ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL TÉRMICO PARA LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE FASE A-B-C

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

Andrés Manolo Buenaño Andrade

anbumaan@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. Bolívar Oswaldo Palán Tamayo. Msc

bpalan@epn.edu.ec

Quito, Marzo de 2009

DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL TÉRMICO PARA LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE FASE A-B-C.

Autores

Buenaño Andrade Andrés
anbumaan@hotmail.com
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

Ing. Bolívar Palán Tamayo. Msc
bpalan@epn.edu.ec
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

RESUMEN

El diseño del Sistema de Control Térmico para las unidades de generación de la Central Hidroeléctrica Paute Fase A-B-C, describe la automatización de un sistema de control de temperatura. En este estudio se realiza el análisis de la organización, las características del sistema de generación y se determina los requerimientos de control de temperatura. En la siguiente parte se realiza el diseño del sistema de control, y la selección e instalación de los equipos de automatización: sensores, transmisores y equipos de control, sin dejar de lado las normas de seguridad que se debe cumplir para implementar un sistema de control térmico. Finalmente, se realizó las pruebas de funcionamiento y validación de requerimientos, así como mediciones para probar que la solución es adecuada y funcional en la Central.

INTRODUCCIÓN

En los generadores de energía eléctrica resulta conveniente supervisar la temperatura de cada parte o sistema del generador, con lo cual se garantiza que el proceso de producción de energía no sufra inconvenientes, ya sea con acciones correctivas o medidas drásticas como la salida total del proceso.

Los sistemas de control térmicos industriales garantizan que los niveles de temperatura se encuentren en rangos aceptables dentro de un proceso de producción industrial.

Un sistema de control térmico industrial, obtiene la temperatura desde un medio físico a través de un sensor, esta señal medida, ya sea digital o análoga es interpretada con la ayuda de equipo electrónico, ya sea una PLC (Controlador Lógico Programable) o una RTU (Unidad Terminal Remota), donde el equipo permite disponer de este valor de temperatura en un HMI (Interfaz Hombre-Máquina) o en un SCADA (Control Supervisorio y Adquisición de Datos) para satisfacer nuestros fines.

En la industria los sistemas de control térmico, normalmente utilizan sensores de temperatura tipo RTD-PT100 de tres hilos o termocupla de dos hilos, con la ayuda de transmisores de corriente se estandariza la señal de los sensores de temperatura. Los transmisores de corriente con señales de 4 a 20 mA son los predadores en la industria.

1. PARÁMETROS DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE.

Los generadores de la central hidroeléctrica Paute, tanto en la fase AB como en la Fase C, están divididos en sistemas. Sistemas que se encontraban con equipo ya instalado en condiciones no adecuadas, y sistemas que requería que se instale nuevo equipo de medida. Dentro de los sistemas que se interviene están:

- Regulador
- Transformador Principal
- Sistema de aire en los radiadores
- Sistema de agua de enfriamiento
- Transformadores de excitación
- Transformador de servicios auxiliares
- Turbina Hidráulica

El sistema de control térmico, permitió automatizar cada uno de estos sistemas de las unidades de generación.

2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CONTROL TÉRMICO.

La estructura del sistema de control térmico está compuesta por 4 capas, tal como se muestra en la Figura 2.1.

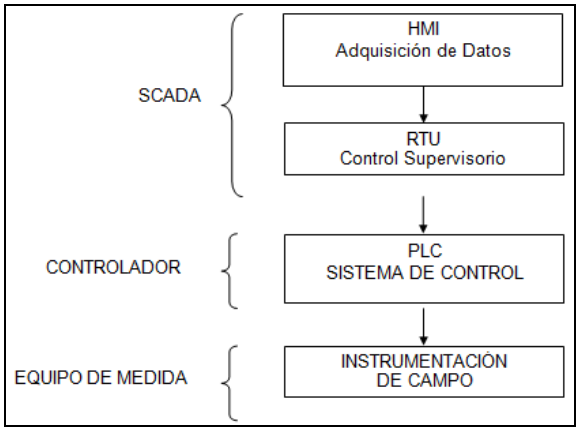

Figura 2.1 Estructura del sistema de Control

La estructura de control en el nivel superior está compuesta por el sistema SCADA, este sistema a través de una red de comunicación monitorea y adquiere información desde la RTU. El tercer nivel esta compuesto por un PLC, que es el encargado de adquirir las medidas de temperatura del cuarto nivel que está compuesto de los instrumentos de campo. Los instrumentos de campo se encargan de medir la temperatura en el medio físico. A su vez el PLC se encarga de enviar los valores de temperatura leídos a la RTU

El sistema de control térmico implementado en la Central Hidroeléctrica Paute tiene como alcance los dos niveles inferiores. Estos niveles corresponden al controlador y al equipo de medida.

3. SISTEMA DE CONTROL TÉRMICO

Este sistema esta compuesto por el equipo de control y de medida.

3.1 Equipo de Control

El equipo de control para el sistema de control térmico esta compuesto por un PLC. Este controlador se encarga tomar los valores de temperatura de los sensores, a través de módulos de entradas análogas. Lo módulos de entradas análogas se pueden configurar para adquirir datos de señales de corriente, voltaje e impedancia.

Este sistema de control se lo implemento con un PLC ABB de la serie AC500, con la CPU PM581, con módulos de entradas análogos configurables (AI523) y módulos de salidas de relé (DX522). La Figura 3.1 muestra el la CPU PM581, con un modulo de 16 de entradas o salidas digitales configurables.

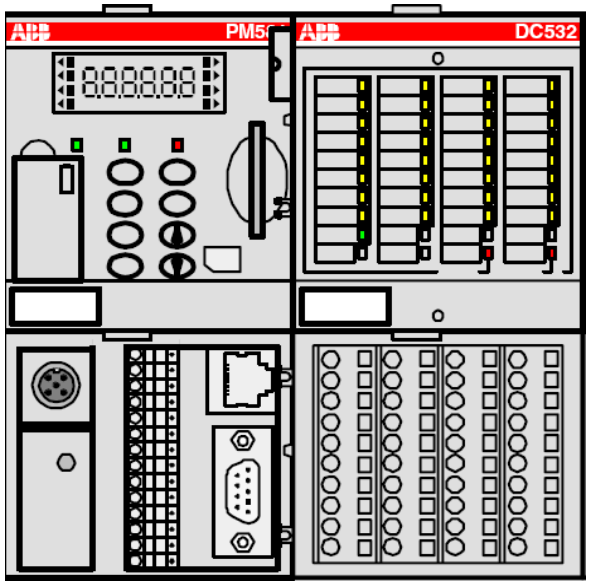

Figura 3.1 AC50

3.1.1 Programa principal de control

La lógica del programa principal de control se basa en el diagrama de flujo de la Figura 3.2.

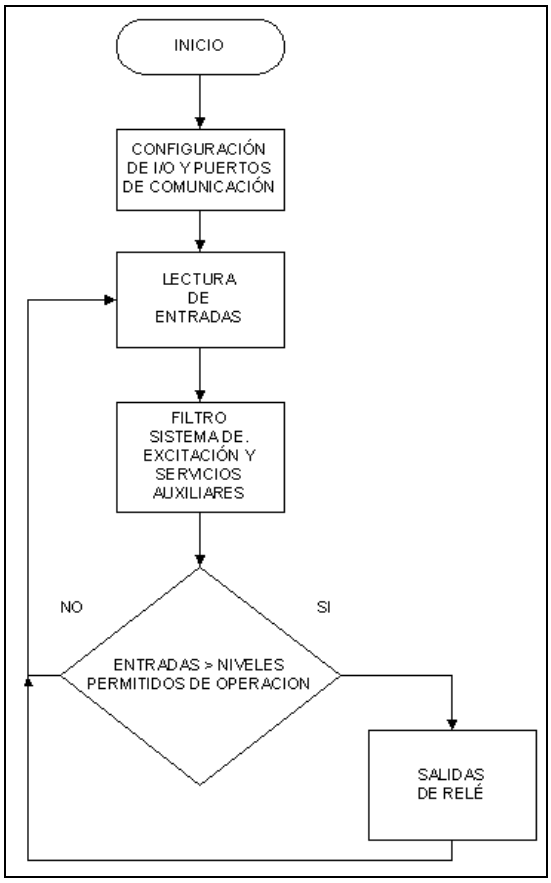

Figura 3.2 Diagrama de Flujo del Programa principal del sistema de control.

Donde el programa principal inicia configurando los módulos de entrada y salida, lee los datos aplicando un filtro digital al sistema de excitación y servicios auxiliares, luego los valores leídos son comparados con límites de de temperatura previamente cargados en el PLC, y de acuerdo a la comparación activa las salidas de relé o continua con el programa principal de manera cíclica.

La Figura 3.3 indica una de las pantallas del programa principal de control implementado en el CoDeSys.

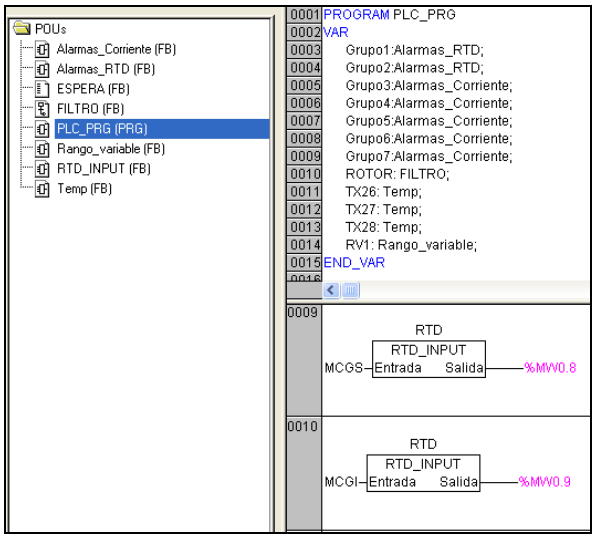

Figura 3.3 Programa principal de control.

3.1.2 Interrupción de envio de datos

El diagrama de flujo de la Figura 3.4 indica la subrutina de interrupción, este un pequeña subrutina es parte del programa del sistema de control térmico, y se encarga de enviar los datos léidos por el PLC a la RTU ubicada en el generador eléctrico. Los datos son enviados a través del protocolo MODBUS, via RS-485.

Figura 3.4 Subrutina de envió de datos.

3.2 Sensores de temperatura

En este sistema se empleó sensores de temperatura. El sensor de temperatura está compuesto por una RTD como el elemento de medida y un transmisor de corriente que estandariza convirtiéndola en una señal industrial.

3.2.1 Sensor con transmisores de corriente

El transmisor de corriente es un elemento análogo genera una fuente de corriente constante de transmisión independientemente de la carga que se le ponga a la fuente. La Figura 3.5 muestra la representación de un transmisor de 2 hilos

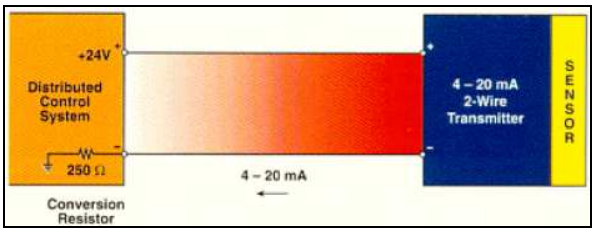

Figura 3.5 Transmisor de corriente.

Estos sensores tienen como elemento de medida a una RTD, el transmisor de corriente convierte esta señal en una señal industrial estandarizada.

Para conectar este tipo de sensores al módulo de entradas análogas del AC500 se utilizo la configuración que muestra la Figura 3.6

Esta configuración ilustra al transmisor de corriente que se encuentra en el punto que se requiere medir la temperatura, a través de cable apantallado es transportada la señal de corriente a la bornera S2, esta bornera se encuentra en el tablero de control del generador eléctrico.

Donde la entrada positiva del transmisor de corriente es alimentada con +24V, mientras que la entrada negativa del transmisor de corriente que se encuentra en la bornera S2 es ingresada a la entrada positiva del módulo de entradas análogas del AC500.

Configurado en el programa principal de control, el canal 1 como entrada de corriente de 4 a 20 mA y realizado esta conexión, los módulos de entradas análogas están en capacidad de leer este tipo de señales.

Se debe tener en cuenta que la tierra de potencia con la tierra de instrumentación para este caso es la misma.

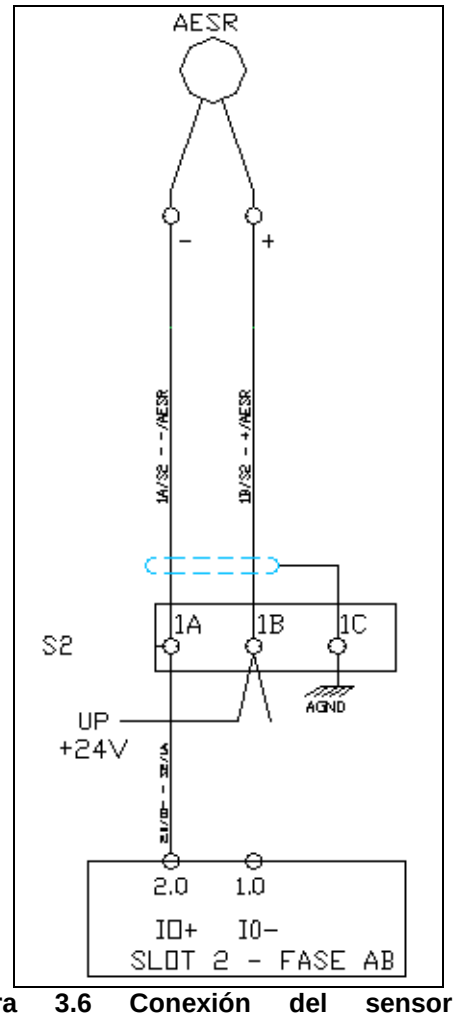

Figura 3.6 Conexión del sensor de temperatura con transmisor de corriente.

3.2.2 Sensor con RTD

Tal como su nombre lo indica una RTD es una resistencia detectora de temperatura, estos elementos de medida son usados para medir temperatura. Este elemento es frágil, por lo que se usualmente se encuentran dentro de un tubo protector o también conocido como termopozo.

Los materiales comunes de las RTDs están compuestos por:

- Platino (este es el más común)
- Níquel
- Cobre
- Tungsteno

Los módulos de entradas análogas del AC500 permiten leer directamente este tipo de señales.

La Figura 3.7 indica la configuración de conexión que se debe realizar para conectar los sensores de temperatura tipo RTD.

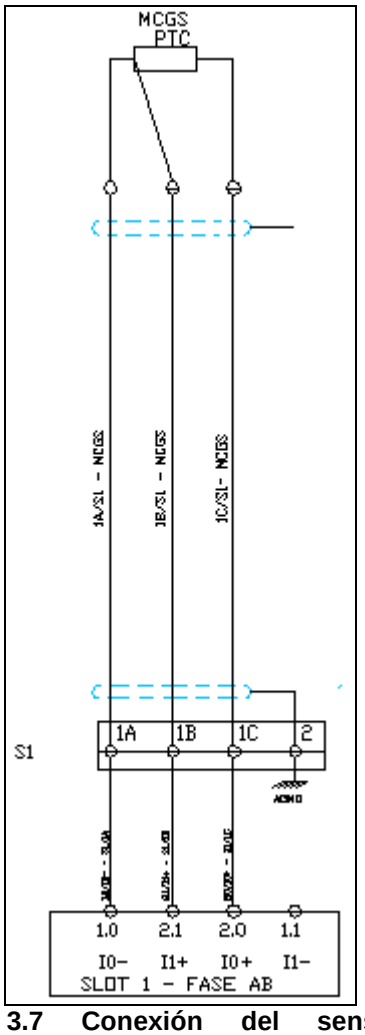

Figura 3.7 Conexión del sensor de temperatura con RTD.

Estos sensores siguen el mismo patrón de conexión, que los transmisores de corriente. La diferencia radica en que estos utilizan dos canales del módulo de entradas análogas.

4. Topología del sistema de control

Descrito lo elementos anteriores, podemos elaborar la topología del sistema de control térmico implementado en la Central Hidroeléctrica Paute-Molino. La Figura 4.1

5. Validación del sistema de control

Implementado el sistema de control térmico con las especificaciones establecidas en los puntos anteriores, se realizo las pruebas de transmisión y validación de datos.

5.1 Prueba de transmisión de datos

Esta prueba se realizo una vez que se implemento el sistema de control térmico. El método utilizado para comprobar la transmisión

de datos, fue leer los datos que la RTU recibe desde el AC500 con una PC portátil conectada al puerto serial de la RTU. La Figura 5.1 muestra los datos que lee la RTU.

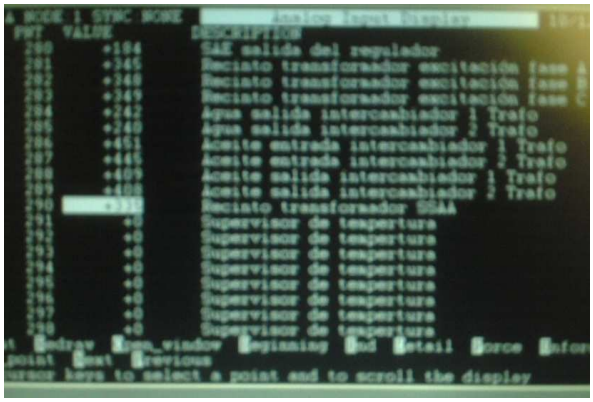

Figura 5.1 Datos leídos por la RTU

5.2 Prueba de validación de los datos

Esta fue la prueba final que se hizo al sistema de control implementado, consistía en comprobar que los valores de temperatura entregados por el sistema de control térmico sean correctos.

La forma de comprobar, fue tomar valores de temperatura que recibió la RTU, e ir a los puntos de control y mediante una termocupla referencia comprobar que el valor leído sea similar al valor indicado en el sistema de control térmico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los sistemas de control térmico hoy en día son de gran utilidad y comunes en la industria, ya que estos permiten monitorear el estado operación de un proceso o una planta. Con lo cual se puede precautelar, administrar y operar de manera automatizada los niveles correctos de temperatura en un proceso.

Es importante conocer las características de la planta, previo a la implementación del sistema de control térmico.

Para desarrollar un sistema de control se debe seguir un estudio metodológico que primero permita estudiar, reconocer las características de los elementos a ser automatizados, y determinar los requerimientos del sistema. Sin este estudio no es recomendable, ni aconsejable desarrollar un sistema de control térmico.

Determinado las características de los puntos de control, se procede a realizar el diseño del sistema supervisorio de temperatura cumpliendo con los requerimientos establecidos para cada punto de control.

Se recomienda luego de realizado el diseño del sistema de control térmico para cada Fase, y cumpliendo con los literales anteriores, seleccionar los equipos e instrumentos de medida que requiere el sistema de control para su implementación.

Finalmente se procede a implementar el sistema de control térmico, realizando las respectivas pruebas de validación y transmisión de Datos.

REFERENCIAS

[1] CORRALES, Luis, “Interfaces de Comunicación Industrial”, 2004.

[2] CORRALES, Luis, “Instrumentación Industrial”, 2007.

[3] COUGHLIN, Robert; DRISCOLL, Frederick; Circuitos Integrados Lineales y Amplificadores Operacionales; Segunda edición; editorial Prentice Hall; México; 1996.

[4] Creus, Antonio, Instrumentación Industrial. Séptima Edición, Macrombo S.A., Barcelona, España, 1989.

[5] Pablo Ángulo, “Control Industrial”, Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador.

[6] ABB-Ecuador, Productos de temperatura, transmisores de temperatura de pastilla, ABB. http://www.abb.com.ec/product/es/9AAC100444.aspx?country=EC.

[7] Hidropaute S.A., Información técnica, característica de Casa de Máquinas, Hidropaute S.A. http://www.hidropaute.com/espanol/laempresa/foto2.htm.

[8] OMEGA., Información técnica, RTDs, OMEGA. http://www.omega.com/prodinfo/rtd.html RTD

BIOGRAFÍA

Buenaño Andrade Andrés Manolo.

Nació en Lago Agrio el 6 de Noviembre de 1981. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio Técnico

Fiscomisional “Pacifico Cembranos”. Egreso de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Control en la Escuela Politécnica Nacional, en agosto del 2008.
Áreas de interés: Redes en sistemas Windows y Linux, aplicaciones con microcontroladores, automatización y control industrial.

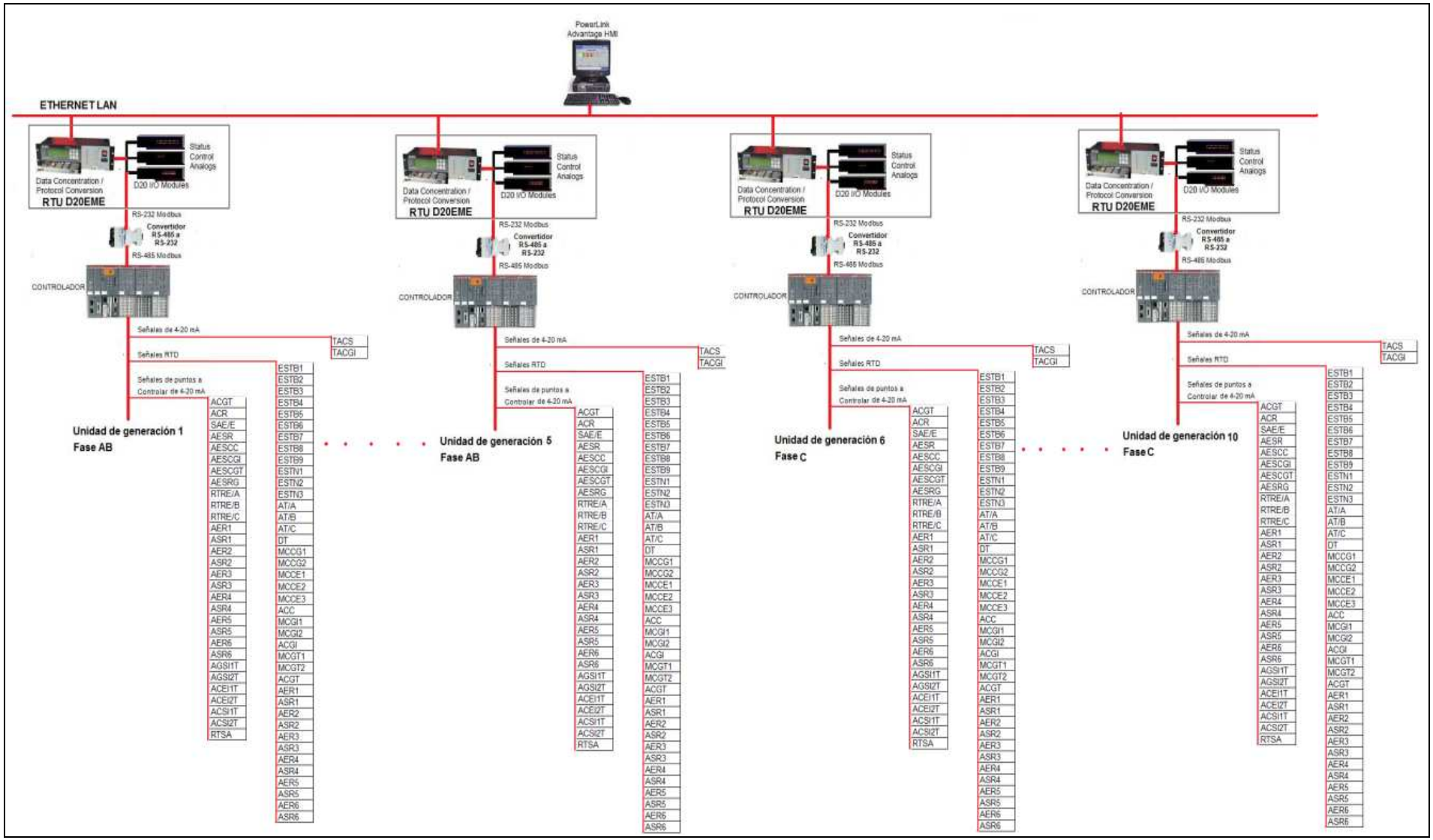

Figura 4.1 Topología del sistema supervisorio de temperatura