

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALENTAMIENTO DE AGUA Y
PROTECCION DE BOMBEO EN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

JORGE MARIO CADAVID GALLEGO

**TECNOLOGICO PASCUAL BRAVO
INSTITUCION UNIVERSITARIA
UNIDAD DE MECANICA
MEDELLIN
2012**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALENTAMIENTO DE AGUA Y
PROTECCION DE BOMBEO EN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

JORGE MARIO CADAVID GALLEGO

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Mecatrónica

Asesor

Mauricio Velásquez Montoya

Docente de Mecánica

TECNOLOGICO PASCUAL BRAVO

INSTITUCION UNIVERSITARIA

UNIDAD DE MECANICA

MEDELLIN

2012

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	2
2. JUSTIFICACION	3
3. OBJETIVOS	4
4. REFERENTES TEORICOS	5
4.1 RESEÑA HISTORICA	5
4.2 CONCEPTOS TEORICOS DE CONTROL	8
4.3 SENSORES	15
4.4 SENSORES TERMORISITIVOS PT100	18
4.5 ACTUADORES	23
4.6 TRAMPA DE VAPOR	25
4.7 VALVULA SOLENOIDE	26
4.8 CONTACTORES	30
4.9 TEMPORIZADORES	36
4.10 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	39
4.11 CONTROLADORES MAXTHERMO	44
5. METODOLOGIA	47
6. DESARROLLO DEL TRABAJO	50
6.1 ETAPAS DEL DESARROLLO DEL TRABAJO	50
6.2 ALCANCE	51
6.3 DIAGRAMA DE CONTROL Y DISEÑO DEL SISTEMA	55
6.4 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION	57
7. RECURSOS	59
8. CONCLUSIONES	62

9. RECOMENDACIONES

63

BIBLIOGRAFIA

64

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Curva de la dinámica del proceso	11
Figura 2. Código de colores de los termopares	17
Figura 3. Curva de la RTD	19
Figura 4. Conexión de una RTD a dos hilos	21
Figura 5. Conexión de una RTD a tres hilos	22
Figura 6. Conexión de una RTD a cuatro hilos	23
Figura 8. Trampa de Vapor	26
Figura 9. Campo magnético de un solenoide	27
Figura 10. Válvula solenoide de acción directa	29
Figura 11. Válvula solenoide operada por piloto	29
Figura 12. Diagrama esquemático de un contactor	32
Figura 13. Clasificación de los temporizadores	36
Figura 14. Temporizador térmico	38
Figura 15. Temporizador electrónico	39
Figura 16. Curva de resistencia del sistema	42
Figura 17. punto de operación de una bomba	44
Figura 18. Controlador MAXTHERMO	45
Figura 18. Diagrama esquemático de operación	54
Figura 19. Diagrama de control de potencia	55
Figura 20. Diagrama de instrumentación	58

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones del controlador MAXTHERMO	45
Tabla 2. Recursos técnicos	59
Tabla 3. Recursos de trabajo	60

RESUMEN

En este trabajo se desarrolla un sistema de control de nivel de agua y de temperatura en un tanque de almacenamiento de 8800 litros propiedad de la empresa AGROSAN S.A. El sistema de control está compuesto por un sensor de temperatura que mide la temperatura del agua y un controlador que regula la entrada de vapor para garantizar que la temperatura sea en todo momento de 80 grados centígrados. Para controlar el nivel se utilizan unos sensores de nivel bajo y nivel alto, para controlar la entrada de agua al tanque y la bomba de la salida.

INTRODUCCIÓN

La industria de subproductos cárnicos se ha visto obligada a mejorar la eficiencia de sus procesos productivos con el fin de aumentar la productividad, mejorar la calidad y reducir los costos de operación. Para lograr lo anterior las máquinas que componen los procesos productivos deben ser diseñadas con bajo mantenimiento, alta seguridad y alta confiabilidad, además de fácil acceso a modificaciones para mantener dichas máquinas actualizadas.

La automatización de los equipos es el método más usado para conseguir tales niveles de eficiencia, seguridad y confiabilidad. Con la automatización se obtienen trabajos más precisos, ágiles y con menos mano de obra por lo cual se disminuye el riesgo de accidente.

Actualmente en la empresa AGROSAN S.A se requiere del calentamiento de agua en un tanque de almacenamiento. Mediante este proyecto de grado, se pretende diseñar un control automático de calentamiento y bombeo de un tanque de almacenamiento de agua con una capacidad de 8800 litros. Esto con el fin de facilitar el calentamiento, evitar que la bomba trabaje en vacío, ahorrar tiempo al operario, mejorar en el trabajo que se necesita y la reducción de costos a la empresa.

1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La Agropecuaria San Fernando, es una empresa que se dedica a procesar desechos de las plantas procesadoras avícolas y de Enfaenado. Estos elementos se procesan y se sacan subproductos para la fabricación de concentrados para animales. En el área de lavado de vehículos, hiso tanques y canecas, se utiliza un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 8800 litros y se requiere una temperatura máxima de 80° C, para lograr lo propuesto.

Para realizar el calentamiento de un tanque con agua se requiere que el operario este pendiente del tanque durante aproximadamente de dos horas, pero ya que no hay un buen control este se queda sin agua en cuestión de 1 hora aproximada. En este proceso el operario no puede dejar subir la temperatura a más de 90° C, por que iniciara el proceso de ebullición, cambiando el estado del agua de líquido a vapor y generando derrames del producto que generan pérdidas para la empresa y la bomba quedaría trabajando en vacio.

2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surge de la necesidad de controlar de una manera automática y económica el calentamiento del tanque de almacenamiento de agua en la Agropecuaria San Fernando S.A. y tener una cantidad adecuada y una temperatura ideal del agua.

Esto será de gran ayuda en el manejo de agua, pues el operario no tendrá que quedarse dos horas supervisando la temperatura del tanque y estar manipulando las válvulas de vapor cada vez que la temperatura cambie de valor con respecto a la ideal.

El desarrollo de este proyecto tendrá una reducción en costos eventuales para la empresa, ya que con este control se garantiza que el agua no superara la temperatura ideal evitando derrames al evaporarse y por ende no se perderá el agua y el vapor que es uno de los factores que más representa costos en empresa

En el área de salud ocupacional garantizara una mayor seguridad industrial, ya que el operario no tendrá que estar manipulando las válvulas de vapor y el riesgo de quemaduras y accidentes bajará los porcentajes de vulnerabilidad.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Diseñar un sistema de medición y control de calentamiento de agua y protección de bombeo en un tanque de almacenamiento.

3.2 ESPECÍFICOS

- Analizar los inconvenientes que se están presentando actualmente en el proceso.
- Evaluar las especificaciones que se deben cumplir en el sistema de medición y control para resolver los inconvenientes en el proceso.
- Definir y seleccionar los instrumentos de medida y de control para implementar el sistema de control.
- Diseñar el sistema de medición y control y elaborar un diagrama de instrumentación que defina la ubicación de los instrumentos.
- Elaborar un diagrama de simulación que permita evaluar las especificaciones del proceso.

4. REFERENTES TEORICOS

4.1 RESEÑA HISTÓRICA

AGROSAN S.A, es la empresa líder en Colombia en el procesamiento de subproductos cárnicos no aptos para el consumo humano. Su planta de procesamiento se encuentra ubicada en el municipio de Amagá.

AGROSAN es una empresa que a partir de subproductos animales, elabora materia prima para la industria de alimentos concentrados, química y de jabones. A través de su actividad, cumple con dos funciones primordiales:

De un lado, proveer de una importante fuente de energía y nutrientes para la alimentación animal y suministrar materias primas e insumos para varios sectores de la producción; De otro lado, contribuir con el equilibrio ecológico, al reciclar los desperdicios animales no aptos para alimentación humana, evitando así la contaminación que derivaría de su descomposición en basureros y ríos.

Desde el comienzo, AGROSAN se proyectó como una empresa líder en su ramo, llegando rápidamente a convertirse en una de las más importantes procesadoras de subproductos animales del país.

Con la experiencia de 25 años procesando sebos frescos y huesos, los propietarios de la empresa PROCALCIO, cuyo gerente era entonces el Sr. Francisco Luis Montoya, en asociación con los propietarios de la empresa KALIOQUIMICA S.A cuyo gerente era el ingeniero José Betancur, conforma a mediados de 1984 una nueva procesadora de desperdicios con proyección hacia el futuro:

La nueva sociedad denominada AGROPECUARIA SAN FERNANDO "AGROSAN S.A", inicio labores en Junio de dicho año, en un lote ubicado en el municipio de Amagá.

A la nueva sede fueron trasladados los equipos ya existentes, y con la tecnología y el conocimiento de los antiguos propietarios de Pro calcio, se comienzan a procesar huesos y sebos.

Paulatinamente se realizan las mejoras a las instalaciones y se lleva también a cabo una asesoría en la parte ambiental, en cabeza de ingenieros expertos en la materia, todo con el fin de ampliar la capacidad procesadora de la planta y hacerla más eficiente.

AGROSAN adquiere una flotilla de vehículos transportadores que agiliza la recolección de la materia prima y garantiza que al momento de procesarla este muy fresca.

En el año de 1989, AGROSAN amplía sus líneas y comienza a producir harina de carne, con lo que logra satisfacer la demanda de dicho producto en el mercado, además de aprovechar los subproductos resultantes en los demás procesos y tener una cobertura total en la recolección de desperdicios, no sólo en lo referente a mataderos de ganado bovino, sino también a los de aves y otros semovientes.

Después de realizar varias investigaciones en el año 1996 se lleva a cabo un proceso de RECONVERSIÓN A TECNOLOGÍA MÁS LIMPIA con el fin de dar cumplimiento a las exigencias ambientales, la diversificación de las líneas de producción con el fin de obtener productos terminados acorde a las exigencias de los clientes.

Se llevan a cabo construcciones y adecuaciones a las instalaciones físicas de la empresa, se instalan nuevos equipos y se comienzan a obtener productos completamente separados con mayor aporte nutricional.

Con la tecnología nueva se comienza a separar las líneas de producción y se aumenta la capacidad de producción tanto en la línea de bovinos, como en aves.

En la actualidad se están llevando a cabo investigaciones en la tecnología existente a nivel internacional para este tipo de industria y su manejo ambiental con el fin de llevar a cabo un nuevo proyecto de reconversión a tecnología más limpia y al mismo tiempo: Reemplazar los equipos que se requieren cambio por obsolescencia y deterioro, ajustar todos los sistemas ambientales a las nuevas exigencias de la regulación ambiental, optimizar los recursos hídricos y energéticos y aumentar la capacidad de producción.

AGROSAN S.A. ofrece a sus clientes: Harina de carne y hueso, Harina de plumas hidrolizadas, Harina de vísceras de pollo, Harina de sangre y sebo en rama provenientes de plantas de faenado de bovinos, porcinos, vacunos y carnicerías, así como de las plantas procesadoras avícolas.

El equipo humano de AGROSAN está compuesto en la actualidad por 171 operarios en su planta de procesos, 67 personal conductores y recolectores, y 52 en la parte de administración y ventas, con lo que genera un total de 294 empleos directos y cerca de 1.500 indirectos, siendo de esta forma una de las empresas más importantes de la región.

4.2 CONCEPTOS TEORICOS DE CONTROL

A propósito de los conceptos básicos de la teoría del control, se expone una breve reseña los siguientes aspectos:

Respuesta en tiempo. La respuesta en el tiempo de un sistema de control consta de dos partes, la respuesta transitoria y la respuesta en estado estable. La respuesta transitoria es la que va del estado inicial al estado final. La respuesta en estado estable, es la manera en la cual se comporta la salida del sistema conforme el tiempo tiende a infinito.

El análisis de la respuesta transitoria es de gran importancia debido a que en muchos casos prácticos, las características de desempeño deseadas del sistema de control se especifican en términos de cantidades en el dominio del tiempo. Los sistemas que pueden almacenar energía no responden instantáneamente y exhiben respuestas transitorias cada vez que están sujetos a entradas o perturbaciones.

Con frecuencia, las características de desempeño de un sistema de control se especifican en términos de la respuesta transitoria para una entrada escalón unitario, dado que ésta es fácil de generar y es suficientemente drástica. (Si se conoce la respuesta a una entrada escalón, es matemáticamente posible calcular la respuesta para cualquier entrada.).

La respuesta transitoria de un sistema para una entrada escalón unitario depende de las condiciones iniciales.

Por conveniencia al comparar respuestas transitorias de varios sistemas, es una práctica común usar la condición inicial estándar de que el sistema está en reposo al inicio, por lo cual la salida y todas las derivadas con respecto al tiempo son cero. De este modo, las características de respuesta se comparan con facilidad.

La respuesta transitoria de un sistema de control práctico exhibe con frecuencia oscilaciones amortiguadas antes de alcanzar el estado estable. Al especificar las características de la respuesta transitoria de un sistema de control para una entrada escalón unitario es común especificar lo siguiente:

Tiempo de retardo, es el tiempo requerido para que la respuesta alcance la primera vez la mitad del valor final.

Tiempo de levantamiento TR, es el tiempo de levantamiento es el tiempo requerido para que la respuesta pase del 10 al 90%, del 5 al 95% o del 0 al 100% de su valor final. Para sistemas su amortiguados de segundo orden, por lo común se usa el tiempo de levantamiento de 0 a 100%. Para sistemas sobre amortiguados, suele usarse el tiempo de levantamiento de 10 a 90%.

Tiempo pico TP, es el tiempo pico es el tiempo requerido para que la respuesta alcance el primer pico del sobrepaso.

Sobrepaso máximo (%) MP, es el sobrepaso máximo es el valor pico máximo de la curva de respuesta, medido a partir de la unidad. Si el valor final en estado estable de la respuesta es diferente de la unidad, es común usar el porcentaje de sobrepaso máximo. Se define mediante:

$$\text{Porcentaje de sobrepaso máximo} = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)} \times 100\% \quad (1)$$

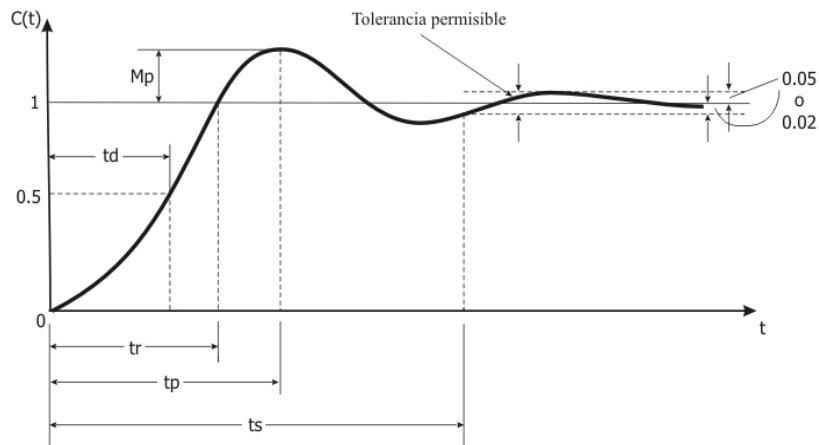
La cantidad de sobrepaso máximo (en porcentaje) indica de manera directa la estabilidad relativa del sistema.

Tiempo de asentamiento TS, es el tiempo de asentamiento es el tiempo que se requiere para que la curva de respuesta alcance un rango alrededor del valor final del tamaño especificado por el porcentaje absoluto del valor final (por lo general, de 2 a 5%) y permanezca dentro de él.

El tiempo de asentamiento se relaciona con la mayor constante de tiempo del sistema de control. Los objetivos del diseño del sistema en cuestión determinan cuál criterio de error en porcentaje usar.

Las especificaciones en el dominio del tiempo que se proporcionaron son muy importantes, dado que casi todos los sistemas de control son sistemas en el dominio del tiempo; es decir, deben presentar respuestas de tiempo aceptables. (Esto significa que el sistema de control debe modificarse hasta que la respuesta transitoria sea satisfactoria.) Si se especifican los valores de, TR, TP, TS y MP, la forma de la curva de respuesta queda prácticamente determinada.

Figura 1. Curva de la dinámica del proceso



Fuente: <http://trabajos-control2.blogspot.com/2007/10/analisis-de-respuesta>

Observe que todas estas especificaciones no necesariamente se aplican a cualquier caso determinado. Por ejemplo, para un sistema sobre amortiguado no se aplican los términos tiempo pico y sobrepaso máximo. (En los sistemas que producen errores en estado estable para entradas escalón, este error debe conservarse dentro de un nivel de porcentaje especificado).

Acciones básicas de control: Los controladores industriales se clasifican de acuerdo a sus acciones de control como:

De dos posiciones o de encendido y apagado (On/Off): En un sistema de control de dos posiciones, el elemento de actuación sólo tiene dos posiciones fijas que, en muchos casos, son simplemente encendido y apagado.

En el control de dos posiciones, la señal permanece en un valor ya sea máximo o mínimo, dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa. Del siguiente modo:

$$u(t) = U_1, \text{ para } e(t) > 0 \quad (2)$$

$$u(t) = U_2, \text{ para } e(t) < 0 \quad (3)$$

En donde U_1 y U_2 son constantes. Por lo general, el valor mínimo de U_2 es cero o $-U_1$. Es común que los controladores de dos posiciones sean dispositivos eléctricos, en cuyo caso se usa extensamente una válvula eléctrica operada por solenoides. Los controladores neumáticos proporcionales con ganancias muy altas funcionan como controladores de dos posiciones y, en ocasiones, se denominan controladores neumáticos de dos posiciones.

El rango en el que debe moverse la señal de error antes de que ocurra la conmutación se denomina brecha diferencial.

Tal brecha provoca que la salida del controlador $u(t)$ conserve su valor presente hasta que la señal de error se haya desplazado ligeramente más allá de cero. En algunos casos, la brecha diferencial es el resultado de una fricción no intencionada y de un movimiento perdido; sin embargo, con frecuencia se provoca de manera intencional para evitar una operación demasiado frecuente del mecanismo de encendido y apagado.

- Proporcionales: Para un controlador con acción de control proporcional, la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ es:

$$u(t) = K_p e(t) \quad (4)$$

En donde K_p se considera la ganancia proporcional.

Cualquiera que sea el mecanismo real y la forma de la potencia de operación, el controlador proporcional es, en esencia, un amplificador con una ganancia ajustable.

- Integrales: En un controlador con acción de control integral, el valor de la salida del controlador $u(t)$ se cambia a una razón proporcional a la señal de error $e(t)$. Es decir.

$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t) \quad (5)$$

En donde K_i es una constante ajustable. La función de transferencia del controlador integral es:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \quad (6)$$

Si se duplica el valor de $e(t)$, el valor de $u(t)$ varía dos veces más rápido. Para un error del cero, el valor de $u(t)$ permanece estacionario. En ocasiones, la acción de control integral se denomina control de reajuste.

Proporcionales-integrales: La acción de control de un controlador proporcional-integral (PI) se define mediante.

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (7)$$

En donde K_p es la ganancia proporcional y T_i se denomina *tiempo integral*. Tanto K_p como T_i son ajustables. El tiempo integral ajusta la acción de control integral, mientras que un cambio en el valor de K_p afecta las partes integral y proporcional de la acción de control. El inverso del tiempo integral T_i se denomina *velocidad de reajuste*.

La velocidad de reajuste es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control. La velocidad de reajuste se mide en términos de las repeticiones por minuto.

4.3 SENSORES

4.3.1 Termopares

Los termopares se utilizan extensamente, ya que ofrecen una gama de temperaturas mucho más amplia y una construcción más robusta que otros tipos.

Además, no precisan alimentación de ningún tipo y su reducido precio los convierte en una opción muy atractiva para grandes sistemas de adquisición de datos.

Sin embargo, para superar algunos de los inconvenientes inherentes a los termopares y obtener resultados de calidad, es importante entender la naturaleza de estos dispositivos.

Estudios realizados sobre el comportamiento de termopares han permitido establecer tres leyes fundamentales:

- I. Ley del circuito homogéneo. En un conductor metálico homogéneo no puede sostenerse la circulación de una corriente eléctrica por la aplicación exclusiva de calor.
- II. Ley de metales intermedios. Si en un circuito de varios conductores la temperatura es uniforme desde un punto de soldadura A otro punto B, la suma algebraica de todas las fuerzas electromotrices es totalmente independiente de los conductores metálicos intermedios y es la misma que si se pusieran en contacto directo A y B.
- III. Ley de las temperaturas sucesivas. La f.e.m. generada por un termopar con sus uniones a las temperaturas T_1 T_3 es la suma algebraica de la f.e.m. del termopar con sus uniones a T_1 T_2 de la f.e.m. del mismo termopar con sus uniones a las temperaturas T_2 T_3 .

El comportamiento de un termopar se basa en la teoría del gradiente, según la cual los propios hilos constituyen el sensor. Cuando se calienta uno de los extremos de un hilo, le produce una tensión que es una función del (A) el gradiente de temperatura desde uno de los extremos del hilo al otro, y (B) el coeficiente de SEEBECK, una constante de proporcionalidad que varía de un metal a otro.

Un termopar se compone sencillamente de dos hilos de diferentes metales unidos en un extremo y abiertos en el otro. La tensión que pasa por el extremo abierto es una función tanto de la temperatura de la unión como de los metales utilizados en los dos hilos.

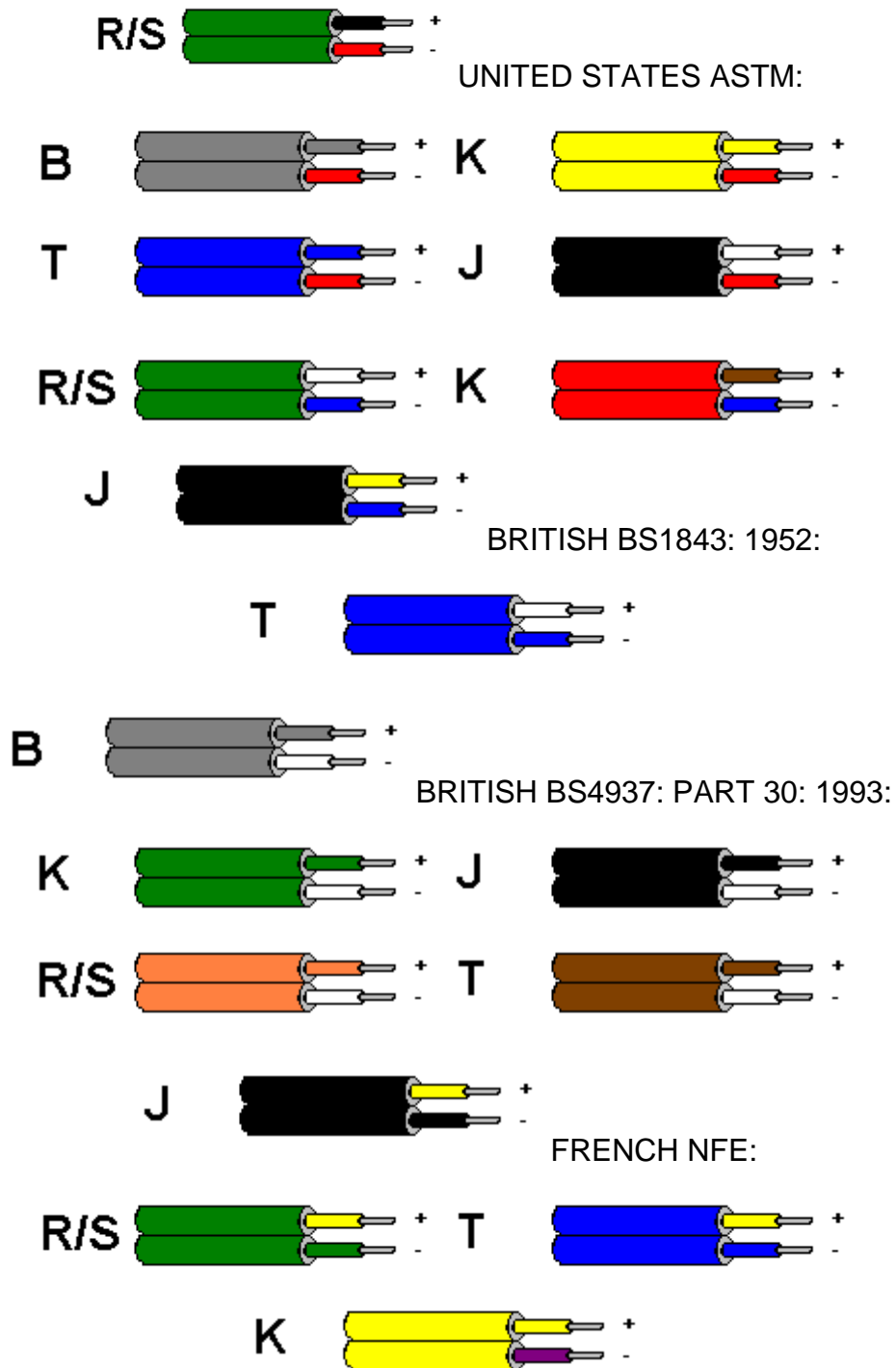
Todos los pares de metales distintos presentan esta tensión, denominada tensión de Seebeck en honor a su descubridor, Thomas Seebeck.

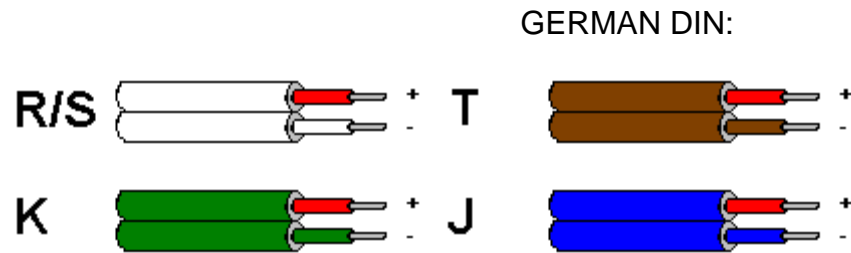
En pequeñas gamas de temperaturas, los coeficientes de Seebeck de los dos hilos son constantes y la tensión de Seebeck es, por consiguiente, proporcional, pero en gamas más grandes, el propio coeficiente de Seebeck es una función de la temperatura, convirtiendo la tensión de Seebeck en no lineal. Como consecuencia, las tensiones del termopar también tienden a ser no lineales.

4.3.2 CÓDIGOS DE COLOR DE LOS TERMOPARES

El alambrado de las termocuplas está codificado dependiendo del tipo. Diferentes países utilizan códigos diferentes para los colores. Los códigos más comunes son:

Figura 2. Código de colores de las Termopares.





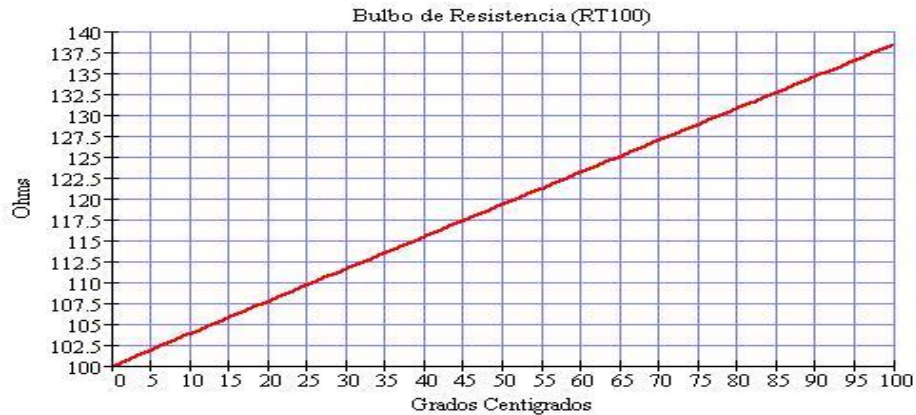
4.4 Sensores termo resistivos PT100

Los RTD ó dispositivos térmicos resistivos, son sensores de temperatura a los cuales también se les denomina "bulbos de resistencia", su principio de funcionamiento se basa en el hecho de que un metal al calentarse, cambia su valor de resistencia, midiendo el valor de corriente que circula a través *del RTD*, se mide la temperatura con precisión.

La construcción típica de un RTD consiste en una bobina de hilo de cobre, de niquela ó de platino, la bobina se fija a un soporte con forma de una varilla, su diámetro es semejante al diámetro de un lápiz, con una longitud aproximada de 40 centímetros, su diseño se debe a C. H. Meyers (1932), en presencia de variaciones de temperatura el RTD modifica su componente resistivo en forma lineal, si la temperatura varia en un rango amplio, la no-linealidad se hace presente y aparecen errores de linealidad, en términos absolutos, no se desprecian para algunas aplicaciones.

La siguiente expresión proporciona la resistencia de una PT100 en función de la temperatura, la ecuación es un polinomio con cuatro términos y tres coeficientes, la respuesta se ajusta 100% a la curva real de la PT100 en un margen de [0°C a 850°C]

Figura 3. Curva de la RT100 Grados centígrados-Ohmios



<http://www.google.es/imgres?q=tabla+de+curva+de+un+sensor+rt+100&um=1&h>

La siguiente expresión proporciona la resistencia de una PT100 en función de la temperatura, la ecuación es un polinomio con cuatro términos y tres coeficientes, la respuesta se ajusta 100% a la curva real de la PT100 en un margen de [0°C a 850°C] Un Pt100 es un sensor de temperatura.

Consiste en un alambre de platino que a 0° C tiene 100 ohm y que al aumentar la temperatura aumenta se resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante las tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

Un PT100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo termo resistivo). Normalmente las PT100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas o termopares, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está la terminal eléctrico de los cables protegidos dentro de una caja redonda de aluminio (cabeza).

Por otra parte los PT100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

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.

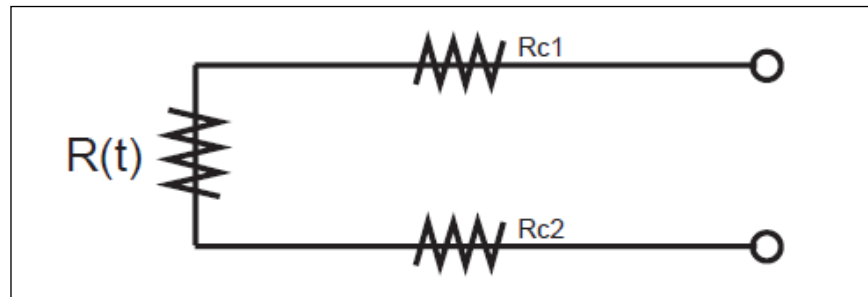
4.4.1. CONEXIÓN DE LAS PT100

Existen 3 modos de conexión para las Pt100, cada uno de ellos requiere un instrumento lector distinto. El objetivo es determinar exactamente la resistencia eléctrica $R(t)$ del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables RC.

Conexión con dos hilos:

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

Figura 4. Conexión de una RTD a dos hilos.



Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1478&edi=78>

Por ejemplo si la temperatura es 90°C , entonces $R(t) = 134.7\text{ ohm}$, pero si el cable R_{c1} tiene 1.3 ohm y el R_{c2} tiene 1.2 ohm entonces la resistencia medida será $134.7+1.3+1.2 = 137.2\text{ ohm}$ y la lectura del instrumento será 96°C .

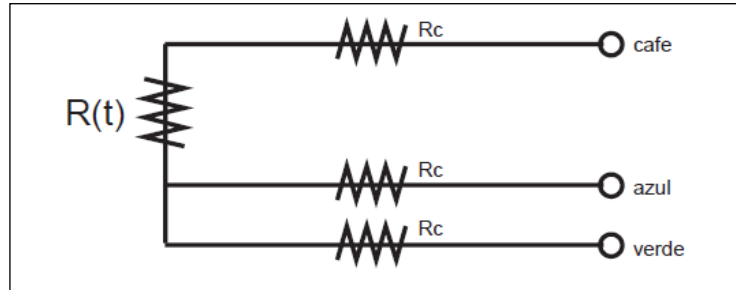
Un cable común razonablemente grueso sería uno de diámetro equivalente a 18 AWG . La resistencia de este cable es 0.0193 ohm por metro.

Por ejemplo si se usa este cable para medir una resistencia a 15 metros de distancia, la resistencia total de los cables será $15*2*0.0193 = 0.579\text{ ohm}$ lo que inducirá un error de 1.5°C en la lectura.

Conexión a tres hilos:

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

Figura 5. Conexión de una RTD a tres hilos.



Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1478&edi=78>

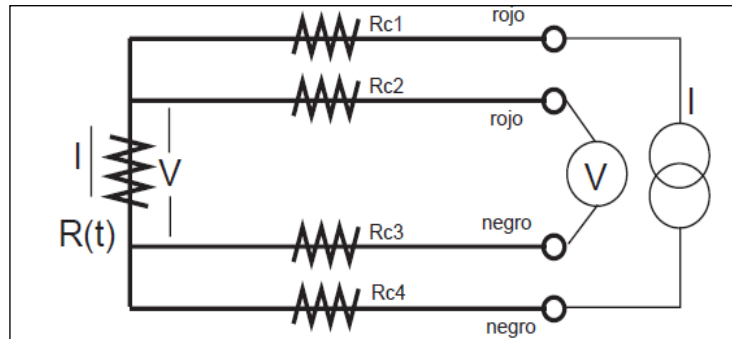
El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión.

En el caso particular de los instrumentos ARIAN, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide $2R_c$. Luego mide la resistencia por los cables café y azul para finalmente restarle $2R_c$ al valor medido y obtener $R(t)$.

Conexión con cuatro hilos:

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

Figura 6. Conexión de una RTD a cuatro hilos.



Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1478&edi=78>

Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente I conocida a través de $R(t)$ provocando una diferencia de potencial V en los extremos de $R(t)$.

Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables R_{c2} y R_{c3} será cero ($dV=I_c \cdot R_c=0 \cdot R_c=0$) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje V en los extremos del elemento $R(t)$. Finalmente el instrumento obtiene $R(t)$ al dividir V medido entre la corriente I conocida.

4.5 ACTUADORES

Se denominan actuadores a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado.

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa.

El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

- *Hidráulicos*
- *Neumáticos*
- *Eléctricos*

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos Mecatrónico. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos.

Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

Los actuadores eléctricos también son muy utilizados en los aparatos Mecatrónico, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin escobillas se utilizaran en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.

Los actuadores más usuales son:

- Cilindros neumáticos e hidráulicos. Realizan movimientos lineales.
- Motores (actuadores de giro) neumáticos e hidráulicos.
- Realizan movimientos de giro por medio de energía hidráulica o neumática.
- Válvulas. Las hay de mando directo, motorizadas, electroneumáticas, etc. Se emplean para regular el caudal de gases y líquidos.
- Resistencias calefactoras. Se emplean para calentar.

- Motores eléctricos. Los más usados son de inducción, de continua, sin escobillas y paso a paso.
- Bombas, compresores y ventiladores. Movidos generalmente por motores eléctricos de inducción.

4.6 TRAMPA DE VAPOR

Una trampa para vapor es un dispositivo que permite eliminar: condensado, aire y otros gases no condensables, además de prevenir pérdidas de vapor.

Eliminación de condensado: El condensado debe pasar siempre, rápido y completamente a través de la trampa para vapor para obtener un mejor aprovechamiento de la energía térmica del vapor.

Eliminación de aire y otros gases no condensables: El aire y los gases disminuyen el coeficiente de transferencia de calor. Además, se debe tener presente que el O₂ y el CO₂ causan corrosión.

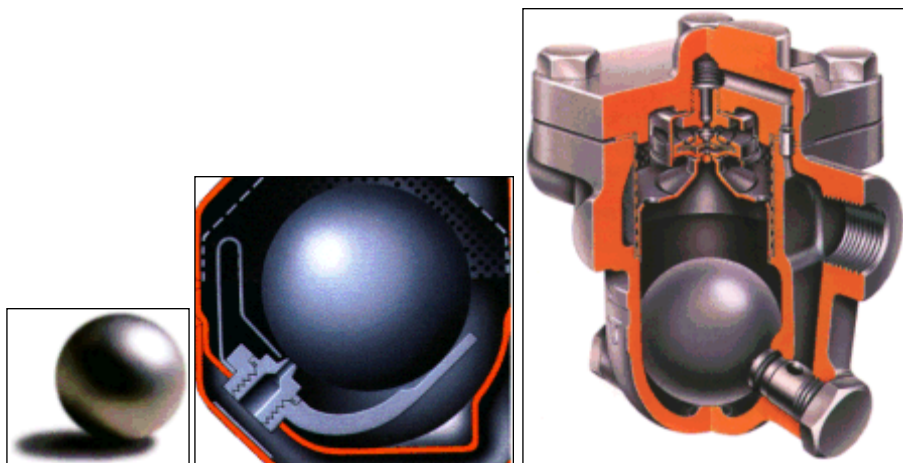
Prevención de pérdidas de vapor: No deben permitir el paso de vapor sino hasta que éste ceda la mayor parte de energía que contiene, también las pérdidas de vapor deben ser mínimas mientras la trampa libera vapor condensado, aire y gases incondensables.

Tan pronto como el vapor deja la caldera empieza a ceder parte de su energía a cualquier superficie de menor temperatura. Al hacer esto, parte del vapor se condensa convirtiéndose en agua, prácticamente a la misma temperatura.

La combinación de agua y vapor hace que el flujo de calor sea menor ya que el coeficiente de transferencia de calor del agua es menor que el del vapor. De acá nos podemos dar cuenta de la importancia de las trampas de vapor para una empresa que utiliza algún equipo calentado con vapor.

Las ventajas de utilizar trampas son muchas, nombrando unas de las más comunes la de economizar grandes cantidades del combustible requerido para calentar las inmensas cantidades de agua lo que conlleva a un ahorro en los costos no despreciable.

Figura 8. Trampa de vapor.



4.7 VÁLVULA SOLENOIDE

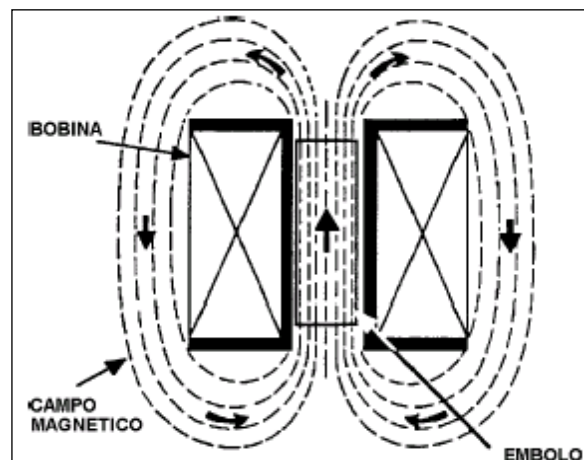
Las válvulas de solenoide permiten un control on-off mediante variaciones de corriente eléctrica en su bobina. Son utilizadas ampliamente en control de flujo en sistemas neumáticos.

En muchas aplicaciones es necesario controlar el paso de algún tipo de flujo, desde corriente eléctrica hasta gases o líquidos. Esta tarea es realizada por válvulas. En particular, las accionadas por solenoides permiten su implementación en lugares de difícil acceso y facilitan la automatización del proceso al ser accionadas eléctricamente.

Este tipo de válvulas es controlada variando la corriente que circula a través de un solenoide (conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina). Esta corriente, al circular por el solenoide, genera un campo magnético que atrae un émbolo móvil. Por lo general estas válvulas operan de forma completamente abierta o completamente cerrada, aunque existen aplicaciones en las que se controla el flujo en forma lineal.

Al finalizar el efecto del campo magnético, el émbolo vuelve a su posición por efecto de la gravedad, un resorte o por presión del fluido a controlar.

Figura 9. Campo magnético en un solenoide



El solenoide, bajo el efecto de corriente circulante, se comporta como un electroimán. Atrae materiales ferro magnéticos, producto de la alineación de momentos magnéticos atómicos. El campo magnético, creado al circular corriente por el solenoide, actúa sobre el émbolo móvil de material magnético. Se produce una fuerza que ocasiona el desplazamiento del émbolo permitiendo el cierre o apertura de la válvula.

4.7.1. Clasificación de las Válvulas Solenoide.

Existen muchos tipos de válvulas de solenoide. Todas ellas trabajan con el principio físico antes descrito, sin embargo se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma:

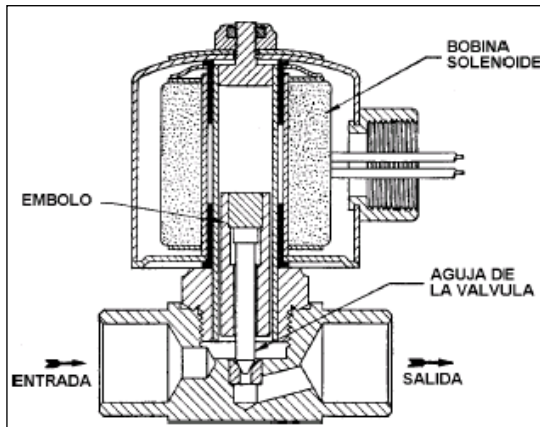
Según su aplicación: Acción Directa u Operadas mediante piloto.

Según su construcción: Normalmente abierta o Normalmente cerrada.

Según su forma: De acuerdo al número de vías.

Válvula de solenoide de acción directa. En este tipo de válvulas, el émbolo móvil controla el flujo debido al efecto de la fuerza de origen magnético directamente. Para ejemplificar el modo de trabajo de estas válvulas en general, se estudiará el funcionamiento de la válvula de solenoide de acción directa, normalmente cerrada de dos vías de la Figura 10.

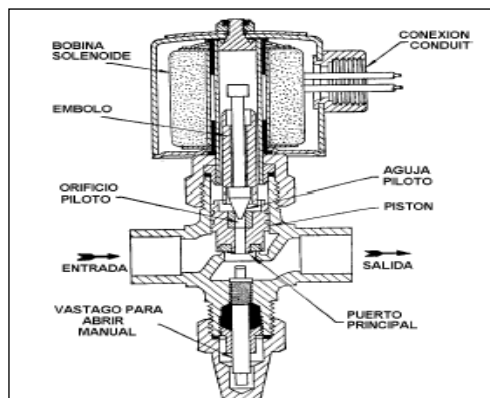
Figura 10. Válvula solenoide de acción directa



Válvula solenoide operadas por pilotos. Las válvulas de solenoide operadas por piloto se basan en una combinación de la bobina solenoide, descrita anteriormente, y la presión de la línea o tubería. En este tipo de válvulas, el émbolo está unido a un vástago de aguja, que a su vez cubre un orificio piloto en vez del puerto principal.

En la Figura 11 se aprecia, a modo de ejemplo, una válvula de solenoide operada por piloto, normalmente cerrada, de dos vías con pistón flotante.

Figura 11. Válvula solenoide operada por piloto



4.8 CONTACTORES

4.8.1. Contactor electromecánico

El contactor electromagnético es un aparato mecánico de conexión controlado mediante electroimán y con funcionamiento todo o nada, cuando la bobina del electroimán esta bajo tensión, el contactarse cierra, estableciendo a través de los polos un circuito entre la red de alimentación y el receptor.

El desplazamiento de la parte móvil del electroimán que arrastra las partes móviles de los polos y de los contactos auxiliares o, en determinado casos, del dispositivo de control de estos, puede ser:

- Rotativa girando sobre un eje,
- Lineal, deslizándose en paralelo a las partes fijas
- Una combinación de ambos.

Cuando se interrumpe la alimentación de la bobina, el circuito magnético se desmagnetiza y el contactor se abre por efecto de:

- Los resortes de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.
- La fuerza de gravedad, en determinados aparatos (las partes móviles recuperan su posición de partida).

El contactor ofrece numerosas ventajas, entre las que destacan la posibilidad de:

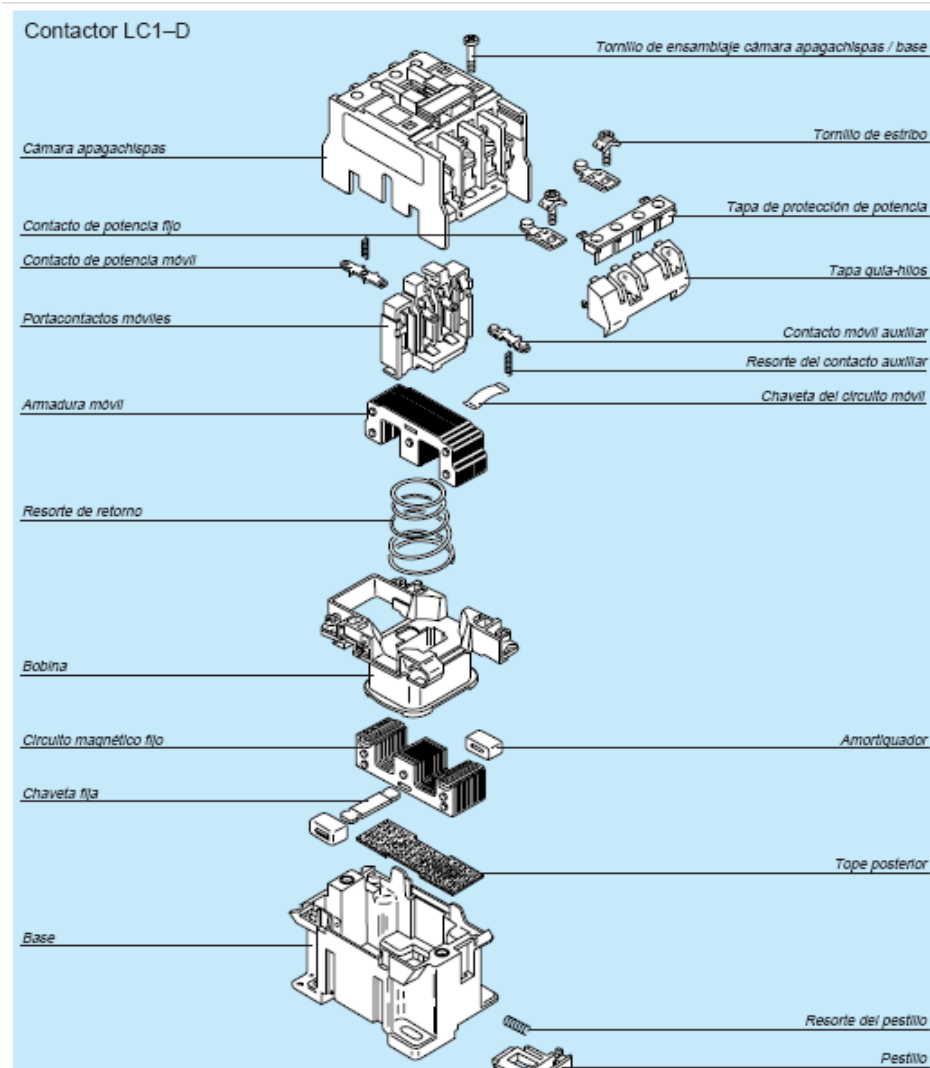
- Interrumpir las corrientes monofásicas o polifásicas elevadas accionando un auxiliar de mando recorrido por una corriente de baja intensidad.

- Funcionar tanto en servicios intermitentes como en continuo.
- Controlar a distancia de forma manual o automática, utilizando hilos de sección pequeña o acortando significativamente los cables de potencia´
- Aumentar los puestos de control y situarlos cerca del operario.

A estas características hay que añadir que el contactor:

- Es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados.
- Se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina).
- Garantiza la seguridad del personal contra arranques inesperados en caso de interrupción de corriente momentánea (mediante pulsadores de control).
- Facilita la distribución de los puestos de los paros de emergencia y de los puestos esclavos, impidiendo que la maquina se ponga en marcha sin que se haya tomado todas las precauciones necesarias.
- Protege el receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).
- Puede incluirse en equipos de automatismos sencillos o complejos.

Figura 12. Diagrama esquemático de las partes de un contactor



4.8.2. Partes del contactor:

Carcasa: Es el soporte fabricado en material no conductor, con un alto grado de rigidez y rigidez al calor, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores del contactor.

Electroimán: Es el elemento motor del contactor. Está compuesto por una serie de elementos cuya finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando un campo magnético muy intenso, el cual a su vez producirá un movimiento mecánico.

Bobina: Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado y un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético.

El flujo magnético produce un electromagnético, superior al par Resistente de los muelles (resortes) que separan la armadura del núcleo, De manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente.

Cuando una bobina se energiza con A.C la intensidad absorbida por esta, Denominada corriente de llamada, es relativamente elevada, debido a que en el circuito prácticamente solo se tiene la resistencia del conductor.

Esta corriente elevada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo puede atraer a la armadura, a pesar del gran Entrehierro y la resistencia mecánica del resorte o muelle que los mantiene separados en estado de reposo.

Una vez que se cierra el circuito magnético, al juntarse el núcleo con la armadura, aumenta la impedancia de la bobina, de tal manera que la corriente de llamada se reduce considerablemente, obteniendo de esta manera una corriente de mantenimiento o trabajo mucho más baja.

Núcleo: Es una parte metálica, de material ferro magnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la Carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

Armadura: Elemento móvil, cuya construcción se parece a la del núcleo, pero sin espiras de sombra, Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que en este estado de reposo debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina entre hierro o cota de llamada.

Las características del muelle permiten que, tanto el cierre como la apertura del circuito magnético, se realizan en forma muy rápida (solo unos 10 milisegundos). Cuando el par resistente del muelle es mayor que el par electromagnético, el núcleo no lograra atraer la armadura o lo hará con mucha dificultad. Por el contrario, si el par resistente del muelle es demasiado débil, la separación de la armadura no se producirá con la rapidez necesaria.

Contactos: Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente, en el circuito de potencia y en circuito de mando, tan pronto se energice la bobina, por lo que se denominan contactos instantáneos. Todo contacto está compuesto por tres elementos: dos partes fijas ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura, para establecer o interrumpir el de la corriente entre las partes fijas. El contacto móvil lleva un resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.

Contactos principales: Su función específica es establecer o interrumpir el circuito principal, permitiendo o no que la corriente se transporte desde la red a la carga.

Contactos auxiliares: Contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente a las bobinas de los contactares o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas.

4.8.3. Criterios para la selección de un contactor

Para elegir el contactor que más se ajusta a nuestras necesidades, se debe tener en cuenta los siguientes criterios: Tipo de corriente, tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia. Potencia nominal de la carga. Condiciones de servicio: ligera, normal, dura, extrema.

Existen maniobras que modifican la corriente de arranque y de corte. Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita. Para trabajos silenciosos o con frecuencias de maniobra muy altas es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido. Por la categoría de empleo

4.8.4. Ventajas en el uso de los contactores

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos y por los cuales es recomendable su utilización. Automatización en el arranque y paro de motores.

Posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobra o estaciones. Se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas. Seguridad del personal, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, y las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeños.

Control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, mediante la ayuda de los aparatos auxiliares de mando, como interruptores de posición, detectores inductivos, presóstatos, temporizadores, etc.

4.9 TEMPORIZADORES

Un temporizador es un aparato mediante el cual, podemos regular la conexión o desconexión de un circuito eléctrico pasado un tiempo desde que se le dio dicha orden.

El temporizador es un tipo de relee auxiliar, con la diferencia sobre estos, que sus contactos no cambian de posición instantánea mente, los temporizadores se pueden clasificar en:

Figura 13. Clasificación de los temporizadores



4.9.1. CLASES DE TEMPORIZADOS

- Térmicos
- Neumáticos
- De motor síncrono
- Electrónicos.

Los temporizadores pueden trabajar a la conexión o a la desconexión.

- A la conexión: cuando el temporizador recibe tensión y pasa un tiempo hasta que conmuta los contactos.

- A la desconexión: cuando el temporizador deja de recibir tensión al cabo de un tiempo conmuta lo contactos.

A continuación describimos el funcionamiento de algunos tipos de temporizadores:

4.9.2 Temporizadores a la conexión.

Es un relé cuyo contacto de salida conectada después de un cierto retardo a partir del instante de conexión de los bornes de su bobina. A1 y a2, a la red. El tiempo de retardo es ajustable mediante un potenciómetro o regulador frontal del aparato si es electrónico. También se le puede regular mediante un potenciómetro remoto que permita el mando a distancia; este potenciómetro se conecta a los bornes con las letras z1 y z2 y no pueden aplicarse a los relees de los contactos.

4.9.3 Temporizador a la desconexión.

Es un relé cuyo contacto de salida conecta instantáneamente al aplicar la tensión de alimentación en los borne a1 y a2 de la bobina, al quedar sin alimentación, el rele permanece conector durante el tiempo ajustado por el potenciómetro frontal o remoto, desconectándose al final de dicho tiempo...

4.9.4 Temporizadores térmicos

Los temporizadores térmicos actúan por calentamiento de una lámina bimetálica, el tiempo viene determinado por el curvado de la lámina.

Constan de un transformador cuyo primario se conecta a la red, pero el secundario, que tiene pocas espiras y está conectado en Seri con la lamina bimetálica, siempre tiene que estar en corto circuito para producir el calentamiento de dicha lamina, por lo que cuando realiza la temporización se tiene que desconectar el primario y deje de funcionar .

Figura 14. Temporizador térmico



4.9.5. Temporizadores neumáticos

El funcionamiento del temporizador neumático está basado en la acción de un fuelle que se comprime al ser accionado por el electroimán del rele.

Al tender el fuelle a ocupar su posición de reposo la hace lentamente, ya que el aire ha de entrar pequeño orificio, que al variar de tamaño cambia el tiempo de recuperación del fuelle y por lo tanto la temporización

4.9.6. Temporizadores electrónicos.

El principio básico de este tipo de temporizador, es la carga o descarga de un condensador mediante una resistencia. Por lo general se emplean condensadores electrónicos, siempre que su resistencia de aislamiento sea mayor que la resistencia de carga: en caso contrario el condensador se descargaría a través de su insuficiente resistencia de aislamiento.

Figura 15. Temporizador electrónico



4.10 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

La bomba utilizada en este diseño es la multi-etapa alimentación calderas “agua caliente”

Diseño: Multi-etapa, horizontal, carcasa partida radialmente, rodets radiales cerrados, succion axial o radial, descarga radial y sello mecánico del eje o prensa estopa montado sobre casquillo.

Aplicación: Alimentación de caldera en plantas de energía e industriales, y otras aplicaciones industriales

Las bombas están en un sistema de tuberías para convertir energía mecánica (suministrada por un mecanismo impulsor) en energía hidráulica. Esta energía adicional permite transmitir un fluido de un lugar a otro cuando no es factible que fluya por gravedad, elevarlo a cierta altura sobre la bomba o recircularlo en un sistema cerrado. En general, el efecto de una bomba en un sistema es incrementar la energía total en una cantidad H.

4.10.1. Efecto de una bomba en el sistema.

Se suelen encontrar bombas en muchos proyectos tales como abastecimiento de agua, trabajos de disposición de aguas residuales, sistemas de enfriamiento y juegan además un papel muy importante en la extracción de agua de lugares de construcción.

El tipo de unidad impulsora más común para una bomba es el motor eléctrico. Si la bomba y el motor están unidos, la velocidad de rotación de la bomba está determinada por la energía sincrónica del motor eléctrico. La relación entre la velocidad sincrónica n en rev/min, la frecuencia de la corriente suministrada f en Hz y el número de pares de polos p en el motor, está dada por

$$n = \frac{60f}{p} \quad (8)$$

En algunas ocasiones en instalaciones grandes, se incluyen dispositivos para regular la velocidad de la bomba a un valor no sincrónico para lograr mayor eficiencia.

4.10.2. Definición de la cabeza de la bomba

La energía proporcionada por una bomba a un sistema se expresa como la cabeza equivalente del líquido que está siendo bombeado y se conoce como la cabeza total de la bomba. La cabeza total es la diferencia entre la cabeza de energía total a la salida y la cabeza de energía total a la entrada. Por ejemplo, para la figura 1 se tiene

$$H = \left(\frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} \right) + \left(\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \right) \quad (9)$$

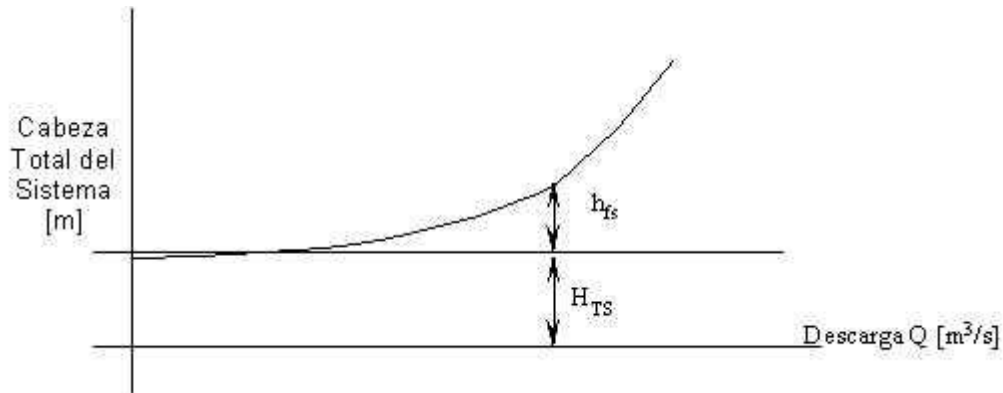
Si la diferencia entre las cabezas de velocidad a la entrada y la salida es despreciada,

$$H = \frac{P_2}{\rho g} - \frac{P_1}{\rho g} \quad (10)$$

4.10.3. Resistencia del sistema

Antes de escoger una bomba para una tarea determinada, es de gran utilidad representar la cabeza del sistema en una curva de resistencia del sistema. Dicha curva se obtiene sumando la cabeza estática total (H_{TS}) y la cabeza total de fricción ($h_{fs} + h_{fd}$) para cierto rango de descargas (Q). Los resultados se presentan de forma gráfica en la figura 16.

Figura 16. Curva de resistencia del sistema



Si se utiliza una ecuación de fricción en tuberías de la forma $h_f = kQ^2$, la curva de resistencia es parabólica. Esta curva puede ser usada conjuntamente con las características de funcionamiento de la bomba para determinar las condiciones de operación.

4.10.4. Tipos de bombas

Todos los tipos de bombas pueden ser clasificados en dos categorías principales: las bombas rotodinámicas y las bombas de desplazamiento positivo.

Bombas rotodinámicas: Constan de un elemento rotor o rodete el cual imparte velocidad al fluido generando presión. Pueden ser centrífugas, de flujo axial, de flujo mixto y multietapas

Bombas centrífugas: Llamadas así dado que la cabeza de presión es generada por acción centrífuga. El rodete está formado por una serie de aspas curvas ubicadas en ambos lados de los platos. El flujo entra a la bomba a través del centro u ojo del rodete y el fluido gana energía a medida que las paletas del rodete lo transportan hacia afuera en dirección radial.

La voluta generalmente tiene forma de caracol para generar un incremento gradual en el área de flujo de tal manera que la energía cinética a la salida del rodete se convierte en cabeza de presión a la salida.

Bombas multietapas: Son el resultado de colocar varias bombas centrífugas idénticas en serie. Cada rodete imparte la misma cabeza al líquido y la cabeza total generada es proporcional al número de rodetes. Se utiliza un montaje vertical para bombear agua de pozos profundos.

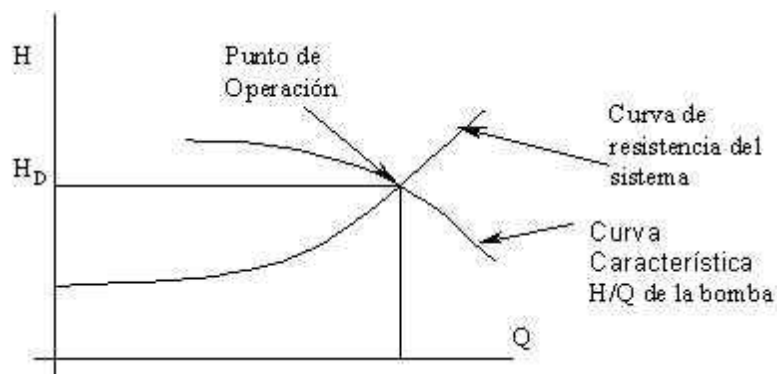
Bombas de flujo axial: El líquido entra en dirección axial y la fuerza centrífuga no juega ningún papel en la generación de la cabeza. El movimiento helicoidal impartido por el rodete al fluido es contrarrestado por los álabes fijos y la descarga se encuentra nuevamente en la dirección axial.

Bombas de flujo mezclado: Este tipo de bombas ha sido desarrollado para realizar actividades que se encuentran entre el alcance de las bombas centrífugas y el de las de flujo axial; por consiguiente, el flujo es en parte radial y en parte axial. Para evitar problemas de cavitación con las bombas de flujo axial y de flujo mezclado se deben tomar muchas precauciones en el diseño del pozo de succión y en la localización del rodete con respecto al nivel del agua. La apariencia de una bomba de flujo mezclado es muy similar a la de una bomba axial.

4.10.5. Punto de operación

El punto de operación es el punto de intersección de la curva de resistencia del sistema y la curva característica cabeza/descarga (H/Q) de la bomba, graficadas en el mismo sistema de coordenadas H Vs. Q como se muestra en la figura 17.

Figura 17. Punto de operación de una bomba



No siempre es posible ajustar el sistema a una bomba disponible de tal manera que el punto de operación coincida con el de mayor eficiencia. Las casas manufactureras de bombas suministran diagramas que indican el rango adecuado de operaciones para cada bomba.

4.11 Controladores MAXTHERMO

4.11.1. Control de temperatura. El controlador de temperatura es un dispositivo mediante el cual puedo regular la temperatura de algún sistema físico tal como una pieza de algún material cualquiera o un recinto, etc. para un fin determinado.

Figura 18. Controlador Maxthermo MC 5438



Fuente: http://www.tcrsoluciones.com.mx/productos_maxthermo_digital_5438.html

Tabla 1. Especificaciones de un Maxthermo MC 5438

PV entrada	Tipo de entrada	TC (J,K,T,R,E,S,B,N)
		RTD (PT100, JPT100)
		Lineal (1- 5v, 4 – 20 mA)
	Tiempo de muestreo de entrada	300 ms
Indicación	Indicación PV/SV	4 dígitos
	Sistema de almacenaje de valor constante	Memoria permanente (E ² prom)
Modo de control	Banda proporcional (p)	0.0 - 3000
	Tiempo integral (i)	0 - 3600
	Tiempo derivativo (d)	0 - 900
	Tiempo de ciclo	0 - 150
	Zona muerta	0.0 – 200.0
	Relé de salida	Contacto, SPDT

Salidas		3A/240VAC
	Voltaje de salida	Pulso de voltaje
	Salida lineal	4 – 20 mA, 1–5v
	Salida de control de motor	Válvula de motor de lazo abierto
Alarma	Canal	3 canales (opcional)
Comunicación	Tipo de comunicación	Rs-232, Rs-485
Especificaciones generales	Tensión de alimentación y frecuencia	AC 90-260v, 50/60Hz
	Consumo de energía	< 3.5va
	Temperatura ambiente	-10°c - 55 °c
	Humedad ambiente	0 – 80% Rh

Fuente: http://www.termaltecservicios.com/sigetes/pdf/mc5x38manual_2.pdf [12].

El software de comunicación implementado tiene las siguientes características:

- Conexión de hasta 30 controladores en el bus RS485.
- Visualización del valor de proceso y del punto de control.
- Gráfica en tiempo real de los controles conectados al bus.
- Configuración de parámetros en ambas familias.
- Registro de datos de proceso no modificables.
- Niveles de alarma.
- Recetas (Sólo para la familia MC5X).
- Base de datos para productos.
- Contraseñas para protección.
- Configuración del ambiente de trabajo.

5. METODOLOGIA

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La época actual se caracteriza por un acelerado ritmo de desarrollo en todos los órdenes, y en especial en la producción de conocimientos que los individuos deben asimilar en un corto período de tiempo; además, la vigencia de estos conocimientos es superada constantemente.

El tipo de investigación realizada para este trabajo, está enfocada en la exploración de todo lo relacionado con el proyecto, modelo de investigación experimental, reproductivo, búsqueda parcial, el polémico y el investigativo.

Mediante los conocimientos obtenidos pasamos a explorar las áreas relacionadas para el diseño, se organizó la información, se lanzaron hipótesis y finalmente se llegan a conclusiones con miras al diseño de calentamiento y protección de bombeo de agua de nivel capaz de integrar todas las expectativas a las que se quería llegar.

5.2 MÉTODO ESCOGIDO

En este proyecto se realizó un análisis detallado y amplio sobre el comportamiento y funcionamiento de cada uno de los componentes y su función dentro de las etapas que conforman el proyecto.

Primero que todo se investigo acerca del calentamiento manual y automático de tanques de almacenamiento de agua, buscando lograr un desarrollo positivo con la automatización industrial, logrando resultados positivos en el rendimiento de productividad en la industria de subproductos cárnicos no aptos para el consumo humano.

5.3 APORTES DEL PROYECTO

5.3.1 Aporte científico. científicamente el proyecto aporta al desarrollo de la que es llamada automatización industrial y a los sistemas de seguridad y calidad para esta compañía, los cuales son trascendentales en el campo de la industria, además deja investigaciones en el campo de control automático, sensoria para una posible aplicación y mejora de procesos y de igual manera rentabilidad para la compañía.

5.3.2 Aporte social. el campo social se entrega a la comunidad un medio que optimizara la vida de las personas ya reducirá gastos económicos y productividad en tiempo real.

5.3.3. Aporte práctico. A nivel práctico, el proyecto aporta un gran aprendizaje durante el proceso de investigación y diseño, al igual que a la capacitación de los integrantes del grupo de trabajo en las áreas aplicadas.

5.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la elaboración de este proyecto fue necesario investigar en textos de control y automatización industrial, revistas y artículos relacionados con el tema.

De todo lo anterior se procedió a seleccionar la información necesaria para la elaboración de cada una de las etapas del proyecto, garantizando así una ruta eficaz para alcanzar el objetivo principal.

Primero se realizó la observación y análisis del sistema manual ya existentes, de esta forma se comprendió más su inmensa importancia en el medio, además de las adecuaciones y mejoras que eran posibles realizarlas.

Se procedió luego a la recopilación bibliográfica relacionada con el proyecto para seleccionarla y asimilarla según su importancia dentro de este.

6. DESARROLLO DEL TRABAJO

6.1 ETAPAS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

Identificar el problema y las necesidades del cliente: En esta etapa se recogen las necesidades del cliente, área de producción y control de calidad, para realizar un posterior estudio de cómo es el proceso actualmente y cuáles son los requisitos que se deben cumplir para no afectar su normal desarrollo. En este estudio se identifica el problema que se tiene actualmente.

Análisis de sistemas: En esta etapa se buscan los elementos de automatización que puedan servir, se selecciona los más importantes como el sensor de nivel, los sensores Termo resistivos, el control eléctrico y una moto bomba

Puesta en marcha: Se realizan pruebas de control y potencia.

Cotización: Después de tener definidos los elementos a utilizar se cotizan estos elementos.

Montaje y puesta a punto del equipo: Por el momento solo se pasa el trabajo como un diseño, se espera que en un futuro no muy lejano AGROSAN S.A implemente este sistema automático en el área de almacenamiento de agua.

6.2 ALCANCE

6.2.1 DEFINICIÓN DEL ALCANCE

Todo proceso de fabricación tiene característica que van dándose forma a medida en que se trabaja en un proyecto, por esto el departamento eléctrico le da una gran importancia a estos proyectos que se denominan en esta empresa conversión industrial.

Este proceso de avance tecnológico incluye capacitación de personal, las especificaciones que deben cumplir en el proceso y el procedimiento que deben seguir.

El sinóptico de fabricación muestra un resumen de tal secuencia y el orden que se debe llevar dependiendo del producto, en este caso, de la conexión y el manejo que se le dé al calentamiento del agua.

El diseño de calentamiento y control debe cumplir con unos requisitos dados por el personal del departamento de calidad y mantenimiento eléctrico de acuerdo a la necesidad y aplicaciones que se le puedan dar.

Para la Agropecuaria San Fernando (AGROSAN S.A) es muy significativo poder contar con un sistema automático en el tanque de almacenamiento de agua

6.2.2. DEFINICIÓN DEL COSTO

El diseño de control y protección de bombeo de agua se realizará como parte del aprendizaje exigido por La Institución y en retribución a la empresa por los beneficios en el período laborado.

En la elaboración de este diseño se contó con la asesoría de un ingeniero en automatización y control, el asesor de grados y el conocimiento de los estudiantes.

6.2.3. Reducción de costos por mano de obra. Un operario de lavado de vehículos y de canecas tiene un básico mensual de 700.000 (setecientos mil pesos mensuales) Para un valor de hora trabajado de 2.916 pesos.

En el día debe estar pendiente el operario de él que el tanque no se quede sin agua y que su calentamiento sea el requerido para poder trabajar, este debe estar como mínimo 2 horas por turno, esto nos dice que en el mes serian como mínimo 180 horas ahorradas con el diseño del controlador ya que el proceso de calentamiento le toma dos horas de trabajo al operario para una reducción en costos de 524.880 pesos (quinientos veinte cuatro mil ochocientos ochenta pesos). Lo cual quiere decir que en el año se ahorrarían 6.298.560 (seis millones doscientos noventa y ocho mil quinientos sesenta pesos)

6.2.4 Reducción en accidentes. La reducción de costos en los accidentes no se puede calcular, pero si se puede garantizar que la vulnerabilidad en riesgos de quemaduras bajara en un gran porcentaje con este diseño. Ya que el operario no tendrá que manipular válvulas de vapor.

Se tuvo la inquietud de cómo evitar el tiempo que pierden los operarios en el momento de realizar procesos de calentamiento de agua y como evitar los datos erróneos en el momento de calcular el contenido de la misma en el tanque, hacer labores como manipular válvulas de entrada de vapor, salida de condensados, estar verificando en un termómetro de carátula la temperatura del tanque para evitar que no sobrepase la temperatura ideal.

Todo esto es lo que nos brindará este sistema automático de calentamiento ya que nos permite tener un mejor desempeño en los procesos y en las exigencias del mercado actual.

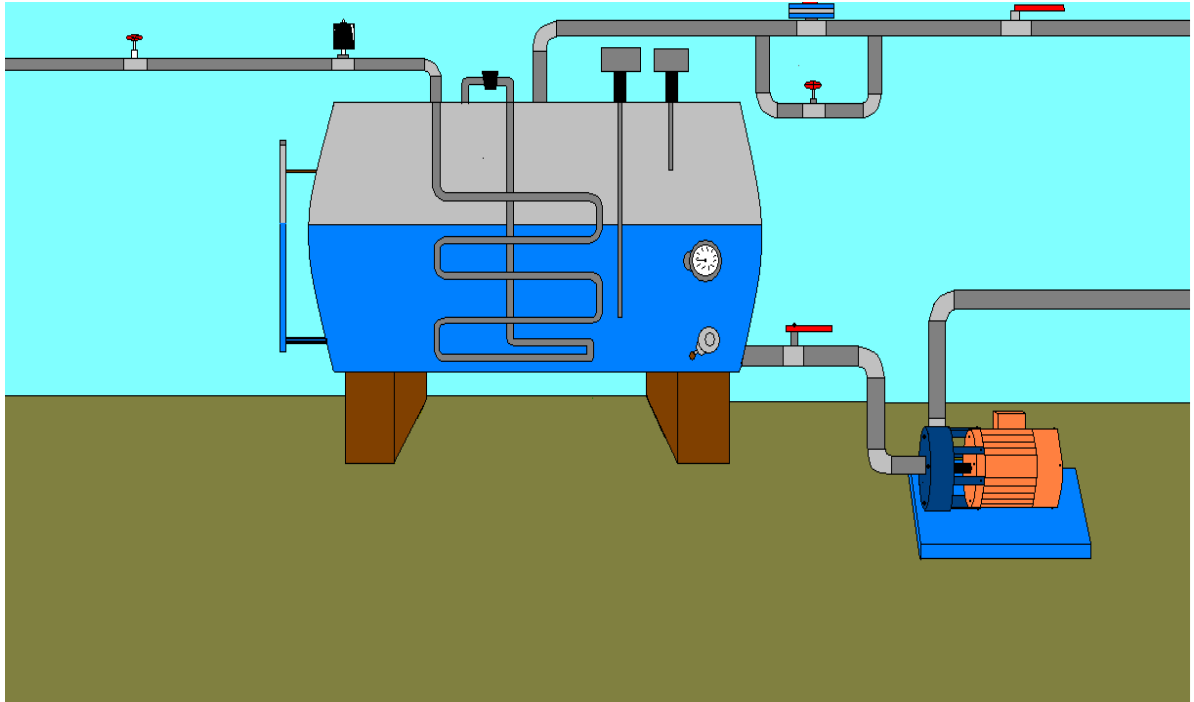
Este diseño está compuesto por un sistema de control automático conformado por instrumentos, diseñados para esta aplicación, el cual está compuesto por sensores de temperatura tipo electrodo (pt100) cuya señal es medida en ohmios y leída por el controlador de temperatura (controlador Maxthermo) el cual indica el estado de la temperatura de forma digital.

También contiene sensores de nivel alto y bajo controlados por electrodos warrick los cuales son los que determinan la entrada de agua al tanque por medio de una electroválvula neumática y controlan el suministro de agua a través de la bomba esto nos indica que si hay nivel alto la bomba está en funcionamiento y si esta en nivel bajo automáticamente la bomba se apaga siendo este un sistema de protección de bombeo y así garantizar de que este siempre tenga agua y evitar que la bomba trabaje en seco ocasionando un daño en ella.

6.2.5. Diagrama esquemático

Como podemos observar el diagrama nos indica constantemente el contenido de material en el tanque.

Figura 18. Diagrama esquemático de operación



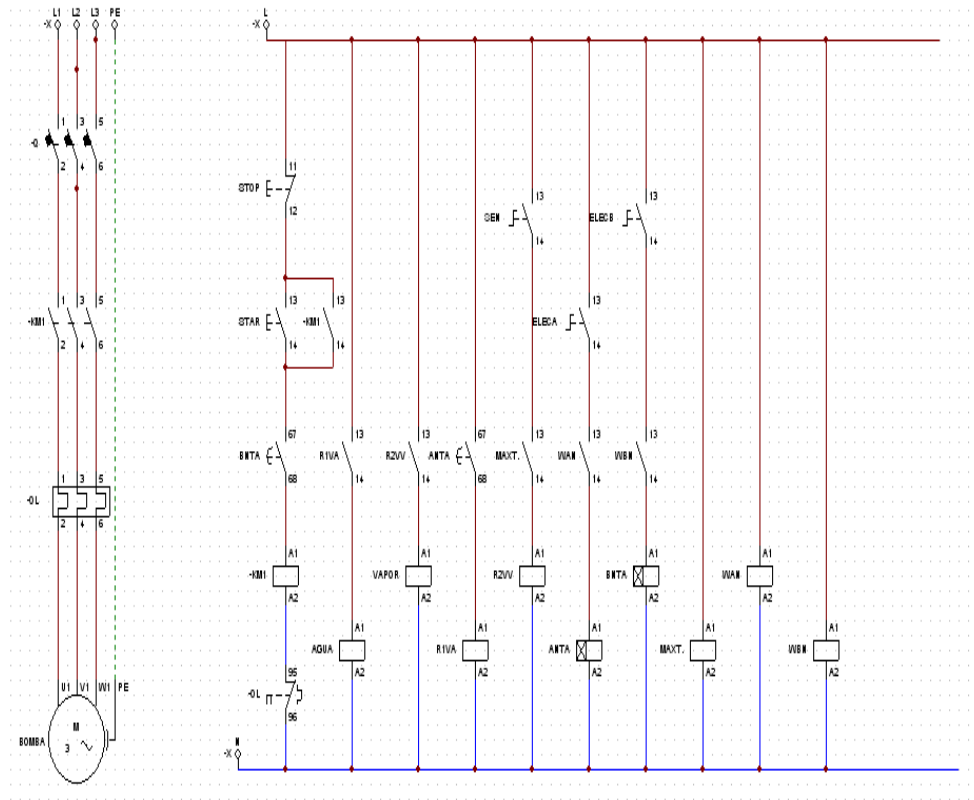
6.2.6 Características de funcionamiento

El sistema de calentamiento manual de un tanque de almacenamiento de agua consiste en:

- Un tanque de aproximadamente 8800 litros,
- Una válvula de compuerta de 1", que va instalada en la entrada del tanque; que es la que el operario manipula para graduar el flujo de vapor al interior del tanque y poder alcanzar la temperatura ideal del agua..
- Un termómetro de caratula en grados Celsius o centígrados, que indicará la temperatura del agua.
- Una válvula de alimentación de agua de 1 pulgada, de bola manual.

6.3. Diagrama de control de potencia

Figura 19. Circuito de potencia



6.3.1 Diseño del sistema de control

Para medir y controlar las variables del proceso primero debe definir que variables se desean controlar.

Variables a controlar:

Nivel de agua: Se desea controlar el nivel de agua para garantizar que se encuentre en los valores recomendados por las especificaciones del proceso. Lo ideal es garantizar que siempre se encuentre disponible agua en el tanque para garantizar el fluido en el proceso.

Temperatura del agua: El agua debe tener una temperatura de aproximadamente 80 grados centígrados. El calentamiento se hará por medio de un serpentín de vapor inmerso en el tanque con la capacidad calórica suficiente para transferir las calorías a la superficie del serpentín y calentar el agua por conducción y convección.

Funcionamiento del sistema de medición y control:

En la alimentación del tanque se instalara una electroválvula para que sea accionada cuando se requiera llenar el tanque.

Cuando se alcanza el nivel máximo de agua el sistema de control desenergiza la electroválvula y deja de ingresar agua al tanque por la tubería de alimentación.

En el tanque se instala un sensor RTD para medir la temperatura del agua. La señal de la RTD es acondicionada por un transmisor de temperatura que enviara la señal de 4 a 20 mA al controlador electrónico.

El control electrónico estará programado para controlar una válvula de control instalada en la entrada de vapor al serpentín.

Los parámetros del controlador se obtendrán una vez el sistema sea implementado, por medio del autoajuste del controlador.

La función del controlador es garantizar que en todo momento la temperatura del agua, siempre sea de 80 grados centígrados, independientemente a la cantidad de agua que se encuentre almacenada en el tanque.

Cuando el nivel cae a un nivel mínimo el sistema de control apaga la bomba de distribución de agua y energiza la electroválvula de alimentación para llenar el tanque.

Instrumentos de medición y control:

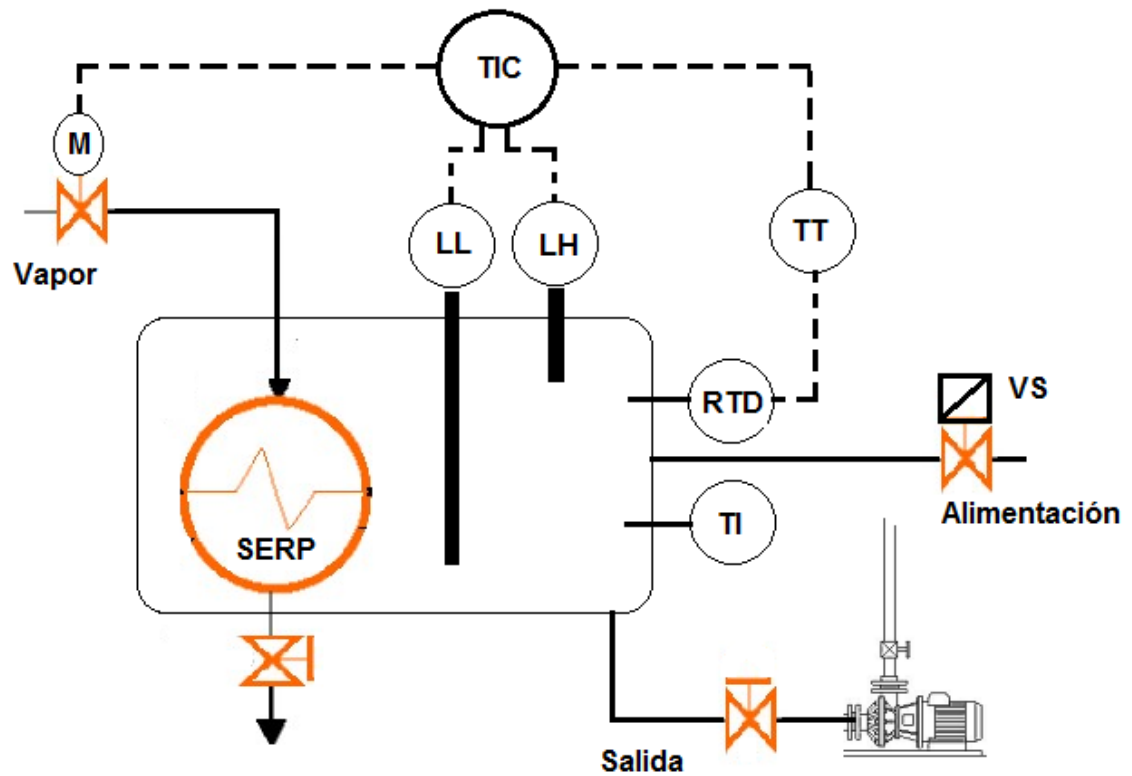
- Sensor RTD y Transmisor electrónico de temperatura con rango de 0 a 200 grados centígrados.
- Electroválvula de pulgada y actuador de 110 Voltios AC
- Controlador electrónico con autoajuste, con una entrada análoga de 4 a 20 mA, una salida análoga de 4 a 20 mA, 4 entradas digitales a 24 Voltios DC y dos salidas por relé.
- Válvula de control electrónica de dos pulgadas para vapor isoporcentual con actuador de 4 a 20 mA.
- Sensores de nivel electromecánicos para nivel bajo y para nivel alto.

Las especificaciones de estos instrumentos se encuentran en los anexos de este trabajo.

6.4 Diagrama de Instrumentación

En la figura 20 se muestra el diagrama de instrumentación del sistema de control.

Figura 20. Diagrama de instrumentación



M: Actuador de la válvula de control electrónica

TIC: Controlador indicador de temperatura

LL: Sensor de nivel bajo

LH: Sensor de nivel alto

TT: Transmisor de temperatura

RTD: Sensor de temperatura

TI: Indicador de temperatura

VS: Electroválvula

SERP: Serpentín de vapor

7. RECURSOS

7.1 HUMANOS

Un tecnólogo en mecatrónica y dos asesores de trabajo de grado. Ingeniero de campo y docente del tecnológico Pascual Bravo.

7.2 TECNICOS

Tabla 2. Recursos técnicos

ITEM	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
SENSOR DE NIVEL	2,00	1.312.500	2.625.000
VALVULAS CON ACTUADOR NEUMATICO	1,00	2.300.000	2.300.000
Pt 100	1,00	116.000	232.000
CABLE RJ	30,00	4.200	126.000
BORNERAS PORTAFUSIBLE	2	5000	10.000
BORNERAS DE CONEXIÓN	15	2000	30.000
TUBERÍA ELÉCTRICA	50,00	2.000,00	100.000
VÁLVULA SOLENOIDE	1,00	142.000,00	142.000
		SUBTOTAL	12.019.000
10% IMPREVISTOS	1.201.900	TOTAL	13.220.900

7.3. OTROS RECURSOS DE TRABAJO

Tabla 3. Recursos de trabajo

Artículo	Cantidad	Valor Unid.	Valor Total
Masilla Epoxica	1	4600	4600
Lija N° 120 (en metros)	1	2500	2500
Lámina de 3/16" para soporte superior	1	30000	30000
Triple de 3/8" para soporte inferior	1	4850	4850
Cilindro neumático de 2 1/2" x 38cm	1	350000	350000
Tornillo Bristol de 10 mm x 30mm	4	250	1000
Tuerca de 16mm	2	450	900
Electroválvula 5/2 monoestable	1	185000	185000
Conector curvo de 3/8 NPT a 8mm	2	4500	9000
Conector recto de 1/4 NPT a 8mm	3	4500	13500
Silenciadores para electroválvula (1/4)"	2	12500	25000
Regulador presión de aire	1	45000	45000
Manguera de 8mm para aire en mts.	3	3700	11100
Plancha	1	65000	65000
Corte del material	8	4000	32000
Transporte	4	15000	60000
Otros accesorios	5	10000	50000
Pt 100 de 2 hilos	1	40000	40000
Temporizador	1	90000	90000
Control de temperatura Maxtherm	1	193000	193000

MC 5438			
Cable encauchetado de 3 x12 (en metros)	5	3500	17500
Cable encauchetado de 3 x 16 (en metros)	5	3200	16000
Contactora a 110V	1	37000	37000
Relés 11 pines 110V	3	45000	135000
Luz piloto	2	18000	36000
Pulsador normalmente abierto	1	4500	4500
Pulsador normalmente cerrado	1	4500	4500
Regulador de presión	1	70000	70000
Caja plástica para instrumentación	1	42800	42800
Pintura (en Litros)	1	25000	25000
Aplicación de pintura	2	25000	50000
Valor Hora de Tecnólogo Mecatrónico	120	5800	696000
Valor Hora Diseñador	16	12000	192000
Valor Hora de Mecánico Industrial	30	5000	150000
Valor Hora Electricista	25	5000	125000
TOTAL			\$2.905.850

8. CONCLUSIONES

- Después de estudiar y analizar el proceso de calentamiento del tanque de almacenamiento de agua industrial en AGROSAN S.A se pudo establecer que el paso más importante para el calentamiento uniforme del tanque es tener una temperatura promedio en el tanque y un buen control.
- Con el diseño de un sistema de control de calentamiento de agua y protección de bombeo en un tanque de almacenamiento, se ofrece una aplicación que brindara a AGROSAN S.A soluciones a dichas necesidades, ya que el sistema es realmente confiable debido a la alta calidad y eficiencia, la cual se realiza y se programa por la vía de la automatización, el resultado que adquirimos fue bueno y aceptado debido al esfuerzo en la elaboración de este proyecto,

9. RECOMENDACIONES

- Evaluar nuevamente las especificaciones para determinar nuevamente los instrumentos de medición y control que se requieren.
- Calcular el flujo de vapor y la cantidad de calorías que se requieren para calentar el agua a la temperatura requerida, cuando el tanque está lleno de agua y cuando tiene un nivel mínimo.
- Al implementar el sistema de control ajustar el controlador para las condiciones del proceso y realizar varias pruebas para determinar las condiciones óptimas de operación.

BIBLIOGRAFIA

- "VALVULAS INDUSTRIALES S.A ", se cotizaron algunos precios de las trampas de vapor en stock
- "Curso de Vapor", trampas para vapor. Volumen 2. Figuras varias.
- MERY Domingo. Controladores lógicos programables. Pontificia universidad católica de chile.
- ROMERAL, Luís José. Autómatas Programables.
- PEREZ, Mandado Enrique. Autómatas Programables Entornos y Aplicaciones
- ELECTRÓNICA Y COMPUTADORES No 70. Circuitos integrados y aplicaciones. Pereira : Publicaciones Cekit S.A., 2001. p. 52-53.
- FLOYD, Tomas L. Dispositivos electrónicos. México : Limusa, 2000. 974p.
- HERNÁNDEZ M., Jorge E. Control electrónico de la transmisión automática. En: Revista Electrónica y Computadores. Pereira : Cekit, v.36, 1997. p.35-38.

CIBERGRAFIA

- "Catálogos en línea Armstrong", <http://www.armstrong-intl.com/products/traps>.
- Página web <http://www.actionio.com/products/category.html>
- Página web http://www.intertechnology.com/Tedea_Huntleigh/inde