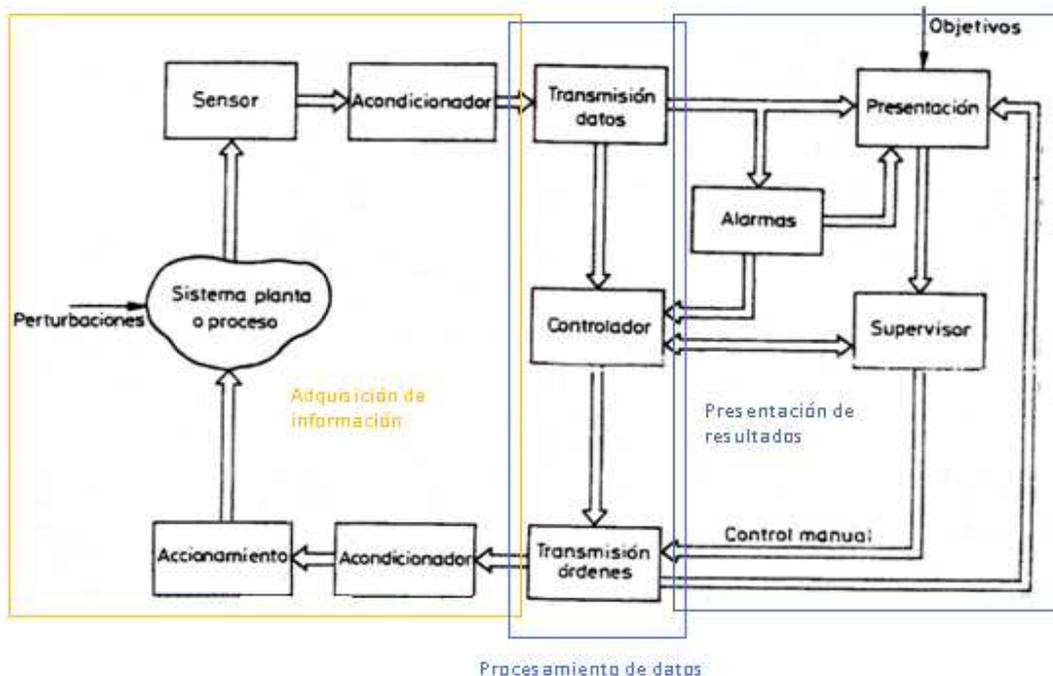
CAPITULO I

1.1. SENSORES PARA EL CONTROL INDUSTRIAL

1.1.1. Sistemas de Medidas

Los objetivos del control industrial y los sistemas de medida son: la vigilancia o seguimiento de procesos, como es el caso de este proyecto de la medida de temperatura ambiente y de la humedad, En la figura 1.1 se describe la estructura general de un sistema de medida y control, donde consta el bloque de adquisición de la información, luego el bloque donde procesa dicha información para concluir con la presentación de resultados, de tal manera que nuestros sentidos pueda percibir con facilidad.

FIGURA 1.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE MEDIDA Y CONTROL



Fuente: Sensores y acondicionadores de señal
Elaborado: Grupo de investigación

1.1.2. Transductores.

Se denomina **transductor** en general, a todo dispositivo que convierte una señal de forma física, óptica, magnética, entre otras en otra tipo de señal. Dado que hay seis tipos de señales: mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares (químicas), en la práctica, se dispone de la siguiente ventaja: realizar transductores con salidas eléctricas para cualquier magnitud física no eléctrica, se pueden obtener fácilmente ganancias de potencias en una sola etapa que trabaje a baja potencia. En el presente proyecto se utiliza los dispositivos para convertir la temperatura en una unidad eléctrica como lo es la corriente, voltaje o a su vez un determinado valor de resistencia.

1.1.3. Sensores

Un sensor es considerado un dispositivo que a partir de la energía del medio donde se mide, permite obtener una señal de salida transductible que es función de la variable que es medida. Su similitud con el transductor es evidente, los dos tienen las mismas funciones solo que el sensor por su construcción no puede percibir directamente por los sentidos.

1.1.4. Acondicionamiento

Cuando se trabaja con unidades físicas que requieran ser comparadas es necesario que las etapas sean digitales, para lo cual si las etapas de tratamiento de la señal de medida es digital no será necesario un convertidor A/D (analógico-Digital), pero si la salida del sensor es analógica, hará falta un convertidor A/D (analógico-Digital).

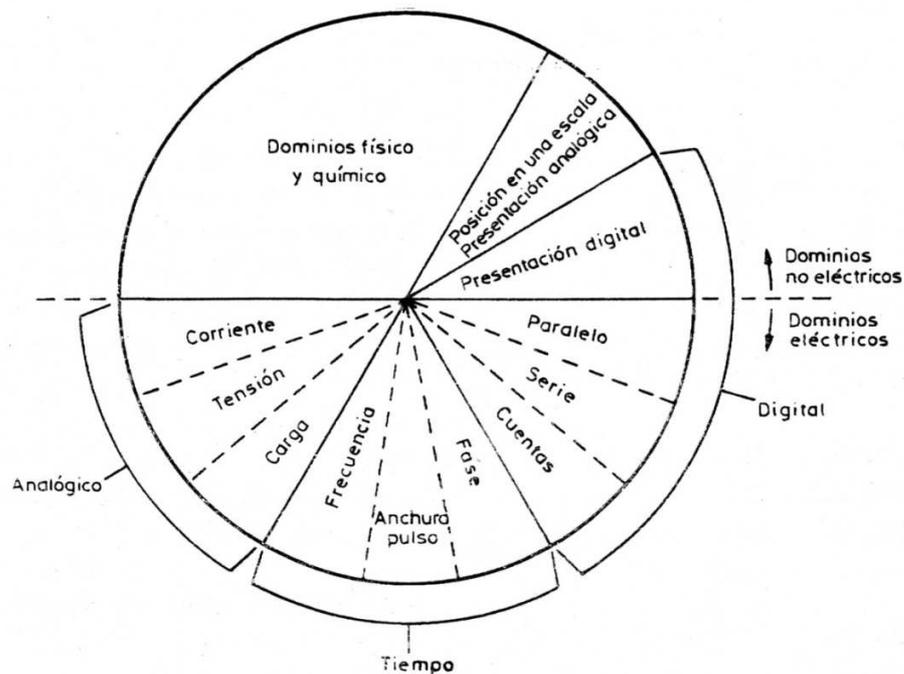
Según PALLAS, Areny Ramón; “Sensores y Acondicionadores de Señal”, 2001. Las unidades tienen una impedancia de entrada limitada, exigen que la señal aplicada sea

continua o de frecuencia de variación lenta, y que su amplitud esté entre unos límites determinados que no suele exceder de un voltaje de 10 V.

1.1.5. Interface y Dominio de Datos

Se denomina dominio de datos al nombre de la magnitud mediante la que se representa o transmite información. En la figura 1.2. presenta algunas de las magnitudes que se puede encontrar dentro de los diferentes elementos utilizados para transferir las magnitudes físicas.

FIGURA 1.2. DOMINIO DE DATOS



Fuente: Sensores y acondicionadores de señal

Elaborado: Grupo de investigación

En el dominio analógico, la información está en la amplitud de la señal (Variación del valor de voltaje, corriente o resistencia). Mientras que en el dominio digital, las

señales tienen sólo dos niveles (valores entre 0 y 1). La información puede estar en el número de pulsos, o venir representada por palabras codificadas.

Según PALLAS, Areny Ramón; “Sensores y Acondicionadores de Señal”, 2001, el dominio analógico es en general, el más susceptible a interfases eléctricas. Por lo cual en el dominio temporal, la variable codificada no se puede medir, es decir, convertir al dominio de números, de forma continua, sino que hay que esperar un ciclo o la duración de un pulso. En el dominio digital, la obtención de números es inmediata.

1.2. Selección de los Sensores en la Automatización

Según la página web “http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/transductoressensores/default2.asp” dice: La selección se basa en la decisión sobre cuál es el sensor más adecuado. Esto depende del material del objeto el cual debe detectarse. Si el objeto es metálico, se requiere un sensor inductivo. Si el objeto es de plástico, papel, o si es líquido (basado en aceite o agua), granulado o en polvo, se requiere un sensor capacitivo. Si el objeto puede llevar un imán, es apropiado un sensor magnético.

Para elegir un sensor adecuado se deben seguir los siguientes aspectos:

1. Forma de la carcasa
2. Distancia operativa.

1.2.1. Forma de la Carcasa

1.2.1.1. Material de la carcasa.

Materiales disponibles de las carcasas estándar, acero inoxidable de V2A, latón, niquelado o cubierta con Teflón. Crastin, Ryton. Crastin es un

tereftalato de polibutileno (PBT), el cual está reforzado con fibra de vidrio. Es particularmente resistente a los cambios de forma, resistente a la abrasión, al calor y al frío, y resiste los hidrocarburos, ácidos, agua de mar, agua caliente 70°C etc.

Para temperaturas hasta 150 °C, Pepperl+Fuchs GmbH usa Ryton, un sulfuro de polifenileno cristalino (PS), que mantiene la estabilidad hasta 200 °C. Los componentes electrónicos están inmersos en una resina epoxy bajo tUla resina moldeada al vacío.

1.2.1.2. Material del cable.

PVC (cloruro de polivinilo). Calidad estándar de la industria eléctrica condicionalmente resistente a todos los aceites y grasas, disolventes y no se debilita, con elevada resistencia a la abrasión.

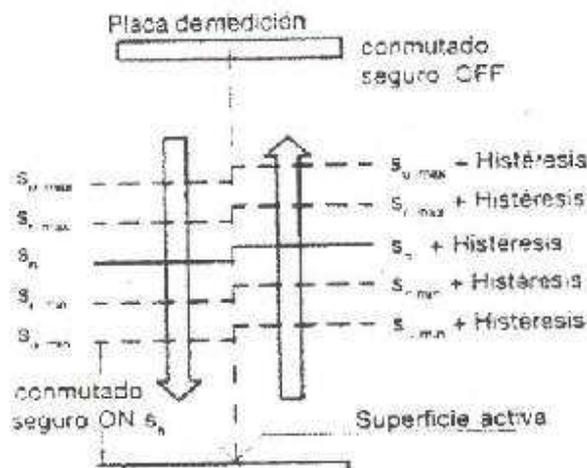
PUR (poliuretano). Resistente a todos los aceites y grasas, disolventes, y con una elevada resistencia a la abrasión.

SILICONA. Ideal para temperaturas elevadas o bajas (-50 °C hasta + 180 °C) moderadamente resistente a la corrosión, ya todos los aceites, grasas y disolventes.

1.2.2. Distancia operativa

Depende básicamente del diámetro del sensor y del material al cual se va a detectar. Una influencia adicional tiene las dimensiones y la composición del material, como también la temperatura ambiente a lo cual está expuesto el dispositivo.

FIGURA 1.3. DISTANCIA OPERATIVA DEL SENSOR



Fuente: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/transductoressensores/default2.asp

Elaborado: Grupo de investigación

1.3. Características Estáticas de los Sistemas de Medida y Control

El comportamiento del sistema de medida viene condicionado por el tipo sensor utilizado. Es por ello importante describir las siguientes características de los sensores.

1.3.1. Exactitud

Según PALLAS, Areny Ramón; “Sensores y Acondicionadores de Señal”, 2001. La exactitud es la cualidad que caracteriza la capacidad de un instrumento de medida y de un sistema de control, de dar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida.

La exactitud de un sensor se determina mediante la denominada calibración estática, que consiste en mantener todas las entradas excepto una a un valor constante, lo cual mostrará la discrepancia entre la indicación del instrumento y el verdadero valor de la magnitud medida denominado “error”. La diferencia entre la indicación del

instrumento y el verdadero valor se denomina error absoluto, se lo puede determinar de la siguiente manera.

$$\text{Error absoluto} = \text{resultado} - \text{verdadero valor.}$$

Lo más común es especificar el error relativo, el cual se puede obtener como cociente entre el error absoluto y el verdadero valor de la magnitud medida.

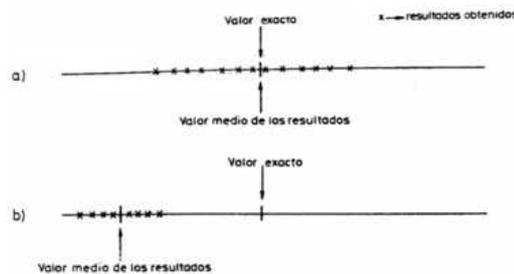
$$\text{error relativo} = \frac{\text{error absoluto}}{\text{verdadero valor}}$$

Para algunos sensores puede que se especifique un error relativo como porcentaje del fondo de escala, el cual permitirá determinar la exactitud que dispone el elemento de captación de las variaciones de las magnitudes físicas.

1.3.2. Fidelidad

Según PALLAS, Areny Ramón; “Sensores y Acondicionadores de Señal”, 2001. La fidelidad es considerada como la cualidad que caracteriza la capacidad de un instrumento de medida de dar el mismo valor de la magnitud medida, luego de haberse medido varias veces en las mismas condiciones (ambientales, operador, etc.). En la figura 1.4 se presenta distintas situaciones posibles.

FIGURA 1.4. DISTINTAS SITUACIONES DE MEDIDA QUE INDICAN LA DIFERENCIA ENTRE EXACTITUD Y FIDELIDAD. EN EL CASO A) HAY UNA GRAN EXACTITUD Y UNA BAJA FIDELIDAD. EN EL CASO B) LA FIDELIDAD ES MAYOR PERO HAY UNA GRAN INEXACTITUD



Fuente: Sensores y acondicionadores de señal
Elaborado: Grupo de investigación

1.3.3. Sensibilidad

Según PALLAS, Areny Ramón; “Sensores y Acondicionadores de Señal”, 2001. La sensibilidad o factor de escala es la pendiente de la curva de calibración, que puede ser o no a lo largo de la escala de medida. En los sensores interesa tener una sensibilidad alta y, si es posible, constante. Para así obtener una curva de variación acercada a la realidad de los cambios que pueda alcanzar las magnitudes a la cuales se las realice el control.

1.3.4. Linealidad

Según PALLAS, Areny Ramón; “Sensores y Acondicionadores de Señal”, 2001. La linealidad expresa el grado de coincidencia entre la curva de calibración y una línea recta determinada. Para determinar la linealidad se requiere de los factores que influyen directamente sobre la linealidad, mismos que los siguientes: la resolución, el umbral y la histéresis. La resolución o discriminación es el incremento mínimo de la entrada para el que se obtiene un cambio en la salida, determinado básicamente por un valor analógico, el cual es producido por algún fenómeno físico externo o interno de un determinado lugar o sitio. A la vez que cuando el incremento de la entrada se produce a partir de un valor que se encuentra en cero se habla de umbral. Mientras que la histéresis se refiere a la diferencia en la salida para una misma entrada según la dirección en la que se alcance.

1.3.5. Errores sistemáticos

Según PALLAS, Areny Ramón; “Sensores y Acondicionadores de Señal”, 2001. Se dice de un error es sistemático cuando en el curso de varias medidas de la misma magnitud de un determinado valor, levadas a efecto bajo las mismas condiciones, bien permanece constante en el valor absoluto y signo, o bien varía de acuerdo con una ley definida cuando cambia las condiciones de medida ya sea de carácter de

instrumento de medida o del operador.

La presencia de errores sistemáticos en sistemas de control y de medida se puede descubrirse, midiendo la misma magnitud con dos aparatos distintos, con dos métodos distintos, dando las lecturas dos operarios distintos, cambiando de forma ordenada las condiciones de medida y viendo su efecto en el resultado.

1.3.6. Errores aleatorios

Según PALLAS, Areny Ramón; “Sensores y Acondicionadores de Señal”, 2001. Los errores aleatorios son los que permanecen una vez eliminadas las causas de errores sistemáticos; se denominan también errores accidentales o fortuitos, ello da a entender que pueden ser inevitables, debido a factores humanos mediante una mala apreciación de los valores medidos o en su defecto por una mala conexión en los equipos encargados de realizar la captación de las variaciones de las magnitudes físicas que se encuentran en el entorno.

La presencia de errores aleatorios hace que después de realizar una o varias medidas de una determinada magnitud se tenga una incertidumbre sobre el verdadero valor. Cuando mayor es la incertidumbre evaluada mediante parámetros estadísticos, menos repetible e utilizable es la medida. Si además se presenta errores sistemáticos, el resultado final definirá el correcto y, por tanto, la medida será inexacta.

Sucede en la práctica, sin embargo, que durante el proceso de calibración sólo se pueden eliminar los errores sistemáticos en condiciones muy específicas, por lo que es posible que en otras condiciones se tengan errores de este tipo incluso superiores a los aleatorios que el fabricante recoge en las especificaciones, y a los mismo que se debe considerar en la elaboración o manipulación de equipos de medición sobre todo en los procesos donde se requiere de precisión y control.

Una vez establecido los parámetros que influyen sobre las alteraciones de un valor medido en un sistema de control de factores físicos, a continuación veremos de manera breve los diferentes tipos de sensores que encontramos en el mercado, para detenernos en los más utilizados en la industria para la captación de las variaciones de la temperatura.

1.4. Tipos de Sensores

Según el aporte de energía, los sensores se pueden dividir en modulares y generadores. En los sensores modulares o activos, trabajan con una energía de una fuente de energía auxiliar, la cual permite obtener una la señal de salida. Mientras que en los sensores generadores o pasivos, en cambio la energía de salida es suministrada por la entrada. Partiendo del principio de funcionamiento se determina que los sensores modulares requieren en general más hilos que los generadores, ya que la energía de alimentación suele suministrar mediante hilos distintos a los empleados para la señal.

Según la señal de salida, los sensores se clasifican en analógicos y digitales. En los analógicos la salida varía, a nivel macroscópico, de forma continua; es decir que se tendrá valores crecientes o decrecientes en valores decimales. A la vez, que en los sensores digitales, la salida varía en forma de saltos o en pasos discretos, dicho de otra manera se dispondrá de valores entre 0 cuando no exista señal alguna y un 1 cuando presente un cambio o una variación.

Atendiendo al modo de funcionamiento, los sensores pueden ser de deflexión o de comparación. En los sensores que funcionan por deflexión, la magnitud medida produce algún efecto físico, que engendra algún efecto similar.

En los sensores que funcionan por comparación, se intenta mantener nula la deflexión mediante la aplicación de un defecto bien conocido, opuesto al generado por la magnitud a medir.

Según el tipo de relación entrada-salida, los sensores pueden ser de orden cero, de primer orden, de segundo orden o de orden superior. Para determinar a qué orden pertenecen los elementos relacionaremos el número de elementos almacenadores de energía independientes que incluye el sensor, y que repercute en su exactitud y velocidad de respuesta. Los sensores de orden cero es aquel cuya salida está relacionada con la entrada de forma que su comportamiento queda caracterizado por su sensibilidad estática, y que se mantiene constante con independencia de la frecuencia de variaciones de la entrada. En consecuencia, tanto su error dinámico como su relato son nulos. En el sensor de primer orden hay un elemento que almacena energía y otros que la disipa, este tipo de sensores se caracteriza por la respuesta estática y/o para la respuesta dinámica con lo cual se realiza la relación entrada y la salida. El error dinámico y el retardo dependen de la forma de señal de entrada. Un sensor de segundo orden es cuando incluye dos elementos que almacenan energía y otros dos que la disipan. Para definir el comportamiento dinámico y uno para su comportamiento estático es necesario de dos parámetros que pueden ser sensibilidad estática, el coeficiente de amortiguamiento y/o la frecuencia natural del sensor.

Luego de haber revisado el principio de funcionamiento de la clasificación de los sensores según su constitución interna, presentamos la siguiente tabla en el cual se encontrará ilustrado con un ejemplo.

TABLA 1.1 CLASIFICACIONES DE LOS SENSORES.

Criterio	Clases	Ejemplos
Aporte de energía	Moduladores Generadores	Termistor Termopar
Señal de salida	Analógicos Digitales	Potenciómetro Codificador de posición
Modo de operación	De deflexión De comparación	Acelerómetro de deflexión Servoacelerómetro

Fuente: Sensores y acondicionadores de señal

Elaborado: Grupo de investigación

1.4.1. Sensores Primarios

Los sensores primarios son los dispositivos que permiten obtener una señal transducible a partir de la magnitud física a medir. En la siguiente tabla encontramos los diferentes tipos de sensores en base a los tipos de dominios de información en la entrada y salida.

TABLA 1.2. FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN DE UN SENSOR

Magnitud a medir	Características de salida
Margen de medida	Sensibilidad
Resolución	Tipo: tensión, corriente, frecuencia
Exactitud deseada	Forma señal: unipolar, flotante, diferencial
Estabilidad	Impedancia
Ancho de banda	Destino: presentación analógica
Tiempo de respuesta	Conversión digital
Límites absolutos posibles	Telemedida: tipo de la magnitud a medir
Magnitudes interferentes	
Características de alimentación	Características ambientales
Tensión	Margen de temperaturas
Corriente	Humedad
Potencia disponible	Vibraciones
Frecuencia (si alterna)	Agentes químicos
Estabilidad	Entorno electromagnético
Otros factores	
Peso	Longitud de cable necesaria
Dimensiones	Tipo de conector

Vida media	Situación en caso de fallo
Coste de adquisición	Coste de verificación
Disponibilidad	Coste de mantenimiento
Tiempo de instalación	Coste de sustitución

Fuente: Sensores y acondicionadores de señal

Elaborado: Grupo de investigación

Según el tipo de magnitud física a detectar podemos establecer la siguiente clasificación:

- Posición lineal o angular.
- Desplazamiento o deformación.
- Velocidad lineal o angular.
- Aceleración.
- Fuerza y par.
- Presión.
- Caudal.
- **Temperatura.**
- Presencia o proximidad.
- Táctiles.
- Intensidad lumínica.
- Sistemas de visión artificial.

Otro tipo de clasificación es diferenciar entre sensores activos o pasivos, dentro de los cuales encontraremos lo que a continuación detallamos en forma de un conocimiento general.

1.4.2. Sensores de Contacto

Los sensores de contacto nos indican simplemente si ha habido contacto o no con algún objeto, sin considerar la magnitud de la fuerza de contacto. Suelen ser

dispositivos sencillos cuyo uso es muy variado, especialmente en la robótica donde es indispensable medir la cantidad de fuerza con la cual va a realizar el agarre o empuje.

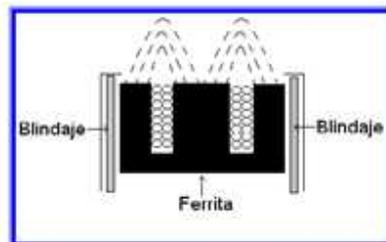
1.4.3. Sensores de Fuerza

Los sensores de fuerza determinan la cantidad de fuerza que es aplicada; además, de si ha habido contacto con un objeto como los anteriores, la magnitud de la fuerza con la que se ha producido dicho contacto, muy utilizado en el campo industrial donde los procesos requieren imprimir determinadas cantidades de fuerza.

1.4.4. Sensores Blindados

Incluyen una banda de metal que rodea al núcleo de ferrita y a la bobina. Esto ayuda a dirigir el campo electromagnético a la parte frontal del sensor, son los elementos más utilizados en detección de objetos metálicos en movimiento.

FIGURA 1.5. ESTRUCTURA INTERNA DE UN SENSOR BLINDADO



Fuente: http://www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_industrial/transductoresensores/default4.asp

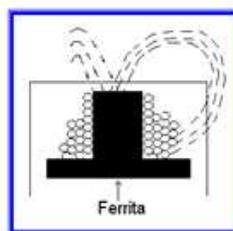
Elaborado: Grupo de investigación

1.4.5. Sensores sin Blindaje

No tienen banda metálica; no obstante, cuenta con una distancia de operación mayor y tienen la capacidad de sensar lateralmente además de la parte frontal.

La distancia operativa (S) es básicamente una función del diámetro de la bobina del sensor. Al usar un sensor de proximidad, la pieza a sensor debe estar dentro del rango asegurado; es decir dentro del diámetro de alcance que viene especificado en las características técnicas por parte del fabricante.

FIGURA 1.6. ESTRUCTURA INTERNA DE UN SENSOR SIN BLINDADO



Fuente: http://www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_industrial/transducturessensores/default4.asp

Elaborado: Grupo de investigación

1.4.6. Sensores de Proximidad

Son dispositivos que detectan señales para actuar en un determinado proceso u operación industrial, y que disponen de las siguientes características:

- Actúan por inducción mientras se aproxima un objeto.
- No requieren contacto directo entre el material y el sensor.
- Se encuentran encapsulados en material resistente al impacto y a la presión para proveer una mayor facilidad de montaje y protección ante posibles golpes

FIGURA 1.7. SENSORES DETECTORES DE PROXIMIDAD



Fuente: http://www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_industrial/transducturessensores/default4.asp

Elaborado: Grupo de investigación

1.4.7. Sensores Inductivos

El principio de la inducción electromecánica es cuando un objeto metálico interactúa con el campo de alta frecuencia, la reacción de ello produce las corrientes de EDDY, bajo este principio funcionan trabajan los sensores inductivos para diferenciar entre una amplia variedad de condiciones físicas, estructurales y metalúrgicas, en partes metálicas en la superficie activa

El sensor inductivo está constituido por:

Emisor

Receptor

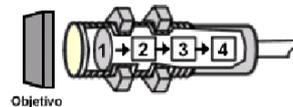
Una bobina y un núcleo de ferrita.

Un oscilador.

Un circuito detector (etapa de conmutación)

Una salida de estado sólido.

FIGURA 1.8. PARTES CONSTITUTIVAS DEL SENSOR DE INDUCTIVO



Fuente: http://www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_industrial/transducturessensores/default5.asp

Elaborado: Grupo de investigación

FIGURA 1.9. FOTOGRAFÍAS DE SENSORES INDUCTIVOS



Fuente: http://www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_industrial/transducturessensores/default5.asp

Elaborado: Grupo de investigación

1.4.8. Sensor Capacitivo

Estos sensores funcionan con una lámina que permite percibir la capacitancia entre el objeto con la lámina cuando es aplicado una cantidad de energía, están diseñados para trabajar con distancias inferiores a los 40 mm, cualquier material es sentido por el dispositivo.

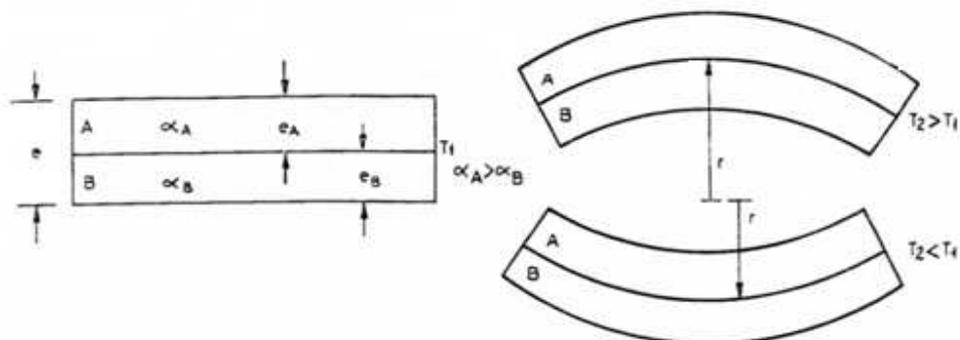
Una vez que se tiene conocimiento sobre algunos de los sensores utilizados en la industrial y en el diario vivir, a continuación explicaremos los sensores utilizados en la medición de temperatura y control de procesos con variación de magnitudes físicas (temperatura).

1.5. Sensores de Temperatura

1.5.1. Bimetales

Según “PALLAS, Areny Ramón; Sensores y Acondicionadores de Señal, Tercera edición, publicada por Marcombo S.A. Barcelona España, 2001. Pág. 30” se denomina bimetale a todo elemento formada por dos metales con distinto coeficiente de dilatación térmica unidos firmemente. Cuando se produce un cambio de temperatura, los metales se deforman según un arco circular uniforme. Como se muestra en la figura 1.9, donde el radio de curvatura, r , al pasar de una temperatura T_1 a otra T_2 sufre una deformación, como se muestra a continuación.

FIGURA 1.10. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS BIMETÁLICOS



Fuente: Sensores y acondicionadores de señal
Elaborado: Grupo de investigación

Para realizar el cálculo del radio que va a sufrir la deformación tenemos la siguiente ecuación.

$$R = \frac{e [3(1 + m)^2 + (1+mn)(m^2+1/mm)]}{6 (\alpha_A - \alpha_B)(T_2 - T_1)(1+m)^2}$$

siendo:

- e el espesor total de la pieza
- n la relación entre módulos de elasticidad = E_B/E_A
- m , la relación de espesores = e_B/e_A
- α_A, α_B los coeficientes de dilatación lineal

El radio de curvatura varía, de forma inversamente proporcional a la diferencia de temperaturas. En la práctica se emplea una pieza con un espesor de 10 μm a 3 mm para tener una alta sensibilidad, es así que se emplean el acero al níquel con el latón para que la fuerza sea < 0 .

Estos dispositivos se emplean en el margen desde -75 a $+ 540^{\circ}\text{C}$; particularmente desde 0 a $+ 300^{\circ}\text{C}$. En la actualidad se emplean directamente como actuadores para abrir o cerrar contactos (termostatos, control ON-OFF), sobre todo para protección en interruptores térmicos de circuitos eléctricos. Además tenemos para la compensación térmica en dispositivos mecánicos sensibles a la temperatura y la detección de incendios.

1.5.2. Termistor

Es un elemento que transforma la temperatura en resistencia eléctrica, la cual varía según la variación de la temperatura. Por diseño y construcción en el mercado se encuentra dos clases de termistores: NTC y PTC.

1.5.2.1. Termistor NTC

Un **Termistor NTC** (Negative Temperature Coefficient) es una resistencia variable cuyo valor va decreciendo a medida que aumenta la temperatura. Son resistencias de coeficiente de temperatura negativo, constituidas por un cuerpo semiconductor cuyo coeficiente de temperatura es elevado, es decir, su conductividad crece muy rápidamente con la temperatura, en la figura 1.10 se muestra la fotografía de un termistor NTC.

FIGURA 1.11.- TERMISTOR NTC



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:NTC_bead.jpg

Elaborado: Grupo de investigación

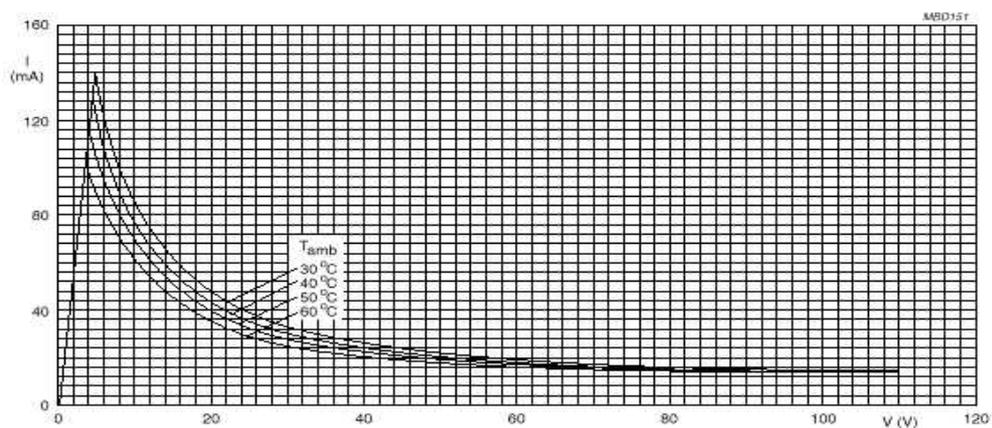
1.5.2.1. Termistor PTC

Un **termistor PTC** (*Positive Temperature Coefficient*) es una resistencia variable cuyo valor se ve aumentado a medida que aumenta la temperatura, con un Coeficiente Temperatura Positivo y con un valor alto para dicho coeficiente.

El termistor PTC pierde sus propiedades y puede comportarse eventualmente de una forma similar al termistor NTC si la temperatura llega a ser demasiado alta. Las aplicaciones de un termistor PTC están, por lo tanto, restringidas a un determinado margen de temperaturas; razón por la cual se debe considerar el grado de temperatura con la cual se va a trabajar y las elevaciones que puede alcanzar para evitar que las lecturas proporcionadas por el termistor sean erróneas.

La característica estática corriente/voltaje nos muestra los límites de corriente en los que puede trabajar un termistor PTC. Hasta un determinado valor de voltaje, la característica I/V sigue la ley de Ohm, pero la resistencia aumenta cuando la corriente que pasa por el termistor PTC provoca un calentamiento y se alcanza la temperatura de conmutación.

FIGURA 1.12. CURVAS DE CARACTERÍSTICAS ENTRE VOLTAJE Y CORRIENTE

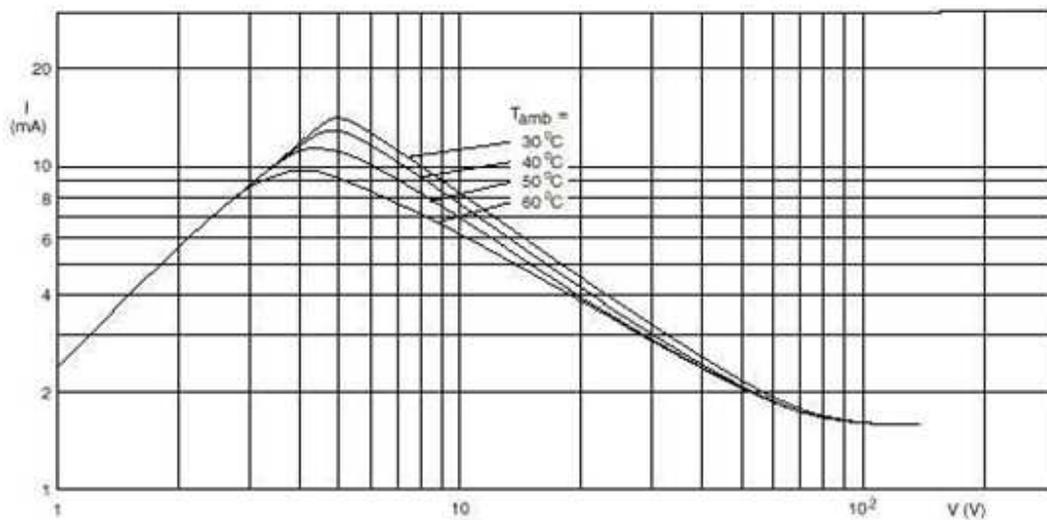


Fuente: http://webpages.ull.es/user/srbuenaf/tecnología/termistores_PTC_1.pdf

Elaborado: Grupo de investigación

La característica I/V depende de la temperatura ambiente y del coeficiente de transferencia de calor con respecto a dicha temperatura ambiente. Como puede verse en la figura anterior las características se dibujan sobre una escala lineal, sin embargo es más común dibujarlas sobre una escala logarítmica como se puede observar en la siguiente ilustración en donde se tiene una visión más clara de su comportamiento.

FIGURA 1.13. CURVA LOGARÍTMICA DE LOS PTC



Fuente: http://webpages.ull.es/user/srbuenaf/tecnología/termistores_PTC_1.pdf

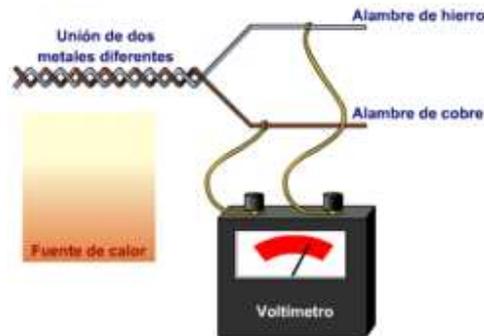
Elaborado: Grupo de investigación

1.5.3. *Termopar*

El **termopar** trabaja bajo el principio de un circuito formado por dos metales distintos que produce un voltaje que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" y el otro denominado "punto frío".

Su principal limitación que presenta en su funcionamiento es la exactitud, ya que los errores del sistema inferiores a un grado centígrado son difíciles de obtener.

FIGURA 1.14. DISPOSICIÓN DE LOS TERMOPARES



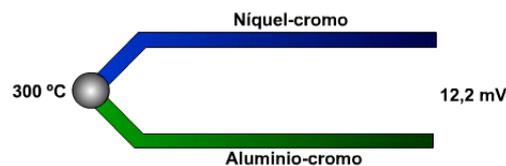
Fuente: <http://es.wikimedia.org/wiki/termopar>

Elaborado: Grupo de investigación

1.5.3.1. Funcionamiento de termopar

En la página electrónica <http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar> dice: “En 1821 el físico estonio Thomas Seebeck descubrió accidentalmente que la unión entre dos metales genera un voltaje que es función de la temperatura”. Los termopares funcionan bajo este principio, el llamado efecto Seebeck. El diagrama inferior muestra un termopar del tipo K, que es el más popular:

FIGURA 1.15. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE TERMOPARES TIPO K



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/termopar>

Elaborado: Grupo de investigación

1.5.3.2. Efecto Seebeck

Cuando dos conductores se unen por sus extremos para formar un circuito, y además se colocan en un gradiente de temperatura, entonces se manifiesta un flujo de calor y

un flujo de electrones conocido como corriente de seebeck lo cual crea una fuerza electromotriz del termopar.

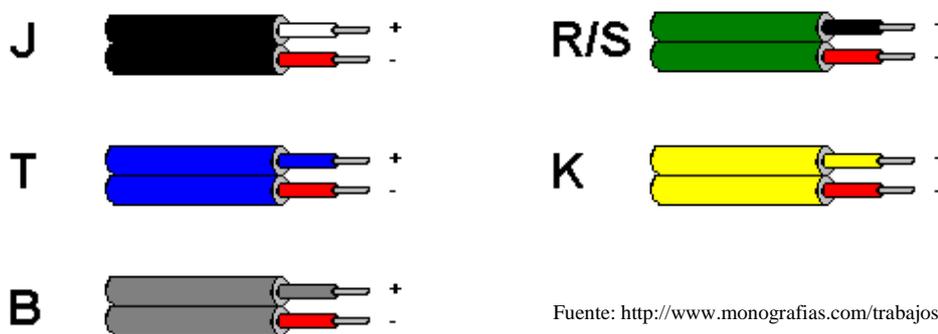
Según la página electrónica <http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar>. “La ley de los metales intermedios dice que un tercer metal introducido entre dos metales distintos de una unión de termopar no tendrá efecto siempre y cuando las dos uniones estén a la misma temperatura”. Mediante la aplicación de esta ley nos permite llevar a efecto la construcción de las uniones de los termopares. Un ejemplo sencillo de una unión termopar al estañar dos metales, ya que la estañadura no afectará la sensibilidad. En la práctica, las uniones termopares se realizan con soldaduras de los dos metales (por lo general con una carga capacitiva) ya que esto asegura que el desempeño no esté limitado al punto de fusión de una estañadura.

1.5.3.3. Códigos de Color de las Termocuplas

Según la página electrónica <http://www.monografias.com/trabajos3/transductores/transductores.shtml>, “El alambrado de las termocuplas esta codificado dependiendo del tipo”. Los países utilizan códigos diferentes para los colores. Por lo cual a continuación presentamos los siguientes códigos más comunes:

FIGURA 1.16. SIMBOLOGÍA DEL CÓDIGO DE COLORES AMERICANOS.

United States ASTM:

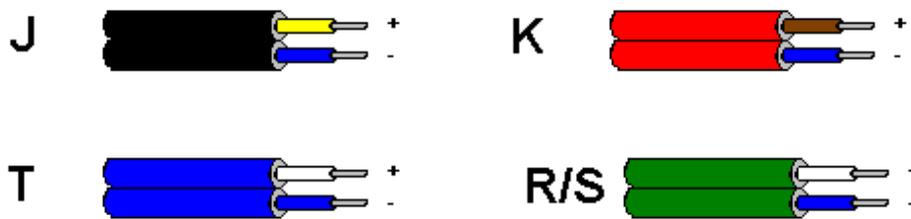


Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos3/transductor>

Elaborado: Grupo de investigación

FIGURA 1.17. SIMBOLOGÍA DEL CÓDIGO DE COLORES BRITÁNICO ANTIGUO.

British BS1843: 1952:

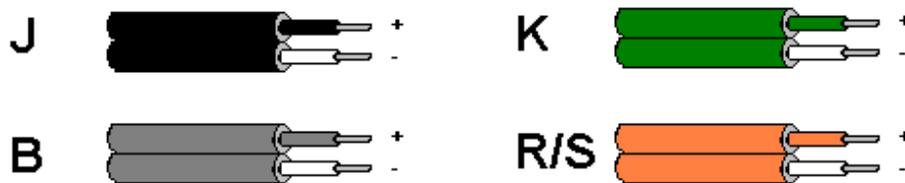


Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos3/transductor>

Elaborado: Grupo de investigación

FIGURA 1.18. SIMBOLOGÍA DEL CÓDIGO DE COLORES BRITÁNICO ACTUAL.

British BS4937: Part 30: 1993:



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos3/transductor>

Elaborado: Grupo de investigación

FIGURA 1.19. SIMBOLOGÍA DEL CÓDIGO DE COLORES FRANCÉS.

French NFE:

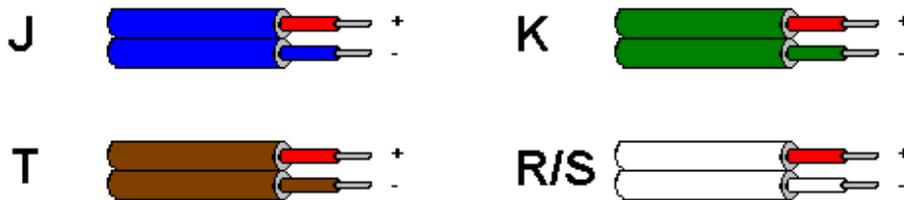


Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos3/transductor>

Elaborado: Grupo de investigación

FIGURA 1.20. SIMBOLOGÍA DEL CÓDIGO DE COLORES ALEMAN.

German DIN:



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos3/transductor>

Elaborado: Grupo de investigación

1.5.3.4. Tipos de Termopares

Para la página electrónica <http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar>: “considera a los termopares que conceptualizamos a continuación”.

- **Tipo K** (Cromo (Ni-Cr) Chromel / Aluminio (aleación de Ni -Al) Alumel): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+1.200\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aprox.
- **Tipo E** (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
- **Tipo J** (Hierro / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas

superiores a 760 °C ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de -40°C a +750°C.

- **Tipo N** (Nicrosil (Ni-Cr-Si / Nisil (Ni-Si)): es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.
- **Tipo B** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1.800 °C. El tipo B por lo general presentan el mismo resultado a 0 °C y 42 °C debido a su curva de temperatura/voltaje.
- **Tipo R** (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta 1.300 °C. Su baja sensibilidad (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio quitan su atractivo.
- **Tipo S (platino / rodio)**: ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los 1.300 °C, pero su baja sensibilidad (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro (1064,43 °C).
- **Tipo T**: es un termopar adecuado para mediciones en el rango de -200 °C a 0 °C. El conductor positivo está hecho de cobre y el negativo, de constantán.

Los termopares con una baja sensibilidad son los tipos B, R y S, disponiendo además una resolución menor. La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperaturas a determinar.

1.5.4. Sensor Electrónico LM35

Según la página electrónica <http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=LM35>, “el sensor electrónico LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a +150°C”.

Figura 1.21. Fotografía del sensor de temperatura



Fuente: <http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?>

Elaborado: Grupo de investigación

Para describir los terminales de conexión debemos colocar al elemento sobre la mesa con las patillas hacia nosotros y las letras del encapsulado hacia arriba entonces de izquierda a derecha los pines son: VCC - Vout - GND.

La salida de estos sensores es lineal, por lo cual permite que el control sea realizado de forma fácil y sencilla es así que equivale a 10mV/°C como se muestra a continuación:

- +1500mV = 150°C
- +250mV = 25°C
- -550mV = -55°C

1.6. Precauciones y Consideraciones al Usar Termopares

1.6.1. Problemas de conexión

Se debe tener en cuenta que cualquier contacto entre dos metales distintos creará una unión y si tomamos en cuenta que los termopares son la unión de dos metales entonces los resultados de un contacto puede producir alteraciones en el funcionamiento normal.

1.6.2. Resistencia de la guía

Para minimizar la desviación térmica y mejorar los tiempos de respuesta, se debe considerar que los termopares están integrados con delgados cables, lo cual provoca que los termopares tengan una alta resistencia, causando así un alto riesgo de ser afectado por el ruido eléctricos de su alrededor, a la vez que la resistencia del instrumento de medida casusa los errores en el valor.

1.6.3. Descalibración

La descalibración es el proceso de alterar accidentalmente a causa de impurezas y químicos del aislante en el cable de termopar; la causa más común en la desalibración es la difusión de partículas atmosféricas en el metal a los extremos de la temperatura de operación.

1.6.4. Ruido

La salida de un termopar es una pequeña señal, así que es propenso a absorber ruido eléctrico. La mayoría de los instrumentos de medición rechazan cualquier modo de ruido (señales que están en el mismo cable o en ambos) así que el ruido puede ser minimizado al retorcer los cables, para asegurarse que ambos recogen la misma señal

de ruido. Si se opera en un ambiente extremadamente ruidoso como por ejemplo cuando se encuentra cerca de un gran motor, es necesario considerar usar un cable de extensión protegido

1.6.5. Desviación térmica

Cuando trabajamos con termopares que disponen de cables delgados es necesario que se tome en consideración la resistencia que presenta la guía; debido a que cuando elevamos la temperatura del termopar que se encuentre en un espacio o en un líquido, este extrae energía que afecta directamente a la temperatura a la cual deseamos controlar; esta es una de las razones fundamentales por las cuales se dispone de elementos con cables que a menudo tienden a ser gruesos.

1.7. SENSORES DE HUMEDAD

Podría decirse que la humedad juega un rol en todos los procesos industriales. El solo hecho de que la atmósfera contiene humedad hace que, por lo menos, se estudie su efecto en el almacenamiento y sus formas de controlar los distintos productos y dispositivos.

1.7.1. Parámetros Típicos para Determinar la Humedad

1.7.1.1. Medición de la Humedad Relativa (RH)

Muchas son las definiciones pero en si la medición de la humedad relativa consiste en la relación entre la presión parcial del vapor de agua en el gas de que se trate y la presión de saturación del vapor, a una determinado grado de temperatura, entonces encontraremos que la definición es la diferencia entre una constante del gas a ser medio con la lectura que se realice en un determinado instante.

1.7.1.2. Medición del Punto de Rocío/Escarcha (D/F PT)

Para comprender de una manera sencilla es necesario saber que el punto de rocío es la temperatura, por sobre los 0° grados al cual el vapor de agua presente, en el gas se condensa; dicho de otra más sencilla el vapor con el frío se condensa en la atmósfera en gotas muy menudas las cuales se cristalizan y formando el hielo.

1.7.2. Efectos de la Temperatura y la Humedad

La salida de todos los sensores de humedad por absorción (capacitivos, resistivos, de film resistivo etc.), se ven afectados sensiblemente por la temperatura y la humedad relativa. A causa de esto se utilizan mecanismos de compensación de temperatura en aplicaciones que demanden alto nivel de precisión o un amplio rango de temperaturas.

Los instrumentos de tipo industrial para medir humedad y punto de rocío incorporan una resistencia de platino (RTD) en la parte posterior del sustrato del sensor para la integridad de la compensación de la diferencia de temperaturas. Para estos sensores de alta temperatura no se proveen los circuitos electrónicos de acondicionamiento de señal.

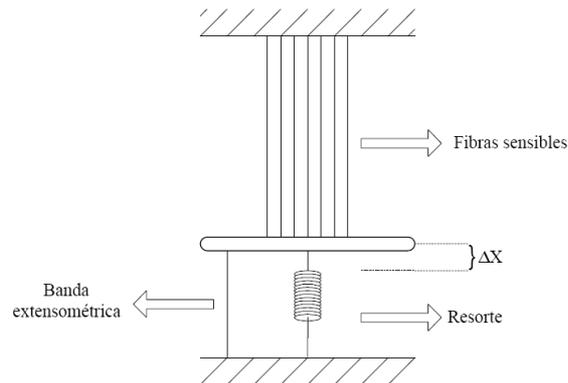
1.7.3. Tipos de Sensores de Humedad

1.7.3.1. Sensores por Desplazamiento (mecánicos)

Según la página electrónica <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>, “es quizás el tipo de sensor más antiguo y de uso común, utiliza un mecanismo para medir la expansión o contracción de un cierto material que es proporcional a los cambios en el nivel de humedad relativa”. Los materiales utilizados comúnmente son

el nylon y la celulosa. En la figura se representa el ejemplo de la estructura de sensor de humedad y el principio de funcionamiento, mediante la determinación del comportamiento del mismo.

FIGURA 1.22. ESTRUCTURA DE UN SENSOR DE HUMEDAD.



Fuente: <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>

Elaborado: Grupo de investigación

Las ventajas que presta los sensores construidos con fibras sensibles son: el bajo costo de fabricación y es altamente inmune a la contaminación. Las desventajas son la tendencia a la descalibración en el tiempo y los efectos de histéresis significativos.

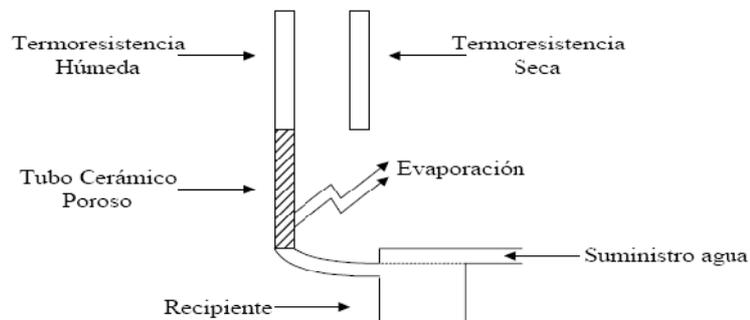
1.7.3.2. Bulbos húmedo y seco:

Según la página electrónica <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>. “Se basa fundamentalmente en la medición de temperatura, para a partir de ella deducir la cantidad de agua evaporada presente en una mezcla gaseosa”. Este principio se basa en dos termómetro con similares características, con el primero se mide la variación de temperatura en el bulbo seco, mientras que con el otro la temperatura en la superficie de una película de agua formada por la evaporación. Al conocerse el valor de ambas variables es posible determinar la humedad relativa. En un ambiente saturado, la cantidad de moléculas que se evaporan del bulbo húmedo son

equivalentes a las que se condensan en él, por lo que ambos termómetros registran temperaturas idénticas.

En la actualidad se utilizan termocuplas y/o termoresistencias envueltas en mechas, para lo cual se debe de tener mucho cuidado puesto que las impurezas que capta las mechas alteran al equipo, de ahí que se usa la alternativa de utilizar dispositivos de cerámica porosos en lugar de las mechas como se muestra en la siguiente figura.

FIGURA 1.23. SENSOR DE BULBO HÚMEDO Y SECO.



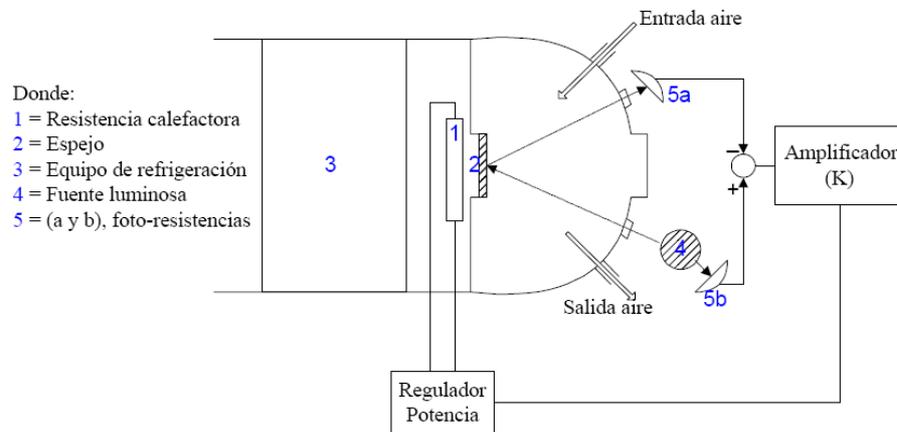
Fuente: <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>

Elaborado: Grupo de investigación

1.7.3.3. Sensores por condensación:

Otra variable que nos permite calcular H_r es la temperatura de punto de rocío. Para ello se hace circular la mezcla gaseosa por una cámara en la cual se toma se refleja una luz una fotoresistencia, entonces la medición de la intensidad luminosa presente en el espejo de la cámara determinará el punto de ricio como se muestra en la figura siguiente:

FIGURA 1.24. SENSOR POR CONDENSACIÓN



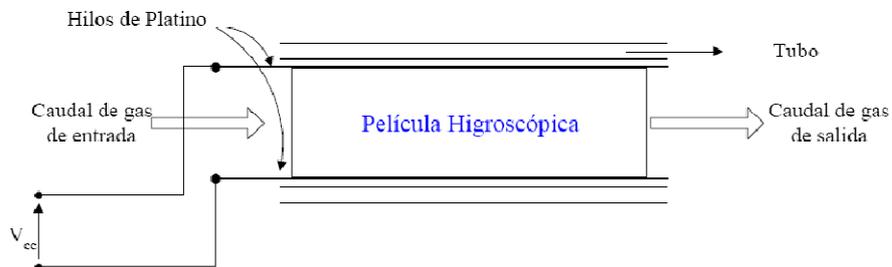
Fuente: <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>

Elaborado: Grupo de investigación

1.7.3.4. Sensores electrolíticos:

Bajo el principio de descomposición de las moléculas de agua por medio de la electrolisis en el aire; se produce la electrolisis de las moléculas de agua presente en el gas con la finalidad de medir la corriente que se genera cuando aquello ocurre, en el siguiente gráfico se puede observar la forma como de realizar este procedimiento.

FIGURA 1.25. SENSOR ELECTROLÍTICO.



Fuente: <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>

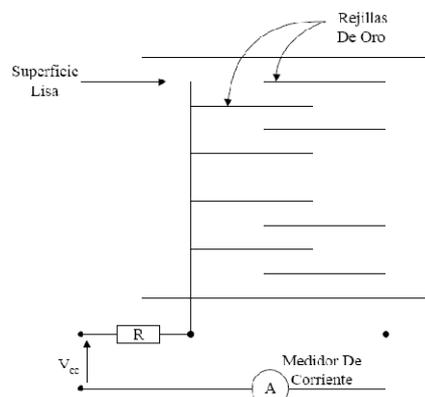
Elaborado: Grupo de investigación

Este sensor es utilizado para realizar la medición de la cantidad de agua presente en muestras líquidas que no sufran electrolisis, midiendo de esa manera sólo la descomposición de las moléculas de agua presentes.

1.7.3.5. *Sensores por conductividad*

Como bien sabemos cuando a través de una superficie o en una determinada área la cual contenga un gas con partículas de agua, estas permitirán que exista conductibilidad (paso de la corriente eléctrica), bajo este principio se encuentran diseñados estos sensores. En la figura siguiente se puede observar el diseño de este tipo de sensores.

FIGURA 1.26. SENSOR DE HUMEDAD POR CONDUCTIVIDAD



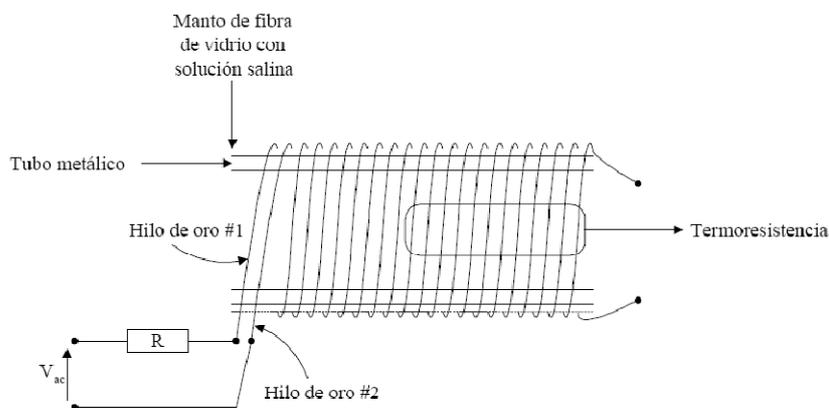
Fuente: <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>

Elaborado: Grupo de investigación

1.7.3.6. *Sales higroscópicas:*

Este tipo de sensor es construido en base a las moléculas de sal higroscópica (cloruro de litio), las cuales tienen la propiedad de absorber el agua con facilidad, en la siguiente figura se puede observar la forma interna del sensor.

FIGURA 1.27. SENSOR DE HUMEDAD POR SALES HIGROSCÓPICAS



Fuente: <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>

Elaborado: Grupo de investigación

Por disipación de potencia la resistencia libera energía en forma de calor, evaporando el agua de la solución salina. Por ende baja la concentración de iones, a medida que se evapora el agua, quedando cristales salinos. Mientras menos concentración de agua se tenga en la fibra menos conducción tendremos.

1.7.3.7. Sensor de Bloque de Polímero Resistivo

Según la página electrónica <http://www.monografias.com/trabajos10/humed/humed.shtml>. dice: “Están compuestos de un sustrato cerámico aislante sobre el cual se deposita una grilla de electrodos. Estos electrodos se cubren con una sal sensible a la humedad embebida en una resina (polímero). La resina se recubre entonces con una capa protectora permeable al vapor de agua”. A medida que la humedad permea la capa de protección, el polímero resulta ionizado y estos iones se movilizan dentro de la resina. Cuando los electrodos son excitados por una corriente alterna, la impedancia del sensor se mide y es usada para calcular el porcentaje de humedad relativa.

Por su misma estructura este tipo de sensores son relativamente inmunes a la contaminación superficial ya que no afecta su precisión aunque si el tiempo de respuesta. Debido a los valores extremadamente altos de resistencia del sensor a niveles de humedad menores que 20% es apropiado para los rangos altos de humedad.

1.7.3.8. Sensores Capacitivos

Los sensores capacitivos (polímero orgánico capacitivo) están basados a un cambio dependiendo de la humedad de una capacidad del condensador con una película polymer delgada como dieléctrico, diseñados normalmente con electrodos porosos o con filamentos entrelazados en el sustrato. El material dieléctrico absorbe o elimina vapor de agua del ambiente con los cambios del nivel de humedad. Los cambios resultantes en la constante dieléctrica causa una variación en el valor de la capacidad del dispositivo por lo que resulta una impedancia que varía con la humedad.

El material sensor es muy delgado para alcanzar grandes cambios en la señal con la humedad. Esto permite a el vapor de agua entrar y salir fácilmente y el secado rápido para la sencilla calibración del sensor, considerando que la exactitud de medición está entre $\pm 2\%$ a $\pm 5\%$ de humedad relativa.

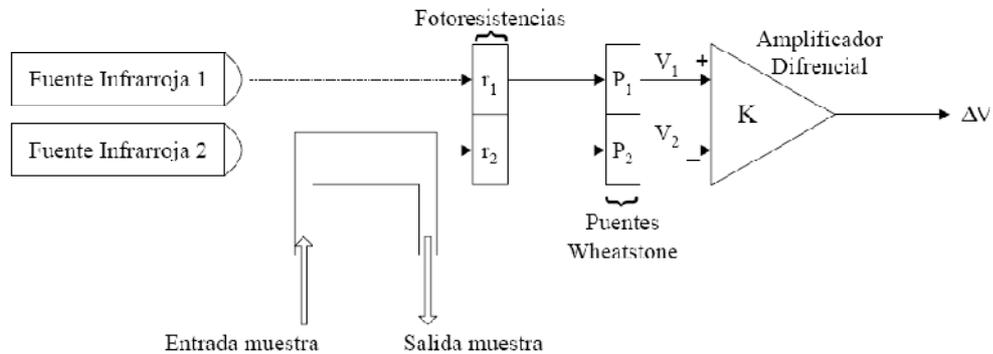
La condensación es proporcional al cambio de la humedad relativa cuando se transforma en una señal nominado de salida por una electrónica de mando alterno reaccionan rápidamente a los cambios de humedad; razón por la cual es especialmente apropiado para ambiente de alta temperatura porque el coeficiente de temperatura es bajo y el polímero dieléctrico puede soportar altas temperaturas. También apropiados para aplicaciones que requieran un alto grado de sensibilidad a niveles bajos de humedad, donde proveen una respuesta relativamente rápida. A valores de humedad superiores al 85% sin embargo el sensor tiene una tendencia a saturar y se transforma en no lineal.

1.7.3.9. Sensores infrarrojos:

Tomando en consideración que las ondas electromagnéticas poseen cierta cantidad de energía, las moléculas tienden a absorber o a emitir ondas de frecuencia específicas con una energía equivalente a las transmisiones energéticas.

Para medir la presencia de agua en un gas, utilizaremos una fuente de rayos infrarrojos la cual proyectará al otro extremo, y como sabemos que el agua absorbe las radiaciones, entonces mientras mayor sea la cantidad de vapor de agua mayor será la absorción que se dispone, en la siguiente figura se realiza la representación de la constitución de interna del sensor.

FIGURA 1.28. SENSORES DE HUMEDAD MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL INFRARROJO.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/humed/humed.shtml>

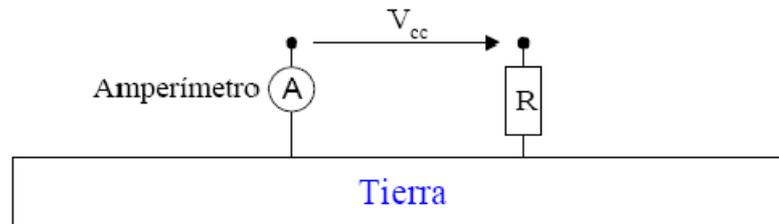
Elaborado: Grupo de investigación

1.7.3.10. Sensores de humedad en el suelo

Para este tipo de sensores se aplica la conductividad de la muestra (tierra), la cual se incrementa a medida de que la cantidad de agua se incrementa, para ello se introduce dos electrones separados, los cuales son sometidos a una diferencia de potencial

constante, en la siguiente figura se puede observar la conexión con la cual se lleva a efecto el proceso de medición de humedad.

FIGURA 1.29. SENSOR DE HUMEDAD EN EL SUELO



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/humed/humed.shtml>

Elaborado: Grupo de investigación

1.8. Dispositivos Usados para Medición del Punto de Rocío/Escarcha

1.8.1. Sensores de Punto de Rocío de Óxido de Aluminio

Los instrumentos de óxido de aluminio y sus derivados, tales como los sensores basados en cerámicos o silicio, infieren indirectamente en el valor del punto de rocío debido a la humedad del medio ambiente; razón por la cual este sensor tiene que ser calibrado constantemente, convirtiéndose en una enorme desventaja para los procesos de control precisos de temperatura.

1.8.2. Sensor Piezo-Resonante

El revestimiento sensible que va ubicado sobre la superficie del cristal resonante provoca variación en la frecuencia de resonancia cuando aumenta o disminuye la humedad. Esta frecuencia de resonancia es comparada con mediciones similares en el gas seco o a la frecuencia de referencia a la que ha sido calibrado.

1.8.3. Estándares de Calibración

Para llevar a efecto la calibración de los equipos, tendremos en cuenta la clasificación que a continuación detallamos.

- **Estándares primarios:** Usado especialmente para laboratorios nacionales, basados en higrómetro gravimétrico. Este método es mediante el pasaje de una cantidad de gas seco el cual es comparado con el peso del volumen del gas que se quiere evaluar.

- **Estándares de transferencia:** Los instrumentos de esta categoría operan según los principios fundamentales y proveen resultados estables y repetibles, pero si no se utilizan apropiadamente pueden dar resultados erróneos. Los más comunes son:
 - Higrómetro óptico
 - Higrómetro electrolítico
 - Psicómetro

- **Dispositivos secundarios:** Estos dispositivos no miden parámetros fundamentales y deben calibrarse contra estándares de transferencia o fundamentales. Estos sistemas raramente se utilizan en laboratorios de calibración pero tienen muchas aplicaciones en la industria.

1.9. SISTEMAS AUTOMATIZADOS

Para PIEDRAIFITA, Ramón (2004), “los actuales sistemas de automatización industrial pueden considerarse como herederos de los autómatas mecánicos de pasado”. La definición que se dispone en la Real Academia Española dice: “máquina que imita la figura y los movimientos de un ser humano”.

En la actualidad los procesos han variado constantemente dentro de la industria y del hogar, es así que tenemos que hacer referencia a los tiempos donde contamos

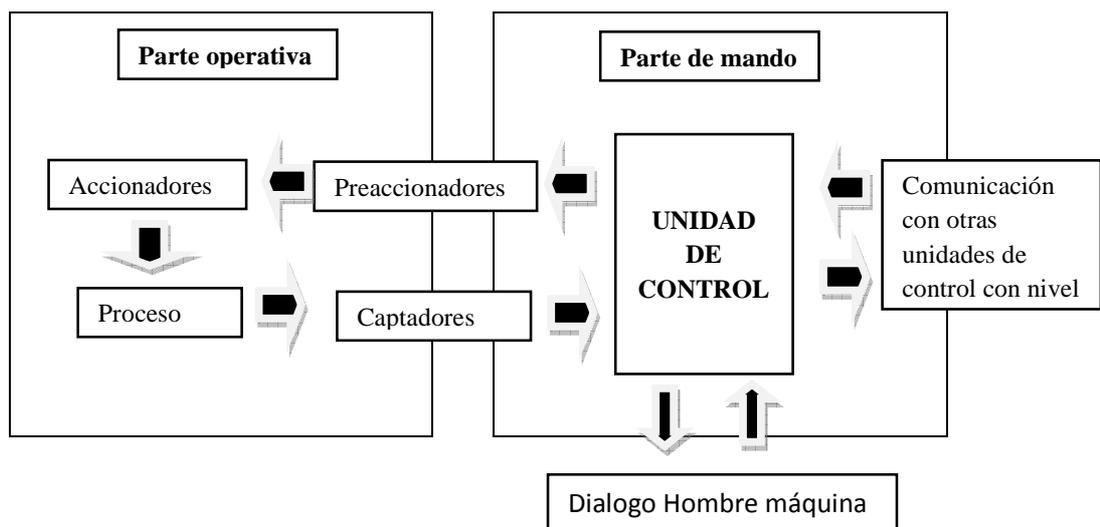
cuando Harry Ford implantaba el proceso en línea en la fabricación de los automóviles, donde el 90 por ciento de los trabajos se los llevaba a cabo con las manos del obrero, en la actualidad los procesos en línea no han desaparecido sino más bien hay surgido nuevas expectativas en otros campos y donde la mano del obrero sirve para realizar el control del proceso, encontrándose en un 90 por ciento del trabajo realizado por parte de la máquina. Es así que la automatización en la actualidad es un sistema donde se transfieren tareas de producción, que antes de la implementación de toda la tecnología era realizada habitualmente por los operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Dentro de la teoría eléctrica tenemos que los circuitos eléctrico y electrónico constan de las mismas partes que consta un sistema automatizado y que detallamos a continuación:

Parte de Mando o control

Parte Operativa o Fuerza

FIGURA 1.30. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN PLC



Fuente: Ingeniería de Automatización Industrial

Elaborado: Grupo de investigación

La *Parte de Mando o control* suele ser un autómata programable (tecnología programada internamente), lo cual permite disponer de la programación controlada de un proceso, que hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada).

La *Parte Operativa o de fuerza* es la parte que actúa directamente sobre la máquina o emite la señal para activarla. Regularmente son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada, dicho de otra manera son los elementos que actúan con corrientes considerables y/o altas. Forman parte lo accionadores de las máquinas, como son motores de corriente alterna, cilindros neumáticos, compresor, entre otros.

El autómata elabora las acciones a realizar sobre el sistema de fabricación en base al programa que ha sido introducido en la memoria, en base a las señales de los captadores, y en base a las órdenes que provengan del operador.

1.9.1. Objetivos de la Automatización

Mejorar la productividad de un proceso.

Realizar las operaciones de poco control intelectual y manualmente por parte del trabajador.

Simplificar los procesos donde se requiere que el mantenimiento no afecte los procesos de producción.

Integración de la gestión y imprescindible para una empresa, como es la producción.

1.10. PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)

1.10.1. *Introducción*

Según la página electrónica <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcebtro.automatica/webCQMHI/PAGINAPRINCIPAL/PLC/plc.htm>. “Un autómeta programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales”, para con ello realizar multitud de funciones y muchas de ellas simultáneamente, las funciones más clásicas como lo es detección (lectura de la señal de los captadores), mando (elabora y envía las acciones al sistema mediante los preaccionadores), diálogo humano-máquina (Mantiene un diálogo con los operarios de producción) y programación (permite modificar el programa e incluso el control del autómeta y la máquina).

Un PLC que lo encontramos en la figura siguiente trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

FIGURA 1.31. FOTOGRAFÍA DE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE LÓGICO.



Fuente: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcebtro.automatica/webCQMHI/PAGINAPRINCIPAL/PLC/plc.htm>

Elaborado: Grupo de investigación

1.10.2. Ventajas

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos e intercambio de datos entre autómatas en tiempo real.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas.
- Permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de Supervisión Industrial, mediante una red LAN o una red WAN
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Permite el control de procesos continuos mediante la disponibilidad de entradas analógicas regulados por un PID.
- Los módulos pueden estar distribuidos fuera del armario, por medio de una instalación.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento.

1.10.3. Inconvenientes

El coste inicial, que se debe a la estructura con el cual se realiza la elaboración del mismo, más si se tiene en consideración la existencia de nuevos dispositivos electrónicos que permiten realizar las mismas acciones de mando y control pero a precios más accesibles para el bolsillo de las personas.

1.10.4. Funciones Básicas de un PLC

- Detección de señales de ingreso, estas pueden ser analógicas o digitales
- Mando y control de las entradas y salidas.
- Dialogo hombre máquina mediante la utilización de redes internas y externas.

- Programación de funciones especiales que ayudan al control de un proceso.

1.10.5. Nuevas Funciones

Redes de comunicación

Permiten establecer comunicación con otras partes de control, para conseguir el intercambio de datos entre autómatas en tiempo real.

Sistemas de supervisión

Permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial, dicha comunicación se lo realiza por medio de una simple conexión por el puerto serial del ordenador

Control de procesos continuos

Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata, obteniendo un control integral del proceso al cual se lo está llevando a efecto.

Entradas - Salidas distribuidas

Los módulos de entrada salida no tienen porqué estar en el armario del autómata, pueden encontrarse distribuidos por medio de una instalación de un cable de red.

Buses de campo

El autómata consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores, con la utilización de cables de comunicación.

Servidores Web

Permite realizare el monitoreo de los sistemas de supervisión y exploración de los sistemas de fabricación por medio de una red LAN o WAN.

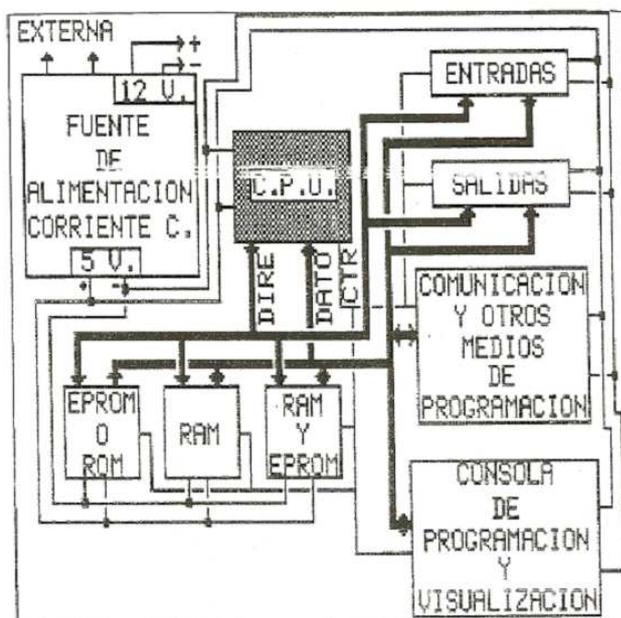
1.10.6. Programación

Mediante la programación se puede obtener sin número de programas de control, supervisión, gracias a la estructura del equipo, los programas diseñados pueden quedar almacenados en la memoria interna por el tiempo deseado; la memoria puede almacenar hasta mil instrucciones.

1.11. Composición Física programable logic controller (plc) (Hardware)

El nombre utilizado en España para el PLC es de Autómata programable, pero el nombre que se identifica por las cualidades de controlar cualquier proceso para el que ha programado es **controlador lógico programable (PLC)**. De esta manera llegaremos a decir que no es más que un ordenador y que mediante un sistema operativo apropiado se ha sido especializado para realizar trabajos dentro de un campo específico, como es la automatización industrial sin dejar a un lado el campo doméstico. En la siguiente figura se muestra la estructura básica de los componentes eléctricos y electrónicos cuenta en el interior de PLC.

FIGURA 1.32. ESQUEMA DE BLOQUE DE UN PLC



Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

1.11.1. Fuente de Alimentación del Automata

Proporciona una corriente continua filtrada y totalmente estabilizada de 5 voltios. La tensión suministrada por la fuente de alimentación es utilizada por todos los circuitos electrónicos internos además por los módulos de expansión, y las entradas y salidas.

Además de los 5 voltios la fuente de alimentación provee de 24 voltios continuos la cual tiene las características de estabilizada y filtrada, dichos voltajes continuos se obtienen de la alimentación de energía con las siguientes características.

Alimentación de corriente alterna de 220 voltios

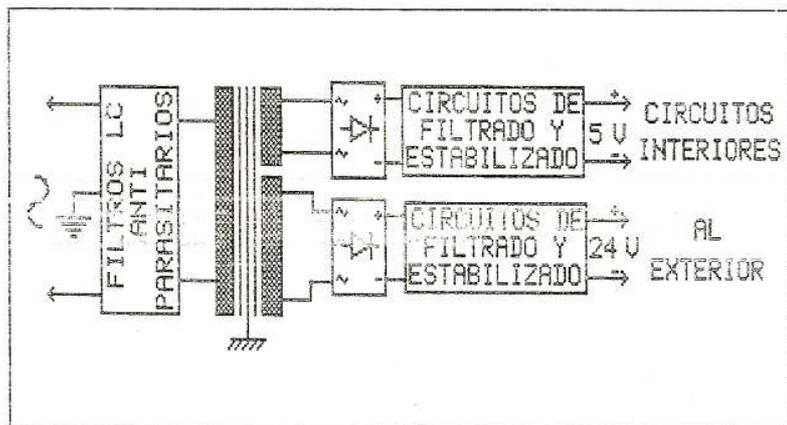
Alimentación de corriente alterna de 110 voltios

Alimentación en corriente alterna de 24 voltios

Alimentación en corriente continua de 24 voltios.

En el gráfico que encontramos a continuación podremos observar al transformador interno el cual debe tener dos devanados secundarios totalmente independiente entre si. El primero deberá proporcionar una tensión alterna de 24 voltios y aproximadamente 0.5 amperios mientras que el segundo devanado secundario proporciona una tensión de 5 voltios y una corriente tal que alimente sin fatiga todos los dispositivos que según las especificaciones del autómata se puede conectar al mismo.

FIGURA 1.33. ESQUEMA EN BLOQUES DE LA FUENTE ALIMENTACIÓN.



Fuente: Automatización Industrial Moderna

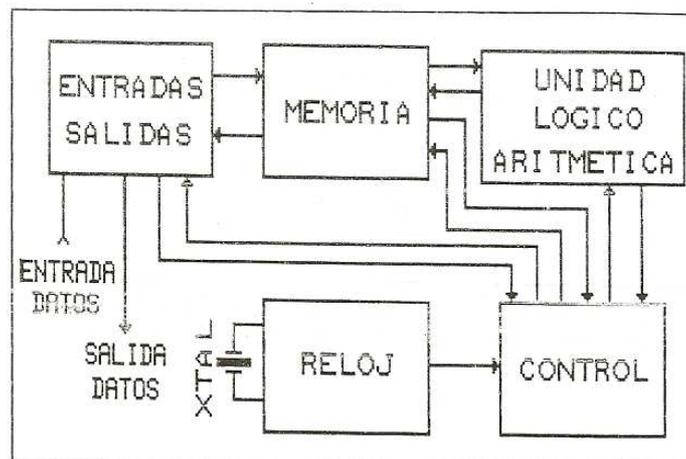
Elaborado: Grupo de investigación

Para separar las interferencias de alta frecuencia que son resultado de trabajar con la corriente alterna de la red pública y que puede producir alteraciones en el valor de voltaje en la salida de la fuente de alimentación, se utiliza los filtros LC compuestos por varias inductancias (L) desacopladas mediante condensadores (C).

1.11.2. La C.P.U.

Es la unidad procesadora de la información es la razón por la cual se considera como la parte fundamental de todo el sistema, esa unidad está controlada por **microprocesadores** electrónicos los cuales procesan la información que ingresa con la que se encuentra programada, para llevar a cabo las acciones deseadas. En la siguiente figura se representa un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento central en el mismo encontramos la forma de direccionamiento de de la información.

FIGURA 1.34. ESQUEMA EN BLOQUES DEL CPU.



Fuente: Automatización Industrial Moderna
Elaborado: Grupo de investigación

1.11.3. La Memoria

Toda la información generada por los cambios en los programas son almacenados en el módulo de memoria, se debe tener en cuenta que la información guardada puede ser utilizada cuando el equipo lo requiera ya que la memoria disponible de largo tiempo, esto se logra con una memoria compuesta de unos cuantos registros de una longitud entre 8 y 16 bits, dependiendo del microprocesador que se utilice

en el equipo.

Para entender como sucede el proceso de almacenamiento de datos en la memoria, indicaremos que la información se guarda en la memoria en una serie de celdas, normalmente en número de ocho; el conjunto de 8 celdas se llama registro, los mismos almacenan un bit en cada celda, de manera que cada registro puede guardar un dato de 8 bits. Los registros están dispuestos uno encima del otro y cada registro se diferencia del otro precisamente por su posición en sentido vertical, lo que se llama dirección. El contenido de cada registro se llama dato y la posición de cada registro se llama dirección. Para ilustrar de mejor manera lo descrito anteriormente, graficamos la tabla con las columnas en las cuales va la información:

FIGURA 1.35. TABLA DE REGISTRO

DIR	DATO							
0000	0	0	0	0	0	0	0	0
0001	0	0	0	0	0	0	0	0
0002	0	0	0	0	0	0	0	0
0003	0	0	0	0	0	0	0	0
0004	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

1.11.4. Tipos de Memoria

Memoria eprom

EPROM (*Erasable Programmable Read-Only Memory*). Memoria borrable y programable de sólo lectura, esta memoria puede ser borrada mediante su exposición a una fuente de rayos ultravioletas, los cuales cumplen con la función de borrar la información ingresada, después se puede programar; es decir escribir un programa apropiado para el microprocesador con el que colabore, este proceso se realiza por

medio de un aparato especial.

Memoria prom

PROM (*Programmable Read-Only Memory*). Memoria programable de sólo lectura.

Esta memoria es similar a la EPROM con la diferencia de que esta memoria ya no se puede volver a programar una memoria ya programada; razón por la cual esta memoria no permite sobre escribir sobre un comando llevado a efecto.

Memoria rom

ROM (*Read-Only Memory*). Memoria de sólo lectura.

Esta memoria se programa en la fabricación del elemento, y por su simplicidad es muy barata en el mercado, esa es una de las razones por las cuales se fabrica en grandes cantidades.

Memoria ram

RAM (*Random Access Memory*). Memoria de acceso aleatorio.

Este tipo de memorias tienen las características de recibir la escritura (programa), no requiere de equipos o aparatos especiales para escribir o para borrar ya que solo se debe escribir un dato compuesto por ceros. Cabe señalar que tiene un inconveniente, se pierde la información cuando no tiene la alimentación.

Para solucionar el inconveniente por la pérdida de información, actualmente se construye las memorias con tecnología CMOS (complementario Metal Oxido Semiconductor), esta tecnología por su construcción consume muy poca energía y mediante la implementación de una pila ayuda a respaldar la información por un periodo superior al año.

Para ilustrar la forma de funcionamiento de la memoria empezaremos primeramente explicando que la memoria RAM está dividida en varias zonas, las primeras direcciones son destinadas a contener el programa escrito por el usuario, suele tener una longitud variable entre 1 Kbyte (1 Kbyte = 1024 Bytes) y los autómatas más potentes que llegan a tener hasta 64 Kbytes. Otra zona de la memoria RAM registra las entradas y salidas, de tal manera que cuando se utiliza módulos de expansión sean digitales o analógicos, quedarán conectadas directamente con la memoria RAM, quedando las entradas y las salidas en los registros destinados para cada una de ellas.

De la misma manera se considera los relés internos, los cuales no son más que bits correspondientes a registros de memoria y que cumplen con la función de poner en estado de 1 o 0 en conjunto o de forma unitaria, con esta analogía se obtiene lo que regularmente conocemos como relés monoestables y relés biestables.

1.11.5. Unidad Lógica Aritmética

Esta unidad nos permite obtener las operaciones básicas como son la suma, resta, multiplicación y división, además de realizar operaciones de comparación entre unidades dando como resultado, si > que, si < que, o si = que; formándose las puertas lógicas más comunes (AND, OR, XOR, NAND Y NOR), en el siguiente ejemplo podemos encontrar dos datos diferentes de 8 bits cada uno, a los cuales se aplicara la operación NAND.

Figura 1.36. Ejemplo de una operación realizada por el PLC

Datos 1°	0	0	1	1	1	0	1	1
Dato 2°.	1	1	1	0	0	0	0	1
Resultado	1	1	0	1	1	0	1	0

Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

1.11.6. La Unidad de Control

Con esta unidad podemos leer secuencialmente cada una de las instrucciones del programa, decodificarles y ordenarles el trabajo, para ello utiliza el módulo reloj (CLOCK), el cual funciona como gobernador. De esta manera el sistema reconoce que memorias o que dato tiene que procesar, tomado la información de una entrada o depositando el dato en una memoria, el proceso anterior se repite hasta terminar con las instrucciones a las cuales fue programada, tomando en consideración que el microprocesador no puede realizar más de un trabajo a la vez.

Para la lectura de las instrucciones por parte del microprocesador se requiere una secuencia de mínimo 10 a 12 impulsos generados por la unidad reloj, por lo cual dependiendo del microprocesador se dispondrá de una frecuencia de varios millones de impulsos por segundo y por ende la velocidad de respuesta de los equipos.

El cristal de cuarzo

Este cristal de cuarzo (Xtal), es la base de tiempo de que se vale la unidad de reloj para la cadencia de impulsos sea lo más exacta posible.

1.11.7. Sistema Operativo de los Automatas Programables

El sistema operativo del autómata programable se encarga de poner en cero todos los bits cuando se le conecta, además de comprobar los componentes del sistema, este tipo de chequeo se da varias veces por segundo con la finalidad de parar el sistema en el caso de detectar una anomalía o desperfecto; es así, que cuando existe un error de sintaxis al escribirlo inmediatamente envían el aviso de error para ser corregido.

Entradas/Salidas

Los módulos de entradas y salidas cumplen con la función de recibir los datos y a la vez cumple con la función de ser las salidas físicas del microprocesador, de tal manera que puede leer una orden y escribir al programa.

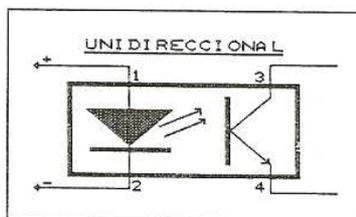
Los módulos de entradas

Los módulos de entradas de los autómatas programables son circuitos electrónicos utilizados para adaptar o transformar las señales procedentes del emisor de señal, misma que es enviada al CPU para ser procesada, regularmente en finales de carreras, fotocélulas, están compuestos por 24 voltios de corriente directa, también existe dispositivos que funcionan con otros voltajes.

Todas las entradas se encuentran separadas para evitar que cualquier sobretensión en la entrada pueda afectar a todo el circuito electrónico y sobre todo para la sustitución de la señal de 24 voltios por 5 voltios que es el voltaje con el que trabaja el circuito electrónico.

En el siguiente gráfico se representa las entradas con un acoplador fotoeléctrico, este tipo de entrada es unidireccional, en este caso el diodo emite la luz solo cuando la corriente pasa en un solo sentido, de tal manera que cuando la corriente circule de forma adecuada el Led se encenderá y por ende el transistor permitirá el paso de la corriente, en caso contrario no permite el paso de la corriente eléctrica.

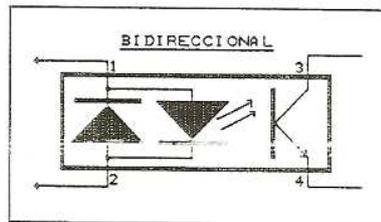
FIGURA 1.37. EL CIRCUITO NORMAL PARA LAS ENTRADAS UNIDIRECCIONALES.



Fuente: Automatización Industrial Moderna
Elaborado: Grupo de investigación

Mientras que en el siguiente gráfico veremos que el transistor se va encender en los dos sentidos de corriente, este tipo de foto acoplador nos permite trabajar con corriente alterna, puesto que en el semi ciclo positivo se enciende un Led y cuando pasa al semi ciclo negativo se enciende el otro Led.

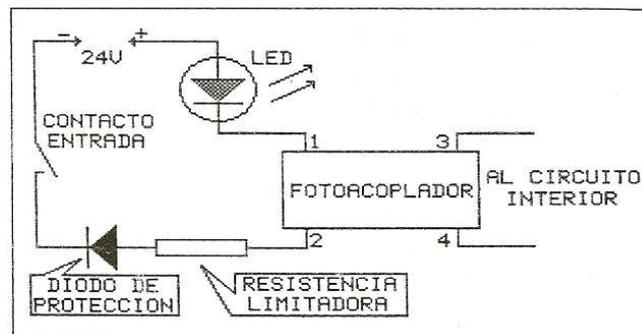
FIGURA 1.38. EL CIRCUITO NORMAL PARA LAS ENTRADAS BIDIRECCIONALES.



Fuente: Automatización Industrial Moderna
Elaborado: Grupo de investigación

A pesar de la simplicidad del circuito anterior no es utilizado en los PLC, ya que en los programadores lógicos encontraremos el circuito que encontramos en la figura que tenemos a continuación.

FIGURA 1.39. ESTÁ REPRESENTADO UN CIRCUITO TÍPICO DE ENTRADA PARA LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES.



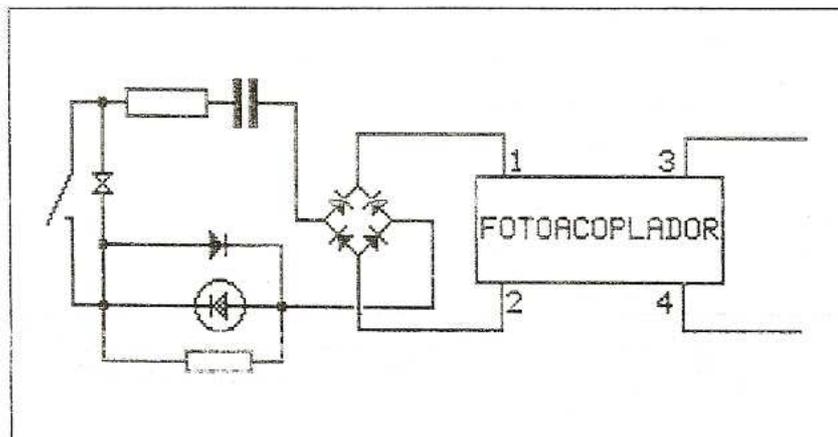
Fuente: Automatización Industrial Moderna
Elaborado: Grupo de investigación

En el circuito anterior disponemos de un Led adicional, el cual se enciende cuando disponemos de un 1 lógico (voltaje), entonces se iluminan conjuntamente con el fotoacoplador. Mientras que la resistencia limitadora se utiliza para absorber el exceso de corriente del circuito de entrada, pues los diodos LED

precisan una tensión de entrada de 12 voltios y unos 20 mA, aproximadamente y al tener dos diodos LED, la tensión de trabajo se suma, por lo que tendremos que alimentarlos con una tensión de 24 voltios.

Ahora veremos un circuito en el cual pueda funcionar con corriente alterna en un rango de 80 VAC a 120 VAC, aunque hoy en día la mayoría de los equipos trabaja con un rango de voltaje de 24 VDC.

FIGURA 1.40. ENTRADA DE CORRIENTE ALTERNA COMPRENDIDA ENTRE 80 Y 120 VAC

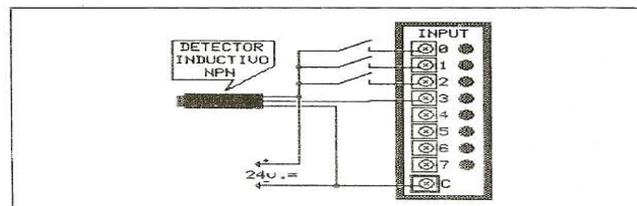


Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

Tomando en consideración la información anterior en la siguiente figura se representa la forma de conexión exterior más usual de un módulo de 8 entradas para autómatas programables.

FIGURA 1.41. FORMA DE CONEXIÓN DE UN MÓDULO DE EXPANSIÓN



Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

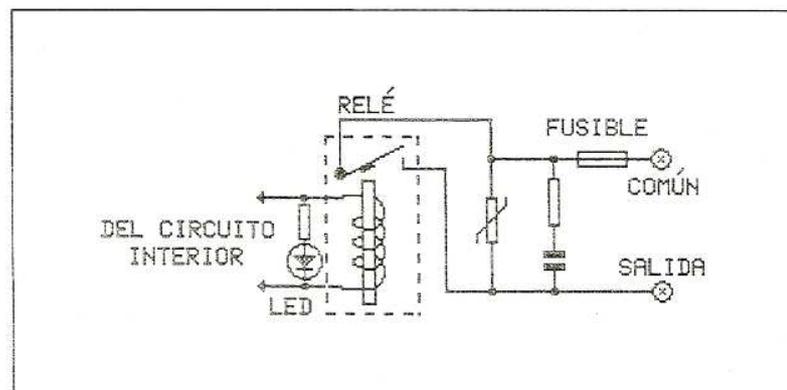
1.11.8. Los módulos de salidas

Los módulos de salidas de los autómatas programables son circuitos electrónicos capaces de transformar las señales procedentes del módulo entradas/salidas de la C.P.U. en señales eléctricas.

Modulo de salidas a relé

Varios son los sistemas para la transformación de las señales de la CPU, de ahí sale el más utilizado utilizando pequeños relés electromagnéticos cuya bobina está comandada por la tensión de 5 voltios del circuito interno del autómata, a continuación podemos observar el esquema eléctrico

Figura 1.42. Esquema eléctrico general del módulo de salida a relé



Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

Las salidas disponen de un fusible que sirve o dispositivo de protección, haciendo que las entradas puedan abrir o cerrar circuitos de corriente alterna o continua. Hay que prestar especial interés a los datos referidos de la corriente que se utilice ya que la capacidad de los contactos del relé considerablemente para la corriente continua o para la corriente alterna.

Modulo de salidas a triac

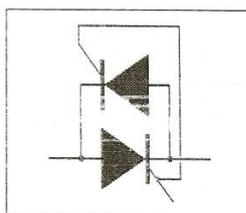
Antes de comenzar a ver cómo funciona las salidas, primero debemos determinar la forma de comportarse el triac.

El triac

Es un dispositivo destinado para trabajar con corriente alterna, tiene el mismo principio de funcionamiento del tiristor, simplemente que la corriente alterna que circula por este elemento no queda rectificadada. A la vez que con corriente continua puede conducir en los dos sentidos, es decir que da conduciendo y desaparece la señal de disparo. Al triac se le simboliza con dos tiristores en oposición parecidos a los Led del fotoacoplador.

En el ejemplo de la figura podemos observar que no funcionaría correctamente si no se tiene en cuenta que uno de los tiristores debe dispararse con polaridad positiva en gate, y el otro, con polaridad negativa, sólo es indicativo.

FIGURAN 1.43. MONTAJE DE UN TRIAC

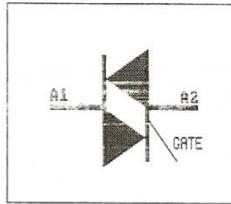


Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

El símbolo del triac que se disponen en los diferentes textos es el que se tiene a continuación

FIGURA 1.44. SÍMBOLO DE UN TRIAC

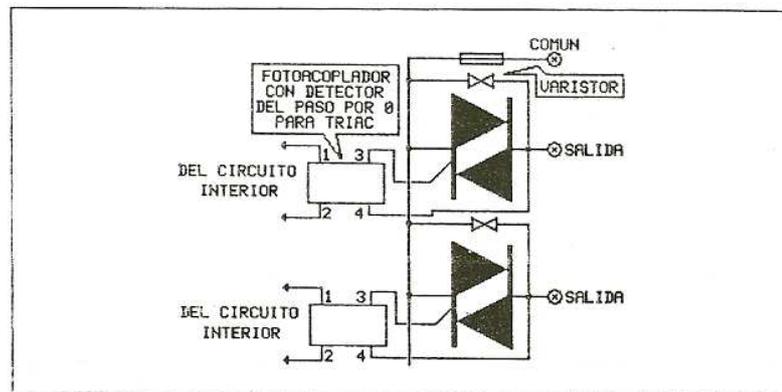


Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

Al paso de la corriente alterna por cero corta la conducción el Triac, es decir cuando la corriente pasa del semiciclo positivo al negativo y viceversa; razón por la cual internamente se tiene una disposición interna de las salidas como la que mostramos en el siguiente gráfico:

FIGURA 1.45. ESTRUCTURA INTERNA DEL TRIAC DENTRO DEL MÓDULO DE SALIDA



Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

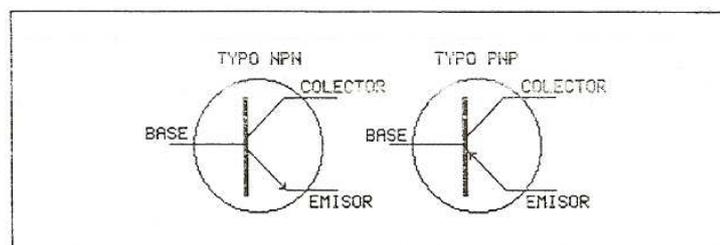
En el gráfico anterior encontramos un fotoacoplador, quien tiene la función de aislar el circuito interior del autómata del circuito de utilización, hacer que el triac se dispare cuando el programa del autómata esta salida en estado 1 precisamente cuando la tensión alterna del circuito externo pase por el cruce por cero. A diferencia de las salidas a relé, estos módulos no pueden trabajar con corriente continua en el circuito exterior.

Modulo de salidas a transistor

El transistor

En la siguiente figura encontraremos los transistores PNP y NPN, en los cuales podremos observar que son iguales, la diferencia se encuentra en la alimentación y en la forma de conexión.

FIGURA 1.46. SÍMBOLO DE LOS TRANSISTORES NPN Y PNP



Fuente: Automatización Industrial Moderna

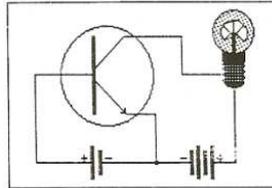
Elaborado: Grupo de investigación

El transistor es un dispositivo de conmutación siendo los más utilizados en la electrónica digital, dentro de los equipos donde los transistores son ampliamente utilizado son los amplificadores de sonido, procesamiento de imágenes, entre otras, en los cuales los convertidores son digitales/analógicos y analógicos/digitales.

Para definir el funcionamiento del transistor en modo digital iniciaremos explicando que se trata que el elemento pueda conducir o entrar en estado de corte.

En los transistores del tipo NPN se debe conectar al colector el positivo y al emisor el negativo, como se muestra en la siguiente figura.

FIGURA 1.47. TRANSISTOR NPN



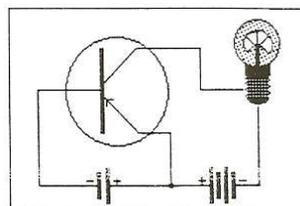
Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

El transistor NPN al polarizar la base con el positivo conducirá al máximo, a lo que comúnmente se lo llama saturación; mientras que si la polaridad es negativa respecto al emisor, el transistor dejara de conducir y entrara al estado conocido como corte.

El transistor PNP es al contrario que el anterior, es decir que al negativo se debe conectar el colector mientras que el emisor ira conectado al emisor, como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 1.48. Transistor PNP



Fuente: Automatización Industrial Moderna

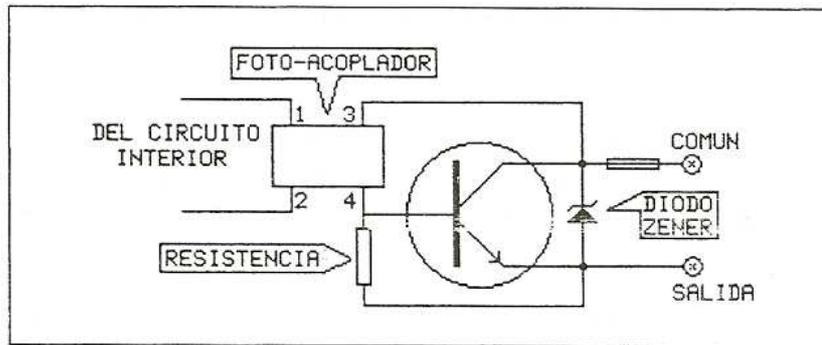
Elaborado: Grupo de investigación

En transistor PNP cuando queremos que el transistor se encuentre en saturación, polarizaremos a la base con respecto al emisor de forma contraria al del tipo NPN.

Para que los transistores funcionen de forma óptima se debe conectar las cargas en serie con el colector de tal manera que el transistor trabaja como amplificador de tensión, con ello se consigue obtener una tensión independiente de alimentación con respecto a la utilizada para la polarización. Tomando como referencia este principio el circuito típico

para los módulos de salida a transistor de un autómata programable es el que disponemos en la siguiente figura.

FIGURA 1.49. CIRCUITOS PARA MÓDULOS DE SALIDA A TRANSISTOR



Fuente: Automatización Industrial Moderna
Elaborado: Grupo de investigación

Como se puede ver, el funcionamiento se basa en foto/transistores del foto /acoplador; entonces cuando la salida correspondiente se ponga en 1 la foto/resistencia conducirá y polarizará positivamente la base del transistor de salida que a su vez, también conducirá alimentando la carga.

El diodo zener

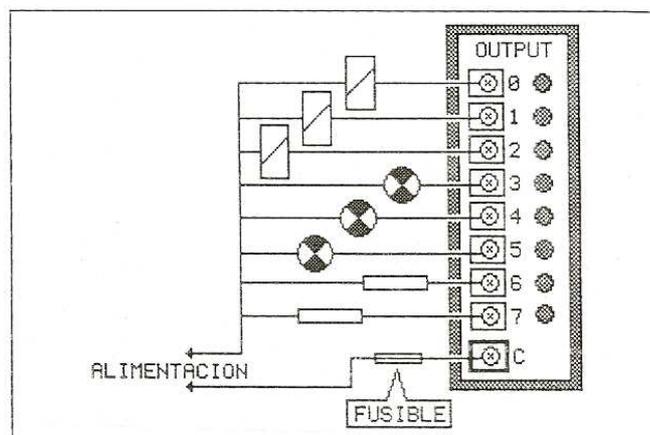
Funciona igual que un diodo; es decir se polariza en sentido directo en la cual permite el paso de corriente, mientras que en sentido inverso no permite el paso del voltaje, pero este tiene la propiedad que si el voltaje de polarización es superior a una determinada en la construcción del elemento. Mediante la utilización de este dispositivo podemos conseguir evitar las conexiones en sentido inverso, y además de las aplicaciones de tensiones superiores a las establecidas por el fabricante, pues de ser aplicada una tensión superior entonces circulara directamente por el diodo hacia la carga.

También se utilizan para estabilizar la tensión de la salida en fuentes de

alimentación, encontrándose en mercado un amplio rango de valores de tensiones, además que por simplicidad en la conexión son muy apreciados.

En la siguiente figura podremos observar las conexiones que dispondremos en las salidas de los autómatas programables (PLC).

FIGURA 1.50. CONEXIÓN TÍPICA DE LAS SALIDAS A UN MÓDULO.



Fuente: Automatización Industrial Moderna

Elaborado: Grupo de investigación

CAPITULO II

2.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la elaboración del presente trabajo, hemos creído pertinente realizar un análisis minucioso sobre la importancia que puede alcanzarse con la implementación de módulos didácticos, para ello se ha utilizado la técnica de investigación llamada encuesta, con la cual se puede obtener la mayor cantidad de información útil que proviene de los alumnos y los docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica, quienes aportarán con sus ideas sobre la necesidad que requieren ser cubiertas. Con ello se define las necesidades que tiene el estudiante que se encuentra diariamente en las aulas y del docente que siempre está en busca de mejorar la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje; una vez aplicado las encuestas serán tabuladas y sobre los resultados se realizará el respectivo análisis e interpretación de cada una de las preguntas.

Breve caracterización de la Universidad Técnica de Cotopaxi

La universidad Técnica de Cotopaxi es una institución de educación superior que nació con el firme propósito de formar a la población de la provincia de Cotopaxi en carreras orientadas al servicio de la comunidad; es así, que desde el 2004 la institución inicia con las carreras de Ingeniería Electromecánica, Eléctrica e Industrial, brindando una enseñanza de primer nivel con docentes capacitados y con la mística de servicio.

La universidad tiene su domicilio en la ciudad de Latacunga y debido a la gran demanda que ha tenido las diversas carreras técnicas, el establecimiento amplía

nuevas extensiones e implementa nuevas modalidades, llegando a superar actualmente los 4000 alumnos en todas las carreras que oferta esta noble Institución.

A partir del año 2000 se promociona la universidad a nivel internacional, mediante convenios interinstitucionales con las universidades de Cuba y Argentina, con lo cual los estudiantes tienen la posibilidad de optimizar sus conocimientos y difundirse en el campo profesional, dejando en alto el nombre de la nación.

2.1.1. Análisis e interpretación de los resultados de las encuestas aplicadas a los docentes de la especialidad de Electromecánica.

De la encuesta realizada a los docentes de la carrera de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi se obtuvo los resultados que a continuación se detalla mediante el siguiente análisis:

Primera pregunta

¿Cree usted que los laboratorios de control industrial deben poseer sensores de temperatura con el fin de realizar prácticas?

Tabla N 2.1

PREGUNTA 1	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	10	100
NO	00	000

Fuente: Docentes

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.1



De los docentes encuestados, en su totalidad afirman que los laboratorios técnicos deben poseer sensores eléctricos que permitan realizar diferentes prácticas de control de temperatura. El aporte que preste los equipos y elementos de control hacia los estudiantes en la enseñanza aprendizaje es muy importante, ya que contribuye a entender el comportamiento de un dispositivo lineal o no lineal, en diferentes condiciones de temperatura mediante magnitudes eléctricas (corriente, voltaje y resistencia).

Segunda pregunta

¿Estaría de acuerdo con disponer de un módulo didáctico donde se puedan llevar a cabo varias prácticas y/o simulaciones de procesos de control de temperatura y/o humedad?

Tabla N 2.2

PREGUNTA 2	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	10	100
NO	00	000

Fuente: Docente

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.2



En la pregunta planteada existe una afinidad en las respuestas entre todos los encuestados respecto a la disponibilidad de un módulo didáctico para realizar las prácticas de control de temperatura y humedad. Debemos tener presente que en el mercado especializado existen varios módulos de entrenamiento para estas especialidades; sin embargo, algunos no brindan las ventajas de manipular directamente los dispositivos y armar circuitos con los requerimientos específicos en varios casos. Limitando las posibilidades de la demostración tangible y el desarrollo de las habilidades de los estudiantes.

Tercera pregunta

¿Existe la suficiente práctica de talleres que cubran satisfactoriamente la formación técnicas de los estudiantes? ¿Por qué?

Tabla N 2.3

PREGUNTA 3	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	00	100
NO	10	100

Fuente: Docente

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.3



De los docentes encuestados, todos coinciden con que no es posible desarrollar suficientes prácticas de taller con las que se cubran satisfactoriamente la formación técnica de los estudiantes, determinándose como causas a la poca disponibilidad de material didáctico e implementos de laboratorio. Los resultados de la carencia de suficientes herramientas y equipos para tales efectos, son vacíos en la comprensión de elementos en estas afinidades; considerándose que en la actualidad la industria exige que el profesional domine la parte práctica, entonces es menester que el alumno cuente con algunas oportunidades para desarrollar diversas prácticas.

Cuarta pregunta

¿Cuentan los laboratorios y talleres con módulos didácticos para prácticas en el área de control de temperatura?

Tabla N 2.4

PREGUNTA 4	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	00	100
NO	10	100

Fuente: Docente

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.4



Los docentes que se encuentran trabajando en el área técnica (especializaciones de electromecánica, eléctrica e industrial), concuerdan con la falta de módulos didácticos, que contribuyan al fortalecimiento de los conocimientos de los estudiantes que cursan por los diferentes niveles de estas especialidades. Se debe considerar que algunos procesos industriales requieren de controles de temperatura y humedad en ambientes internos; razón por cuanto el profesional debe estar capacitado en este campo, de tal manera que pueda diseñar soluciones integrales en los diferentes medios laborales que se desempeñen; es así que el presente trabajo se encuentra encaminado a la simulación de un ambiente cerrado para disponer del control sobre las variaciones de temperatura, con la finalidad de contribuir con la comunidad educativa de la provincia de Cotopaxi sobre todo con los que se encuentran cursando la carreras antes señaladas.

Quinta pregunta

¿Cree usted que es importante el conocimiento acerca de la temperatura y la humedad en los estudiantes para su futuro desempeño como profesionales en la industria?

Tabla N 2.5

PREGUNTA 5	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	10	100
NO	00	100

Fuente: Docente

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.5



El criterio de los encuestados se unifica, refiriéndose a los conocimientos que debe poseer el estudiante a cerca de la temperatura y humedad, en especial de aquellos que cursan una carrera técnica. Considerando que la temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de frío y calor, percibidas por las personas mediante la sensación térmica, además que estos factores son fundamentales en algunos procesos industriales y con la ayuda de la humedad (suficiente cantidad de vapor de agua en el aire) se generan ambientes adecuados para obtención o la correcta preservación de algunas materias primas o productos en el amplio campo de la industria. Debemos recordar que existen materiales y productos sumamente delicados en el trato y manipulación, y con cualquier alteración brusca de temperatura se puede causar pérdidas.

2.1.3. Análisis e interpretación de los resultados de las encuestas aplicadas a los alumnos de la carrera de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Luego de haber realizado revisado y analizado las respuestas de la encuesta realizado a los docentes de la Institución educativa sobre la importancia de disponer de un módulo de control de temperatura y humedad, en la enseñanza aprendizaje. A continuación se efectúa el análisis de la encuesta realizada a los alumnos que se encuentran cursando los últimos años de la carrera de Ciencia de la Ingeniería y Aplicadas, a cerca de los conocimientos adquiridos en las aulas y encaminada a cuantificar el aporte de la implementación de un módulo de control de temperatura y humedad. Los resultados obtenidos de la misma se detallan a continuación mediante el siguiente análisis.

Primera pregunta

¿Conoce usted acerca del tratamiento de la temperatura y la humedad a nivel industrial?

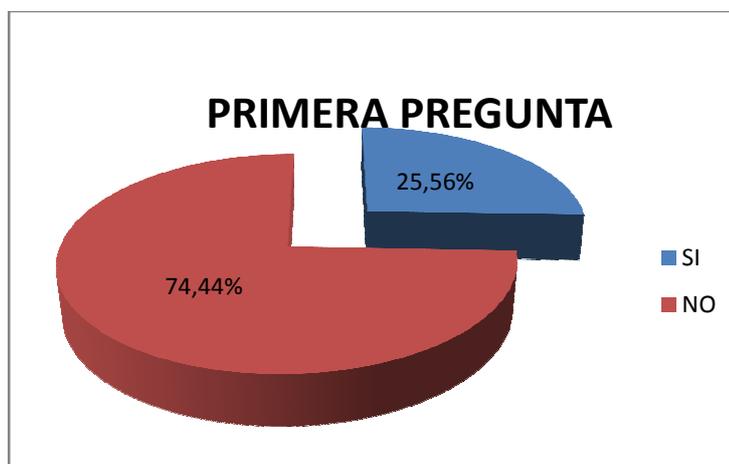
Tabla N 2.6

PREGUNTA 1	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	23	25,6
NO	67	74,4

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.6



De los alumnos encuestados, un 74.44 % desconocen el tratamiento de la temperatura y la humedad, mientras que el 25.6 por ciento tienen conocimiento sobre el tratamiento de la temperatura y la humedad en los procesos industriales.

Debemos tener en cuenta que los valores de la temperatura y la humedad pueden afectar los resultados de una operación médica, almacenamiento de alimentos, elaboración de productos, y en sí; cualquier actividad desarrollada en la vida cotidiana dentro y fuera de la industria; es así, que lo importante no es lo que marca el termómetro, sino más bien la reacción de los cuerpos ante la variación de temperatura tanto interior como exterior, sin dejar de lado la circulación de aire y la calidad de éste en el lugar.

Segunda pregunta

¿Se encuentra usted capacitado para realizar un sistema de control de temperatura?

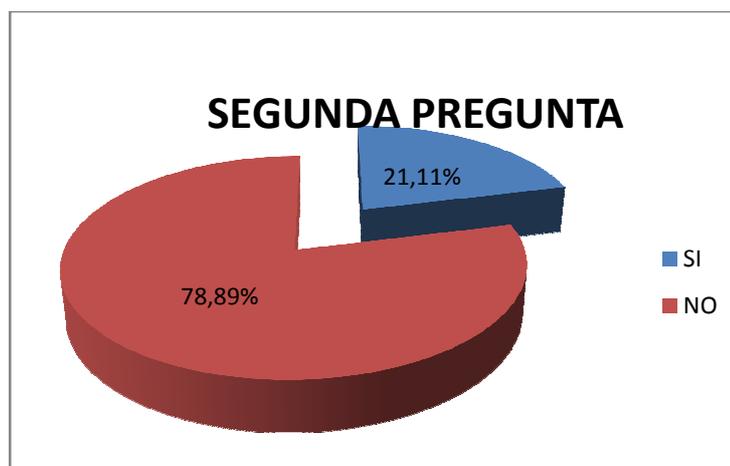
Tabla N 2.7

PREGUNTA 2	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	19	21,1
NO	71	78,9

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.7



El 78.9 % de los alumnos encuestados coinciden sobre las pocas prácticas con dispositivos que permitan ensayos de control de diferentes niveles de temperatura y humedad, de tal manera que se tengan presencias ambientales acorde a las exigencias industriales y comerciales; mientras que el 21.11 % si está capacitado para realizar controles de sistemas de climatización

Para entender de mejor manera, la importancia de disponer conocimientos a cerca de los controles de temperatura; se argumenta que los sistemas de control son modelos matemáticos y en la mayoría de los casos no se encuentra disponible al operador, haciéndose imprescindible la inspección al sitio para efectuar los controles existentes determinando el comportamiento del sistema en forma óptima.

Tercera pregunta

¿Conoce usted la incidencia que tiene la humedad sobre la temperatura en los diferentes procesos industriales?

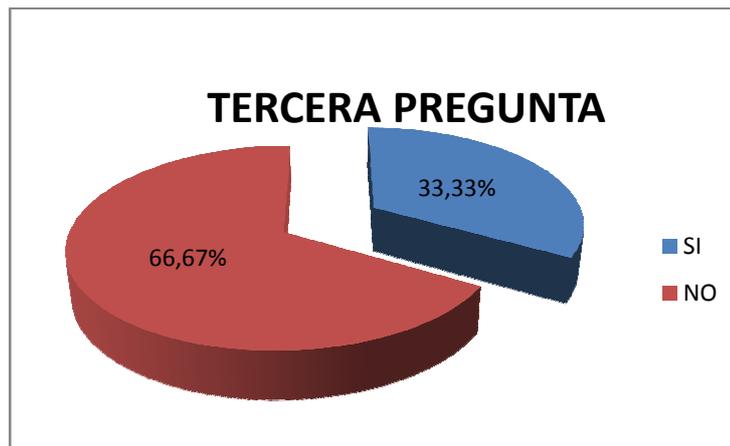
Tabla N 2.8

PREGUNTA 3	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	30	33.3
NO	60	66,7

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.8



El 33.3% de los Alumnos encuestados conocen la incidencia de la humedad sobre la temperatura; a la vez, que el 66.7% restante no disponen de elementos teóricos o prácticos para comprender los inconvenientes que tiene la presencia de humedad con la variación de temperatura.

Para facilitar la comprensión se resume que el clima se compone de los siguientes elementos: la temperatura, aire, presión atmosférica, humedad; y sobre cualquiera de ellos podemos influir para cambiar los valores climáticos. La humedad por lo

complejo en su medición directa, se asocia con unidades que son fáciles de medir como es el caso de la temperatura y presión, además de considerar que la humedad aporta con una cantidad de calor independientemente de la que tenga.

Cuarta pregunta

¿Conoce usted algunos equipos y sensores usados para el control de temperatura en los diferentes procesos industriales?

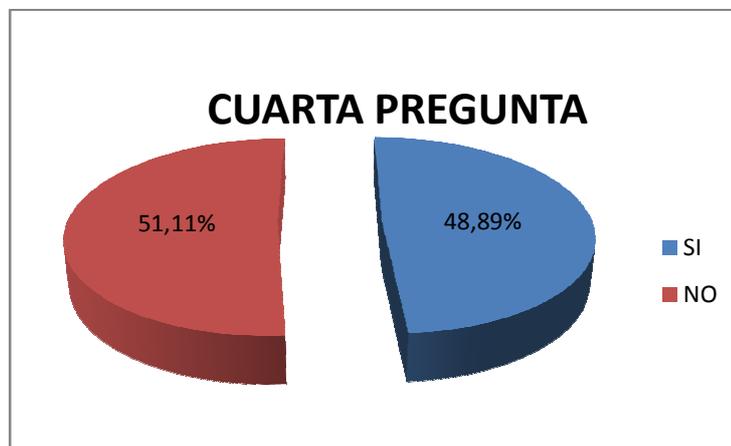
Tabla N 2.9

PREGUNTA 4	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	44	48,9
NO	46	51,1

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.9



De los alumnos encuestados el 48.9% conocen los sensores utilizados en el control de la temperatura; mientras que el 51.1% desconocen estos dispositivos.

Durante el tiempo que se encuentran los alumnos en la Institución educativa han ido adquiriendo conocimientos sobre los sensores de temperatura; actualmente se debe profundizar en este tema, pues éstos se basa en propiedades termodinámicas y de allí que tenemos una amplia gama de dispositivos de control diseñados de diferentes formas; como por ejemplo: expansión de un líquido, un gas, la resistencia de un conductor eléctrico, la tensión generada por un par termoeléctrico, entre otros.

Quinta pregunta.

¿Conoce usted algunas formas de aplicar un PLC en procesos de control y automatización?

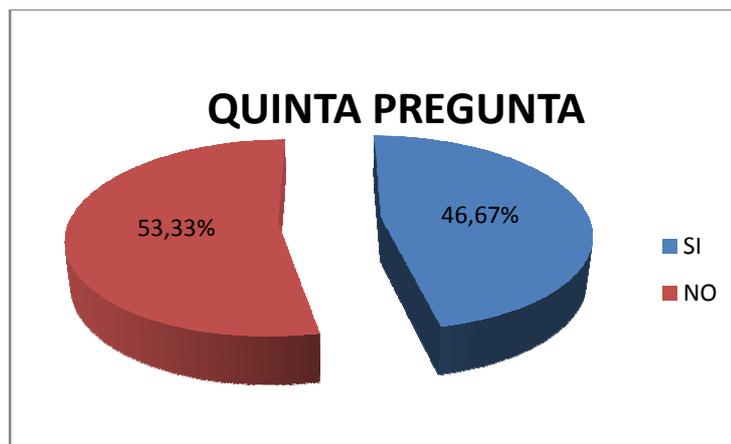
Tabla N 2.10

PREGUNTA 5	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	42	46,7
NO	48	53,3

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.10



El 53.3% de los alumnos encuestados desconoce las aplicaciones que sedan a un programador lógico controlado (PLC), frente a este porcentaje; el 46.7% de ellos si conocen los beneficios que presta PLC en el campo industrial y comercial, para desarrollar los procesos automáticos de control.

Hoy en día los PLCs no solo controlan la lógica de funcionamientos de las máquinas en los procesos industriales, también realizan operaciones aritméticas y algebraicas complejas, además manejan señales analógicas por las cuales se ejecuta diversas condiciones de control, pudiéndose comunicar con otros controladores y computadores en redes de áreas locales. Debemos recordar que el PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores en sus entradas, los cuales son procesados y convertidos a números por el programa lógico interno. Desde el programa más simple con lógica booleana; incluyéndose contadores, temporizadores, operadores matemáticos, hasta operaciones complejas como manejo de tablas y comunicaciones multiprotocolo; pueden ser cambiados y manipulados cuantas veces sea necesario ya sea a través del cable de programación por una computadora o con una interfaz (TD200).

Sexta pregunta.

¿Conoce usted cómo controlar la humedad en un proceso industrial?

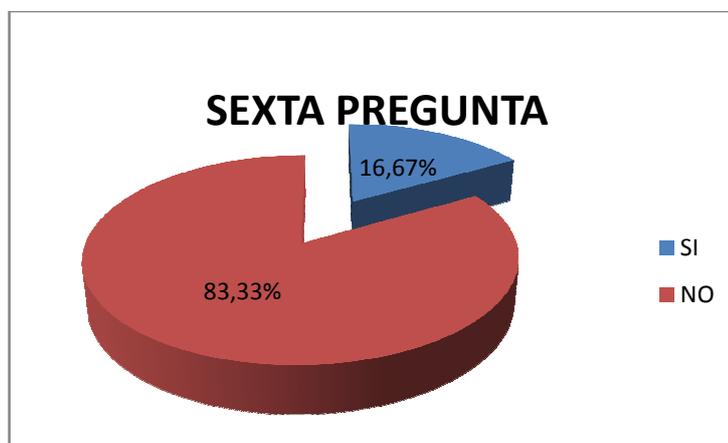
Tabla N 2.11

PREGUNTA 6	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	15	16,7
NO	75	83,3

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.11



El 16.7% de los alumnos encuestados disponen de un conocimiento en el control de humedad en un proceso industrial; mientras que el 83.3% desconocen los métodos de controlar la humedad en un espacio físico determinado.

La humedad relativa del ambiente depende de muchos factores ambientales, pero el tratamiento de la humedad en el interior de ciertos ambientes puede ser complicado para su tratamiento; es por eso que la implementación de un sistema de control de humedad puede repercutir en ahorros importantes en los procesos de elaboración de productos alimenticios, textiles, floricultura, entre otros; puesto que ayuda al secado y evita la aparición de bacterias, moho, fenómenos de corrosión. Varios son los métodos para controlar el nivel de humedad apropiado, mucho de los cuales vienen dados por tarjetas electrónicas, las mismas que no permiten realizar modificaciones en la estructura del programa; mientras que otros sistemas son controlados por PLCs, los cuales por su elevado costo no son muy empleados, pero presenta la ventaja de disponer del control integral de la programación.

Séptima pregunta

¿Ha realizado prácticas y/o simulaciones con equipos y sensores de temperatura?

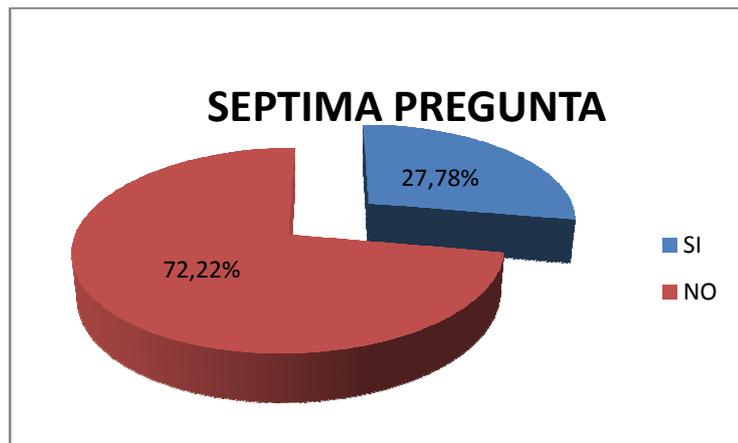
Tabla N 2.12

PREGUNTA 7	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	25	27,8
NO	65	72,2

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Tabla N 2.12



La cantidad de alumnos encuestados que no ha tenido la oportunidad de realizar prácticas de simulación con dispositivos de control de temperatura es del 72.2%, a la vez que el 27.8% sí han manipulado algunos dispositivos o sensores y han realizado este tipo de prácticas.

A nivel comercial, existen varios tipos de sensores de temperatura los cuales están constituidos de distintos materiales (cobre, níquel, cobre, germanio, silicio, carbono) y de éstos dependen el campo de aplicación, ya sea para mediciones de bajas o

elevadas temperaturas, rangos de precisión que se desea alcanzar, entre otras. Los inconvenientes que presentan los distintos sensores en cada uno de los campos es que los valores de las salidas presentan un error, lo que debe tomarse en cuenta cuando se realiza el control de las variables y las condiciones, más si tomamos en cuenta que los sensores se comportan de una manera repetitiva, por tanto, el error es predecible y de fácil corrección.

Octava pregunta

¿Cree usted que el contar con equipos y sensores para prácticas de laboratorios de instrumentación, facilitará la asimilación de las materias de control e instrumentación?

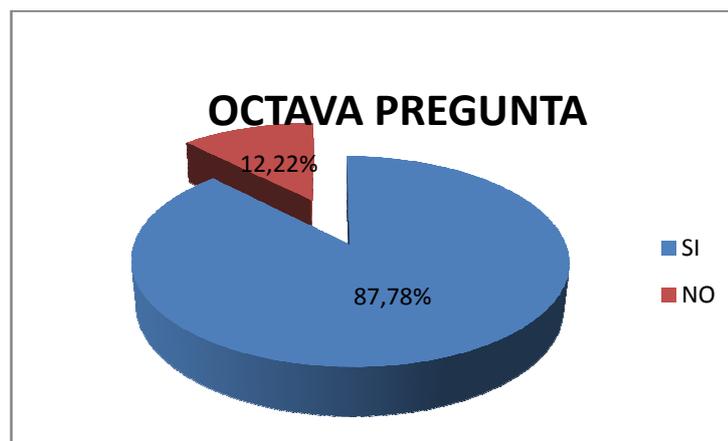
Tabla N 2.13

PREGUNTA 8	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	79	87,8
NO	11	12,2

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.13



El 87.8% de los encuestados considera que el contar con equipos y sensores para realizar las prácticas de laboratorio de instrumentación facilitará la asimilación de la teoría impartida en las aulas, mientras que el 12.2% concuerdan que la asimilación de los fundamentos teóricos puede darse sin los equipos y sensores, simplemente se requiere la teoría recibida en las aulas para fortalecer los conocimientos.

En los últimos años la gestión del conocimiento ha ocupado el interés de varios investigadores a nivel mundial, con la finalidad de concretar técnicas de asimilación para asegurar ventajas competitivas. Una herramienta que apoya a esta gestión es contar con instrumentos apropiados que permitan manipular y comprobar los parámetros establecidos en las tablas que dispone cada elemento de control. Con ello, los estudiantes asumen el papel central en el proceso de creación del conocimiento mediante la resolución de problemas generados por la teoría.

Novena pregunta

¿Cree usted que se debería acondicionar equipos didácticos para el entrenamiento de los estudiantes en el manejo y control de la temperatura y la humedad?

Tabla N 2.14

PREGUNTA 9	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	87	96,7
NO	3	3,33

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Tabla N 2.14



De los alumnos encuestados un porcentaje del 96,7% se encuentra de acuerdo en disponer equipos didácticos que coadyuven en el entrenamiento y adiestramiento práctico de alternativas aplicadas al control de la temperatura y humedad; a la vez, el 3.33% argumenta que no es necesario disponer elementos didácticos.

El objetivo de implementar los dispositivos de control de temperatura y humedad es desarrollar investigaciones en el campo de la ingeniería electromecánica. Esto incluye: desarrollo de procesos automatizados y sistemas de vigilancia industrial (programación), métodos de medición, construcción y reconstrucción, entre otras; considerando que la temperatura es una de las variables más importantes en los procesos, los fabricantes a nivel mundial han creado una gran variedad de sensores con diferentes principios de funcionamiento, ya sea mediante la variación de resistencia, corriente o voltaje.

Décima pregunta

Al realizar prácticas de control de temperatura y humedad en los laboratorios de la universidad, contando con todos los elementos necesarios ¿Estará usted capacitado para realizar un sistema de éstos en alguna empresa?

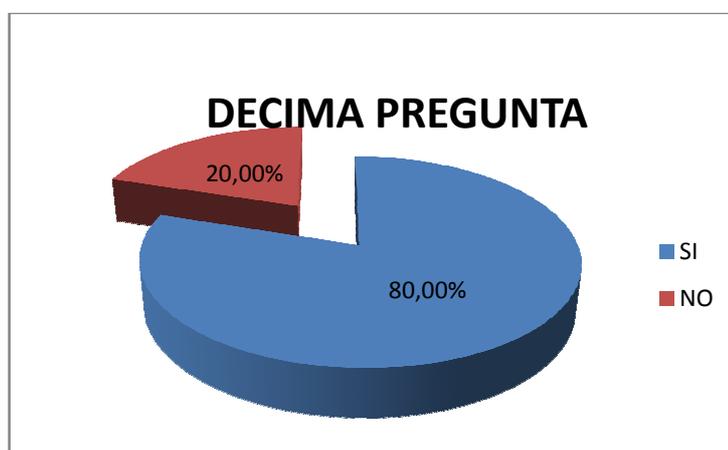
Tabla N 2.15

PREGUNTA 10	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	72	80
NO	18	20

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.15



El 80% de los alumnos encuestados están de acuerdo que mientras existan módulos didácticos en los cuales puedan realizar las prácticas, mejor será el desenvolvimiento en las industrias; mientras que el 20% concuerdan con que para desarrollar sistemas de climatización en la industria, no es indispensable la disponibilidad de los equipos en los laboratorios universitarios.

Para asegurar la calidad de los productos, establecer y mantener una eficiencia de coste y satisfacer las normativas obligatorias para la aprobación e introducción de productos en los diferentes ámbitos del campo industrial, se requiere disponer de conocimientos sólidos sobre la regulación de la temperatura y la humedad. El mantener constante la temperatura en el ambiente mejora la calidad del producto

terminado, ya que la propagación de aire caliente tiene retrasos debido a varios factores los mismos que deben de ser corregidos.

Decimo primera pregunta

¿Cree usted que teniendo módulos didácticos para entrenamiento en el campo de la temperatura, y otros; se mejora el nivel académico de los estudiantes?

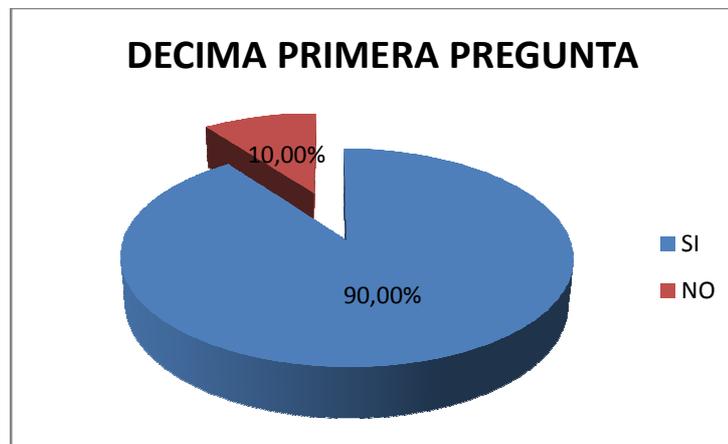
Tabla N 2.16

PREGUNTA 11	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	81	90
NO	9	10

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.16



Los estudiantes confían en que con la implementación de nuevos módulos didácticos podrán mejorar el nivel de académico; es así que el 90% de los encuestados se encuentra de acuerdo con la implementación de módulos didácticos; mientras que 10% no se encuentra de acuerdo.

Es de conocimiento general que en los actuales tiempos, nuestro país demanda profesionales competitivos, capaces de asimilar las rápidas innovaciones en el campo de la tecnología, creando la necesidad de acceder y procesar grandes volúmenes de información, por lo que la disponibilidad de módulos didácticos contribuye de gran manera a la asimilación de forma eficaz. Además debemos considerar que cada día existen más instituciones preparando profesionales en las mismas carreras, por lo que nuestra Institución debe dar a sus estudiantes las herramientas que sean necesarias para mejorar las oportunidades de competir en el medio laboral.

Decimo segunda pregunta

¿Estaría de acuerdo con disponer de un módulo didáctico en donde usted pueda llevar a cabo varias prácticas y simulaciones de procesos de control de temperatura y/o humedad?

Tabla N 2.17

PREGUNTA 12	NUMERICO	PORCENTAJE (%)
SI	87	96,7
NO	3	3,3

Fuente: Alumnos Carrera de Ingeniería y aplicadas

Elaborado: Grupo de investigación

Gráfico N 2.17



El 96.7% de los alumnos encuestados están de acuerdo con disponer de un módulo de control de temperatura y humedad donde puedan aplicar los conocimientos adquiridos en los textos; así mismo el 3.3% opina que el módulo de control de temperatura y humedad no es necesario para llevar a efecto dichas prácticas.

En el ambiente profesional exige disponer conocimiento de los PLC sobre el entorno del hardware y software, considerando las partes que los compone y la programación en el lenguaje adecuado. Todo lo expuesto se facilita al realizar una serie de prácticas de programación con el PLC y las interfaces de conversión de magnitudes físicas en magnitudes eléctricas, tal es el caso de la velocidad, temperatura, altura, humedad, entre otras magnitudes físicas.

En el desarrollo de este trabajo se exponen prácticas en las que se demuestra la aplicación de varios dispositivos, los cuales permiten convertir la magnitud física (temperatura y humedad) en magnitudes eléctricas (voltaje, resistencia y corriente) de acuerdo al tipo de dispositivo utilizado.

2.1.4. Comprobación de hipótesis

Para la realización del presente trabajo de investigación se planteó la siguiente hipótesis: “Con la implementación del módulo didáctico de control de temperatura y humedad, los estudiantes podrán realizar las prácticas de control industrial e instrumentación”.

En virtud de que el módulo dispone de los medios físicos con el cual los alumnos pueden manipular y llevar a efecto las diferentes simulaciones de procesos de control de temperatura, al poner en consideración la guía de dos prácticas de laboratorio sencillas y muy ilustrativas, los estudiantes que fueron invitados a desarrollar las mencionadas prácticas, captando la información inmediatamente y desarrollando las prácticas de una forma eficaz.

CAPITULO III

PROPUESTA FACTIBLE

CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE TEMPERATURA.

3.1. ANTECEDENTES.

De acuerdo a los objetivos propuestos para la elaboración de esta tesis, cuyo objetivo general es: “Diseñar, construir e implementar un módulo didáctico de control de temperatura y humedad para las prácticas de laboratorio de control e instrumentación, con la utilización de un PLC”. Y analizando los objetivos específicos, en los que se persigue:

- Elaborar un módulo didáctico para el estudiante universitario, de tal manera que la comprensión sobre la climatización sea fácil y sencilla.
- Determinar los niveles de reacción de cada tipo de sensor que se utilizará en el módulo didáctico, dependiendo de su especie y constitución.
- Enfocar una correcta selección de los dispositivos de sensado dependiendo de la temperatura, la precisión de las mediciones y por sobre todo la aplicación deseada.

De acuerdo a lo planteado, se procederá a buscar la mejor estructura mecánica, con un esquema que incluya criterios ergonómicos y estéticos, de tal manera que responda funcionalmente a los objetivos trazados.

Entendiéndose por Ergonomía, “la adaptación de las máquinas al hombre, buscando su mejor eficiencia”; se realizará un análisis mecánico, en el que se considerarán todos los elementos que integran la construcción de la estructura y la ubicación de todos los componentes que intervendrán en el módulo.

En cuanto a la estética, demandará mucho de su apariencia tomando en cuenta su aplicación para laboratorios de prácticas.

3.2. ENFOQUE MECÁNICO.

Es fundamental por cuanto aquí se determina la estructura misma del módulo didáctico. Haciendo hincapié en los objetivos de este trabajo, se empieza entonces realizando la pregunta; qué se va a construir, para qué se va a construir y dónde se va a aplicar.

3.2.1. ¿Qué se va a construir?

Se dice entonces que se va a construir un módulo didáctico para control de temperatura y humedad que se aplicará en prácticas de laboratorio de control e instrumentación.

La primera respuesta plantea directamente la elección de un equipo que reúna las condiciones y características de desempeñarse como un instrumento de enseñanza, es decir que cierto aparato no estará destinado a realizar trabajos que requieran mayores desempeños industriales ni mucho menos de producción. Entonces su trabajo estará determinado exclusivamente a cumplir prácticas de aprendizaje y guías elementales para estudiantes que requieran obtener conocimientos en el manejo directo de los sensores destinados para el efecto exclusivo de estas materias, tal como se plantea en los objetivos. De aquí que se determina una estructura básica modular que tenga accesibilidad rápida, fácil manipulación y comprensión de sus componentes.

3.2.2. ¿Para qué se va a construir?

La segunda respuesta indica la condición imperante para el diseño del equipo, ya que muestra específicamente que se realizará control de temperatura, es decir que deberá ser una fuente de calor para que exista una variación de temperatura, y por ende ésta deberá ser medida y controlada. En este mismo también se incluirá una fuente que permita por cualquier método, la generación de humedad y de la misma manera ésta ser cuantificada.

3.2.3. ¿Dónde se va a aplicar?

Finalmente se indica que se empleará para realizar prácticas de laboratorio de control e instrumentación, entendiéndose por “prácticas de control” a la realización misma de medición, visualización y control de niveles de temperaturas con diferentes estándares que

trazan los diversos tipos de sensores en este campo, elementos que se estudian de manera profunda en la materia de instrumentación.

3.3. ENFOQUE ESTÉTICO

Para alcanzar mejores resultados en la construcción del módulo, el diseño se regirá consistentemente a los fundamentos de representación ambiental, aspecto y color destinados a equipos de laboratorio.

3.4. CONFORMACIÓN MECÁNICA DEL EQUIPO.

Con todas las referencias anteriormente consideradas para la concepción de la estructura del módulo de prácticas cuyo principal elemento es el calor, se procede entonces a analizar diferentes maneras de conseguirlo y cómo adecuarlo al equipo requerido.

Existen diferentes formas de generar calor, ya sean estas por conversión de energía eléctrica o combustibles, descartándose la posibilidad de usar los últimos por los riesgos que involucran su aplicación, quedando como la mejor opción; la energía eléctrica, por lo que directamente se elige entonces el uso de resistencias para tales fines.

Sabiéndose que estos dispositivos se aplican en hornos eléctricos, y dada las ventajas de funcionamiento y maniobrabilidad; no se puede esperar más en definir la estructura mecánica de este módulo de prácticas y aprovechar todas las utilidades y características que nos brinda un horno.

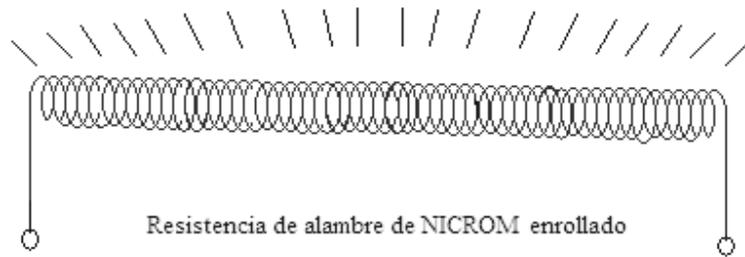
Habiéndose ya determinado la estructura que tomará dicho módulo, a continuación se busca los elementos apropiados para la generación de calor, con el fin de dimensionar la cavidad y tamaño del horno. Para esto se hace necesario reconocer algunos tipos de resistencias eléctricas que se verán a continuación

3.4.1. Resistencias eléctricas abiertas.

Estas resistencias son de tipo alambre enrollado y son fabricadas de Hierro, Cromo, y Aluminio, de diferentes diámetros, capaces de alcanzar 1300°C. Otras aleaciones de construcción también son el níquel y el cromo, generalmente constituido por el 80% níquel y el 20% de cromo; por lo que son llamados alambres de NICROM; su temperatura de operación es inferior a la antes mencionada.

Normalmente utilizadas en las industrias de acero, cerámica, química y vidrio, también en aparatos domésticos y hornos que operan a temperaturas medias (200°C – 400°C).

FIGURA 3.1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UNA RESISTENCIA UTILIZADA PARA GENERAR CALOR.



Fuente: grupo investigador

Elaborado: Grupo de investigación

3.4.2. Resistencias eléctricas blindadas

Su fabricación se basa en el mismo sistema anterior pero a diferencia de éstas, el alambre resistivo está protegido y recubierto por una densa capa de cerámica y ésta se introduce en tubos de cobre aleado o acero inoxidable. Las Resistencias Blindadas en acero inoxidable, permiten ser sumergidas en agua, aceites y otras soluciones líquidas. Su temperatura de operación es inferior a los 400°C. Y están provistas con niples o terminales de conexión. Normalmente son utilizadas en esterilizadores, tanques, destiladores, y demás equipos donde se precise calentar líquidos.

FIGURA 3.2. FOTOGRAFÍA DE ALGUNO DE LOS TIPOS DE RESISTENCIAS ELÉCTRICAS BLINDADAS.



Fuente: chromalox.com

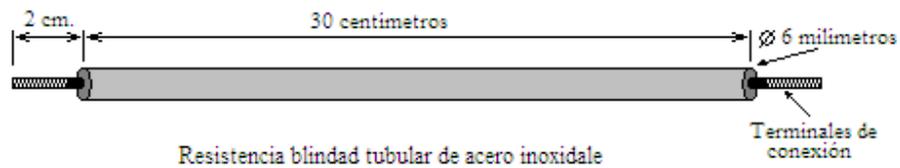
Elaborado: Grupo de investigación

Analizadas los dos tipos de resistencias, considerando que estos dispositivos tendrán contacto con las personas; estará presente el riesgo de electrocución o cortocircuito al caer objetos metálicos sobre una resistencia abierta; además que este tipo de resistencias son susceptibles a deformación. Se excluye la posibilidad del uso de éstas. Entonces se opta por elegir las resistencias blindadas, las que reúnen todos los requisitos para la obtención de los objetivos a fin de que las prácticas se desarrollen con seguridad.

Seguidamente queda definir las dimensiones que tendrá dicha estructura, para lo que es necesario conocer el tipo exacto de las resistencias y sus medidas, de donde se desprende la cavidad interior del horno donde se realizarán los ensayos de variación de temperatura, además se requiere conocer todos los elementos que intervendrán en el equipo para la realización de las prácticas.

Para la primera parte, se ha elegido resistencias blindadas tubulares en acero inoxidable de mil vatios, las que son aconsejables para aplicaciones en calentamiento de aire o gases, por cuanto el material de recubrimiento de otros blindajes; puede dañarse por corrosión al presentarse carbonilla sobre la superficie por las altas temperaturas.

FIGURA 3.3. DIAGRAMA DE UNA RESISTENCIA BLINDADA.

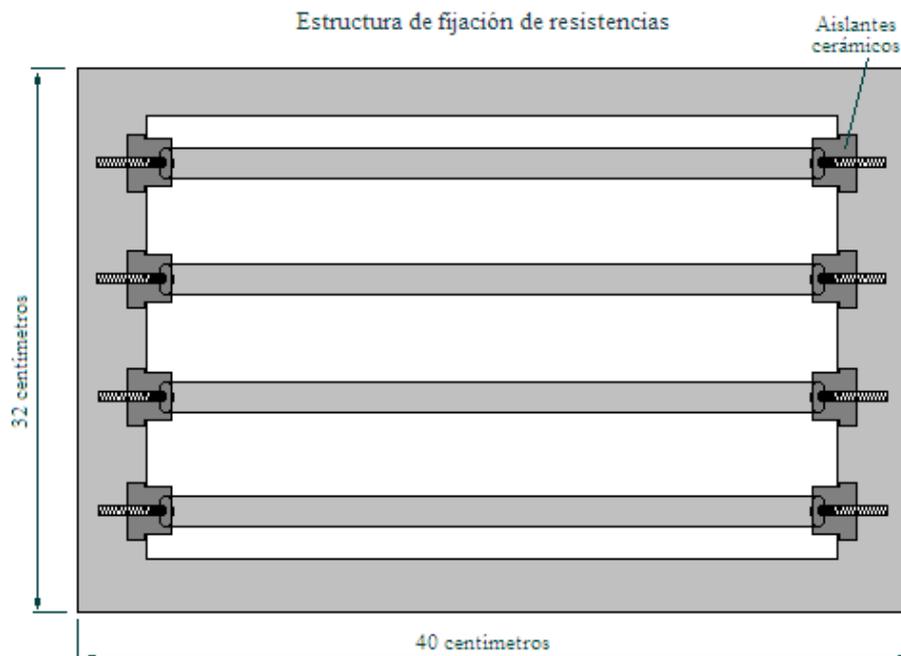


Fuente: grupo investigador

Elaborado: Grupo de investigación

Con las medidas de la resistencia seleccionada queda definido el ancho de la cavidad del horno, ya que éstas serán instaladas de manera horizontal; y para el fondo de igual manera se define por la selección de cuatro resistencias que en definitiva se suman cuatro mil vatios, y para la correcta distribución de la energía calorífica producida por éstas se diseña la siguiente estructura de sujeción y fijación apegándose a los datos formulados por el fabricante.

FIGURA 3.4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS RESISTENCIAS ELÉCTRICAS EN EL MÓDULO.



Fuente: Grupo investigador

Elaborado: Grupo de investigación

El diseño de la estructura de fijación de las resistencias traza directamente el ancho y el fondo que tendrá la cavidad del horno del módulo didáctico. El mismo que se diseña con el objetivo de que dicho elemento sea removible, a fin de que se facilite el intercambio de elementos de prácticas; si así lo exigieren las mismas.

Seguidamente queda definir la altura del horno, la misma que se desprende de la cantidad de elementos que intervendrán en dicho módulo para la realización de las prácticas.

Conociéndose los datos de las resistencias eléctricas seleccionadas, que para la aplicación de hornos eléctricos:

“El volumen de aire a calentarse se compone de la sección conformada por el largo de las resistencias y el ancho total constituido por el número de las mismas con una separación de un máximo de seis centímetros entre ellas, y su altura deberá ser el mismo largo de las resistencias; cuyo volumen no debe exceder de los treinta mil centímetros cúbicos (30000 cm³), con cuatro resistencias de mil vatios; para que el mismo tenga un incremento de temperatura de cien grados centígrados (100 °C) en un minuto”. Chromalox.com.avr/1000w/datashits/pdf. (Consultado 2 de junio del 2002)

Teniéndose ya la sección que viene a ser las medidas conformadas por la estructura de fijación de las resistencias en las que se han respetado lo indicado para el espaciamiento entre ellas; se dará entonces una altura de veinte y cinco centímetros a fin de que el volumen obtenido esté aproximado al recomendado.

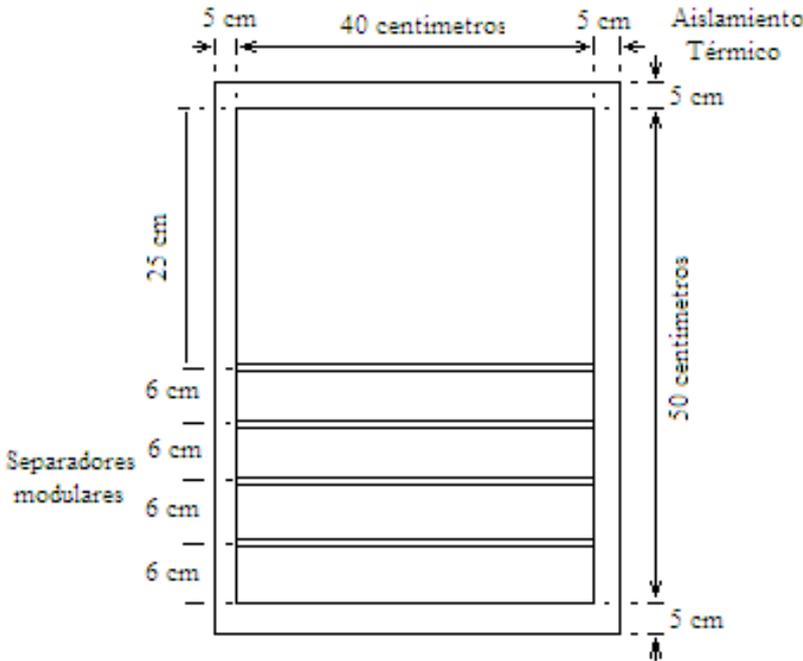
Calculando el volumen de aire que se obtiene a partir de estas dimensiones serán:

$$\text{Sección} = 32 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 1280 \text{ cm}^2$$

$$\text{Volumen} = 1280 \text{ cm}^2 \times 25 \text{ cm} = 32000 \text{ cm}^3$$

El volumen obtenido es ligeramente excedido de las recomendaciones pero para el caso es aceptable por cuanto dicho módulo no funcionará como un verdadero horno, sino como módulo de ensayos, en las que no se requerirán el estricto cumplimiento de tales incrementos de temperatura; por lo que la primera parte queda definida de esta forma

FIGURA 3.5. DIMENSIONES DEL MÓDULO DE CONTROL DE TEMPERATURA.

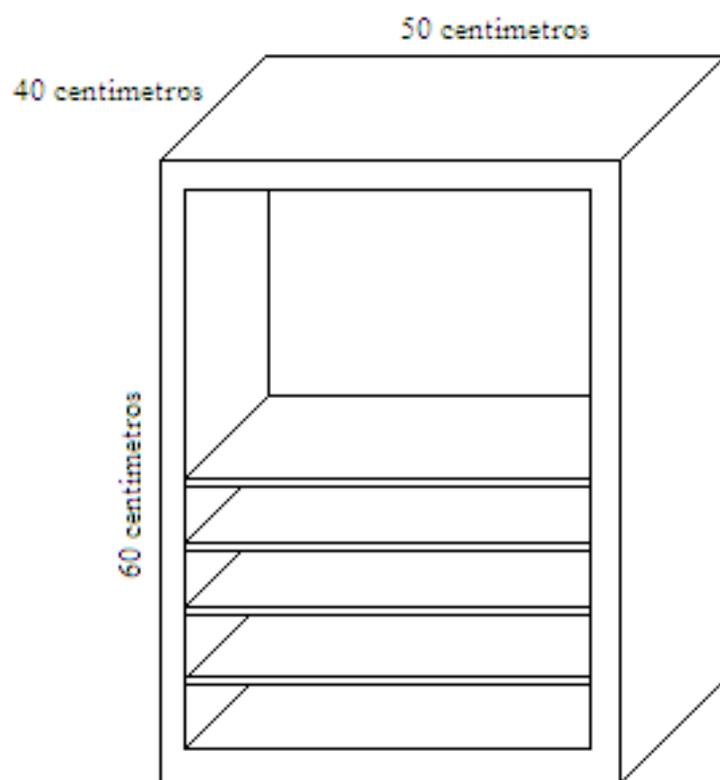


Fuente: Grupo investigador

Elaborado: Grupo de investigación

Sabiéndose además que en el interior de la cavidad del horno deberá introducirse un generador de humedad, y que el mismo se basa en un reverbero eléctrico, con una bandeja de agua para hervirla y de este modo conseguir vapor de agua y por ende la humedad, y que cuyas medidas serán similares a las de la estructura de fijación de las resistencias y su altura es de 12 centímetros; se decide ampliar la cavidad de dicho horno una altura de veinte y cinco centímetros más, manteniéndose el volumen anterior a través de un separador modular de fácil extracción. Cada elemento, tales como: las resistencias eléctricas fijadas en su estructura, el evaporador de agua, el separador de ambientes; se constituyen módulos extraíbles e intercambiables entre sí. Razón por la cual la cavidad interior del horno irá con correderas que se constituirán en pisos para los elementos modulares, de tal manera que su diseño se verá de la siguiente manera:

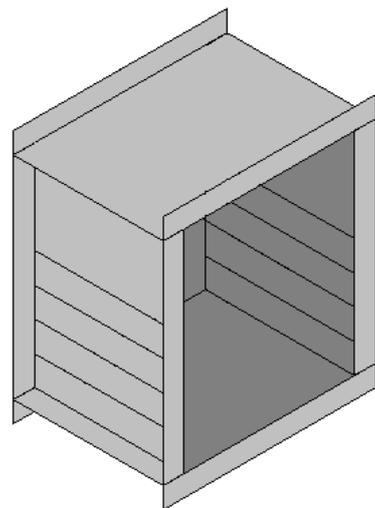
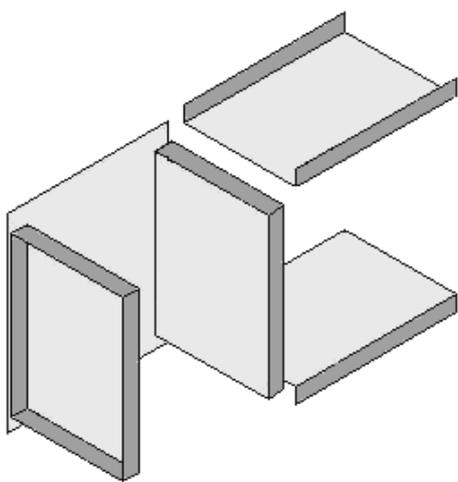
FIGURA 3.6. PROFUNDIDAD DEL MÓDULO DIDÁCTICO.



Fuente: Grupo investigador

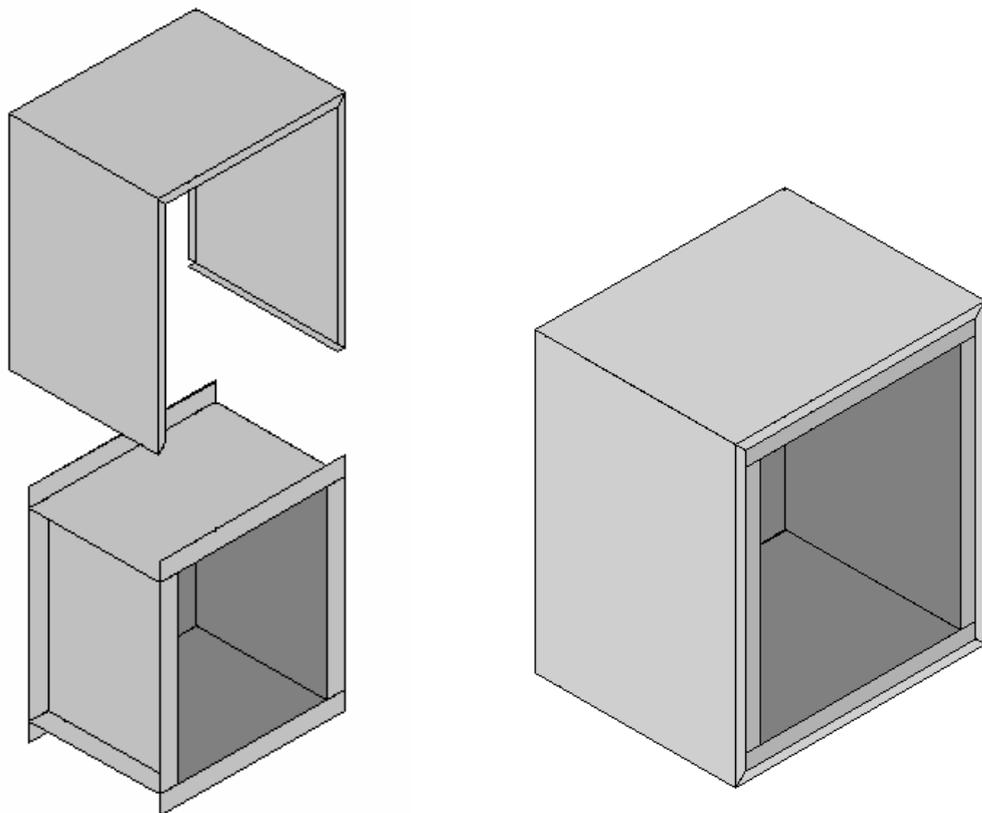
Elaborado: Grupo de investigación

3.4.3. Proceso de construcción



blado de tol de 0.55mm
abinete interno del horno

Figura 3.8. Unión de tol doblado del gabinete interno de horno. En el mismo que se puede ver los espacios de cinco centímetros para el aislamiento térmico



3.5. ELECCIÓN DE LOS SENSORES DETECTORES DE CALOR

Para seleccionar los dispositivos más idóneos que sirvan en la ejecución del módulo didáctico se debe considerar lo expuesto en el marco teórico del apartado correspondiente a sensores.

Sin embargo, se hace necesario recapitular y ahondar de manera más específica en el principio de funcionamiento de cada uno de los elementos, refiriéndose al método de conversión de la variable física de temperatura, en variables eléctricas de salida, las que pueden ser voltaje, corriente o resistencia; a partir de los cuales, dichos valores son cuantificables y por ende los métodos de control de la temperatura misma valiéndonos de estos valores.

También existen métodos de control directo por dispositivos mecánicos dados por la dilatación de los metales ante la variación de temperatura, con la desventaja de no ser exactos en su respuesta.

Para la consecución apropiada de los objetivos de este proyecto, se consideran las tres magnitudes físicas que son:

- **Resistencia**, se elegirá un termistor, que varía su valor resistivo frente a la variación de temperatura.
- **Voltaje**, se elegirá un termopar, que igualmente varía los valores de voltaje.
- **Corriente**, así mismo se dispondrá de un sensor que varíe este valor.

3.5.1. Elección del termistor

La medida de variaciones de temperatura utilizando sondas de resistencia depende de las características de resistencia en función de la temperatura que son propias del elemento de detección. Considerando que cada uno de los materiales por naturaleza siempre tiene distintos valores como se detalla en el siguiente cuadro.

TABLA 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS RESISTENCIAS ELÉCTRICAS.

Metal	Resistividad $\mu\Omega/\text{cm}$	Coefficiente temp Ω/Ω , $^{\circ}\text{C}$	Intervalo útil de temp. $^{\circ}\text{C}$	Φ min de hilo mm	Coste relativo	Resis. Sonda a 0°C , ohmios	Precisión $^{\circ}\text{C}$
Platino	9,83	0,00385	-200 a 950	0.05	Alto	25, 100, 130	0.01
Níquel	6,38	0,0063 a 0,0066	-150 a 300		Medio	100	0.50
Cobre	1,56	0,00425	-200 a 120		Bajo	10	0.10

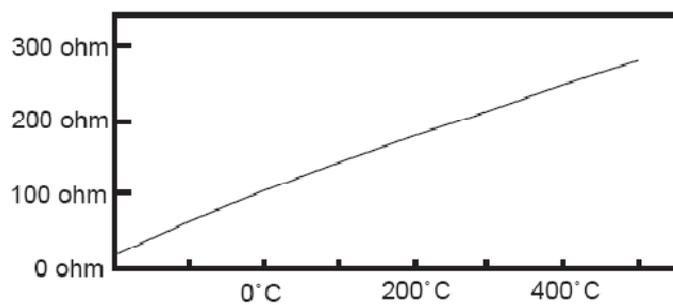
Fuente: Grupo investigador

Elaborado: Grupo de investigación

De acuerdo a lo descrito, los termistores se clasifican en NTC y PTC, siendo la PTC la más conveniente desde el punto de vista de precisión y de estabilidad sin embargo el coste es relativamente alto por ser construidas en platino. Este elemento permite un rango de trabajo -50 a $+300$ $^{\circ}\text{C}$,

Frente a los requerimientos de las prácticas de laboratorio se opta por la adquisición de un sensor **PT100**. Este sensor consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

FIGURA 3.11. CURVA CARACTERÍSTICA DE LA PT100.



Fuente: Fuente: <http://www.arian.cl>

Elaborado: Grupo de investigación

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 ú 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).

En el momento de comprar un Pt100 de debe tener presente que existen distintas calidades y precios para el elemento sensor que va en el extremo del Pt100. Los de mejor calidad están hechos con un verdadero alambre de platino, en tanto que existen algunos sensores económicos hechos en base a una pintura conductora sobre un substrato de alumina (cerámicas). Estos últimos son menos precisos.

3.5.1.1. Ventajas de una PT100

- Los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).
- Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave.

- Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión. (<http://www.arian.cl>)

FIGURA 3.12. FOTOGRAFÍA DEL TERMISTOR UTILIZADO PARA DESARROLLAR LAS PRÁCTICAS.



Fuente: grupo de investigación

Elaborado: Grupo de investigación

3.5.2. Elección del termopar.

Un termopar o comúnmente conocido como termocupla es el sensor de temperatura más Común utilizado industrialmente.

Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño del orden de los milivoltios el cual aumenta con la temperatura. Por ejemplo, una termocupla tipo J está hecha con un alambre de hierro y otro de constatan (aleación de cobre y níquel). Al colocar la unión de estos metales a 750 °C, debe aparecer en

los extremos 42.2 Milivoltios. Normalmente las termocuplas industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (Vaina), en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegidos adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal)

3.5.2.1. Tipos de Termocuplas

Existen una infinidad de tipos de termocuplas, a las que nos referimos en el marco teórico, donde se describe algunas de las más comunes, pero casi el 90% de las termocuplas utilizadas son de tipo J y del tipo K.

3.5.2.2. Uso típico en la industria.

- Las termocuplas tipo **J** se usan principalmente en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales a bajas temperaturas (Zamac, Aluminio)
- La termocupla **K** se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos.
- Las temperaturas **R, S, B** se usan casi exclusivamente en la industria siderúrgica (fundición de acero)
- Finalmente los tipos **T** eran usadas hace algún tiempo en la industria de alimentos, pero han sido desplazadas en esta aplicación por los Pt100 o por otros dispositivos semiconductores.

Con los antecedentes marcados a cerca de las termocuplas, se procede a la adquisición de una termocupla tipo J; de tamaño y diámetro pequeño, decidiéndose por ésta, debido a que

es la más idónea para el tamaño de la cavidad del horno; además, será la más adecuada para poder visualizar las variaciones de temperatura; por ser ésta de pequeño diámetro, será más susceptible a los cambios inmediatos de temperatura.

FIGURA 3.13. FOTOGRAFÍA DE LA TERMOCUPLA UTILIZADO PARA DESARROLLAR LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.



Fuente: Grupo de investigación

Elaborado: Grupo de investigación

3.5.3. Elección del sensor de temperatura y humedad por variación de corriente

Finalmente para las prácticas a través de las tres variables eléctricas, queda la variación de corriente.

Para este caso, existen elementos transductores que responden a las variables físicas de manera electrónica, es decir que como en el caso de las termocuplas, al aplicar temperatura en sus juntas; en ésta aparecerá una diferencia de potencial (voltaje) proporcional a la

misma, en otros casos aparecerá un desprendimiento de electrones; lo que se comprendería como la aparición de una cierta corriente.

Esto depende del tipo de elementos que se usen como transductor, los que tienen estas características son los materiales semiconductores tales como: el germanio, silicio y algunos polímeros, aunque ciertas propiedades de respuesta electrónica suelen ir juntas a una diferencia de potencial; además que la magnitud de corriente es bastante baja, en el orden de los microamperios (μA).

Esta es la razón por la que se requiere de circuitos electrónicos auxiliares que amplifiquen o corrijan los valores obtenidos de los elementos captadores.

Para este caso, se ha elegido la adquisición de un sensor de humedad y temperatura basadas en las características de respuesta a la humedad de una película de polímero integrado; que hará las veces de sensor de humedad relativa; y una delgada película de platino, para el sensor de temperatura.

La película de polímero especial, absorbe el vapor de agua en un rango precisamente conocido que depende de la humedad relativa circundante en el aire. La señal de la película es ingresada a un circuito integrado CMOS, el mismo que se encarga de medir la variación química de la película y acondicionarla hacia la salida del sensor en condiciones de corriente. El transductor de temperatura compuesto por la película de platino, al igual que el anterior, ingresa su señal hacia un circuito similar cuya respuesta de salida será igual que el caso anterior.

FIGURA 3.14. FOTOGRAFÍA DEL SENSOR DE HUMEDAD UTILIZADO PARA DESARROLLAR LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

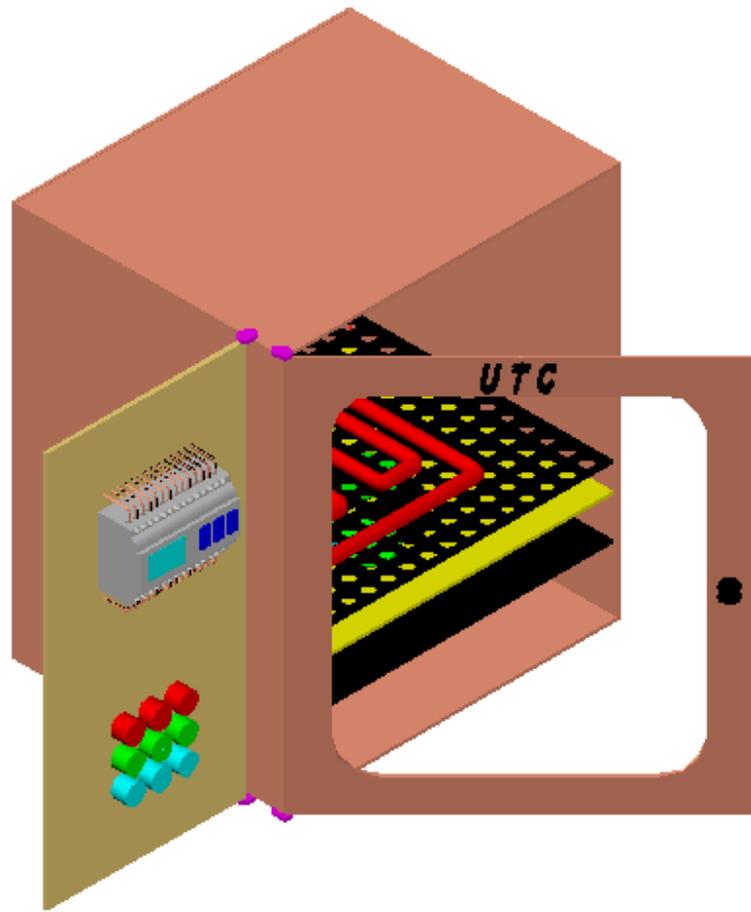


Fuente: Grupo de investigación

Elaborado: Grupo de investigación

3.6. ESTRUCTURA FINAL DEL MÓDULO DIDÁCTICO INCLUIDO TABLERO DE CONEXIONES.

FIGURA 3.15. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD



Fuente: Grupo de investigación

Elaborado: Grupo de investigación

CONCLUSIONES

- El desenvolvimiento de las prácticas del presente proyecto, por emplear dispositivos y sensores de aplicación industrial, aparece ser complejos y cuidadosos; pero en la realidad son muy sencillos, por lo que se ha propuesto con el desarrollo de este trabajo.
- Con la implementación de este módulo didáctico se aporta con dispositivos y sensores de tecnología industrial de última generación a los crecientes laboratorios de prácticas en la especialidad técnica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

- El estudiante al manipular los dispositivos de control y realizar diferentes protocolos de medición, diferenciará de una manera más eficiente el comportamiento de cada uno de los elementos.
- Los docentes en las materias afines, contarán con material didáctico apropiado para reforzar los conocimientos que se imparten en las aulas.
- Con el módulo didáctico de control de temperatura, el estudiante seleccionará de una manera apropiada el dispositivo de sensado, de acuerdo a la necesidad del ambiente que desee obtener.
- Los estudiantes de la especialidad inherente podrá realizar las prácticas que se anexan en el presente trabajo, las mismas que permitirán desarrollar y perfeccionar sus aplicaciones que solo pueden limitar su imaginación.

RECOMENDACIONES

- Aunque la manipulación de todos los componentes del módulo didáctico son fáciles y comprensibles, se recomienda la supervisión del docente para el desarrollo de las prácticas.

- Para proceder a la interconexión de cualquiera de los elementos, es recomendable tener conocimientos previos en esta materia.
- Antes de conectar a la fuente de alimentación de energía de los diferentes dispositivos que intervienen en las prácticas del módulo, se recomienda revisar apropiadamente las conexiones y voltajes de los mismos de acuerdo a esquemas y datos del fabricante. Cualquier error puede causar daños irreversibles.

BIBLIOGRAFÍA:

Bibliografía citada.

- MARTÍNEZ Sánchez Victoriano Ángel, “Automatización Industrial Moderna”, publicada por Alfaomega grupo editor, S.A., Madrid España, 2001.
- PALLAS, Areny Ramón; “Sensores y Acondicionadores de Señal”, segunda edición, publicada por Marcombo S.A. Barcelona España, 2001.
- PIEDRAFITA Moreno Ramón, “Ingeniería de la automatización Industrial”, segunda edición ampliada y actualizada, publicada por RAM-MA, 2004.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar>
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMHI/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
- http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/transductoressensores/default2.asp.
- http://www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_industrial/transducturesensores/default4.asp.
- http://www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_industrial/transducturesensores/default5.asp
- http://webpages.ull.es/user/srbuenaf/tecnología/termistores_PTC_1.pdf
- <http://www.monografias.com/trabajos3/transductor>
- <http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=LM35>
- <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>
- <http://www.monografias.com/trabajos10/humed/humed.shtml>.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro.automatica/webCQMHI/PAGINAPRINCIPAL/PLC/plc.htm>

Bibliografía consultada.

- PALLAS, Areny Ramón; “Sensores y Acondicionadores de Señal”, segunda edición, publicada por Marcombo S.A. Barcelona España, 2001.
- PIEDRAFITA Moreno Ramón, “Ingeniería de la automatización Industrial”, segunda edición ampliada y actualizada, publicada por RAM-MA, 2004.
- GARCÍA Moreno Emilio, “Automatización de Procesos Industriales”, publicada por Alfaomega grupo editor, S.A., 2001.
- CEMBRANOS Nistal Jesús F., “Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos”, Tercera edición, publicada por Thomsom Editores Spain 1999,
- MARTÍNEZ Sánchez Victoriano Ángel, “Automatización Industrial Moderna”, publicada por Alfaomega grupo editor, S.A., Madrid España, 2001
- MICHEL, G., “Autómatas Programables Industriales”, Arquitectura y Aplicaciones”, publicada por Marcombo S.A. Barcelona España, 1997
- Modicom, <http://www.modicom.com>.
- Profibus, <http://www.profibus.com>
- Schneider España, <http://www.schneider.es/>
- Lecciones electrónicas <http://www.ifent.org/lecciones/PTC/ptc.asp>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar>
- <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-02-07-TC.pdf>

- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMHI/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>
- Manual “Pdf” S7-200
- Datos técnicos de los módulos de ampliación analógicos.
- [apuntes-ssdd-0.3.5.pdf], Circuitos y Sistemas Digitales: Universidad Pontificia de Salamanca en Madrid – Departamento de Electrónica y Comunicaciones – Juan González Gómez “Apuntes de clase” Versión 0.3.5 – Octubre-2002 – Tipos de electrónica.
- <http://www.monografias.com/tecnología/sensores>.
- <http://temperatures.com/spanish.php>
- <http://www.temperatures.com/semi.html>
- <http://www.x-robotics.com/downloads/datasheets/LM35.pdf>
- <http://www.monografias.com/tecnología/sensores>.
- <http://personal3.iddeor/index.htm>.
- http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/transductoressensores/default2.asp.
- http://www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_industrial/transductores sensores/default4.asp.
- http://www.elprisma.com/apuntes/ingeniería_industrial/transductoressensores/default5.asp
- http://webpages.ull.es/user/srbuenaf/tecnología/termistores_PTC_1.pdf
- <http://www.monografias.com/trabajos3/transductor>
- <http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=LM35>
- <http://www.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>
- <http://www.monografias.com/trabajos10/humed/humed.shtml>.
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcebtro.automatica/webCQMHI/PAGINAPRINCIPAL/PLC/plc.htm>.