

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA PARA EL HORNO DEL PROCESO DE SECADO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE 1500 Y 3000 HP CON SISTEMA “HVAC”, EN LA COMPAÑÍA REPSOL ECUADOR S.A. BLOQUE 16

Chancusig Alex

*Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE
Extensión Latacunga.*

RESUMEN: *El presente proyecto tiene como finalidad el diseño y la implementación del control de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos con sistema “HVAC” (Sistema de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado) en la compañía REPSOL Ecuador S.A. bloque 16, debido a que es importante mantener las condiciones del entorno controladas. El sistema HVAC con sus respectivas partes/elementos como la resistencia calefactora, convertidor de corriente AC/AC (driver de accionamiento de triac’s), el ventilador centrífugo, el motor eléctrico, los conductos de ventilación, el sensor de temperatura, el panel de control y el PLC (Controlador Lógico Programable), los mismos que tiene como principales funciones la de entregar calefacción y ventilación (aire acondicionado). Las resistencias calefactoras gobernadas por un convertidor de corriente AC/AC (driver de accionamiento de triac’s), permite variar la cantidad de tensión que se entrega las resistencias calefactoras para así lograr calentarse e incrementar la temperatura; el ventilador centrífugo en conjunto con el motor permite entregar un respectivo flujo de aire constante para su ventilación; el sensor de temperatura entrega la señal para el funcionamiento de los elementos de control; el PLC, permite la implementación del sistema de control; manipula entradas y salidas a la vez, tiene una memoria programable para el almacenamiento del programa de instrucciones a través de un lenguaje de programación lo que permite realizar operaciones lógicas, aritméticas, secuencias, temporización, conteo e implementar cualquier algoritmo de control y trabajar en conjunto con el Panel de operación para efectuar el control del proceso, visualización y monitoreo.*

Palabras clave: Control de temperatura, Secado de motores eléctricos, Sistema HVAC, Sistemas de aire acondicionado, Sistemas de calefacción.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema HVAC; es un proceso relacionado con la regulación de las condiciones ambientales con propósitos industriales o para hacer más confortable el clima en una zona determinada [1].

Los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire tienen como función principal mantener condiciones de comodidad, temperatura, humedad y calidad de aire adecuadas para generar condiciones de climatización

artificial controladas, dependiendo del tipo de aplicación y uso que se requiera de las instalaciones.

Los sistemas HVAC son útiles ya sea cuando se requiere de un sistema de calefacción para ingresar calor al local, o un sistema de enfriamiento cuando es necesario evacuar el calor local.

La función principal de los sistemas de ventilación es la de mantener en los locales un ambiente que proporcione sensación de comodidad y también en ocasiones, la de proporcionar cierta depresión o sobre presión respecto a los locales adyacentes o al exterior.

El aire se vacía por la pérdida de oxígeno que es consumido en la respiración, en los procesos de combustión, así como por el ácido carbónico y el vapor de agua procedente de la respiración, y por la acumulación de sustancias odorantes y gases perjudiciales.

El aumento de temperatura por el calor cedido por las personas y otros focos de calor, y un desfavorable grado de humedad de ambiente del local, deben ser también corregidos mediante climatización [2].

La finalidad de un sistema HVAC, es proporcionar una corriente de aire, calefacción y enfriamiento adecuado a cada área; manteniendo de forma fiable los valores requeridos de temperatura, humedad y calidad del aire, con independencia de las fluctuaciones en el ambiente, zonas adyacentes o exteriores.

II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

2.1. Especificación de requisitos del sistema

La implementación del control de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos requerirá de la instalación, conexión y configuración de dispositivos de control, instrumentación y visualización entre otros, con la finalidad de integrar un sistema de lazo cerrado que sea capaz de controlar de manera autónoma el proceso, para dicho propósito se utilizará un PLC, el cual recibirá información analógica de la variable del proceso proveniente de un sensor de temperatura, el PLC procesa la información de acuerdo

al modo de control configurado y envía señales de control a un driver de accionamiento de triac's, el mismo que regulará la potencia eléctrica que será entregada hacia las resistencias calefactoras y de este modo mantener control sobre la temperatura del horno.

Además será posible visualizar las variables de proceso y monitorear el sistema de temperatura en una terminal de operador HMI. Adicionalmente a las funciones de control, el PLC debe ser capaz de realizar la gestión de comunicación e intercambio de datos entre la HMI y el PLC.

La interfaz HMI proporcionará monitoreo del proceso de forma permanente, con una interfaz intuitiva y amigable ofreciendo la mayor facilidad al ser manipulada por el operador o usuario.

2.2. Descripción general de los equipos

El diseño e implementación del control de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos de 1500 y 3000 HP con sistema HVAC, se ha realizado un estudio general de todos los equipos y elementos que se van a utilizar en el desarrollo del proyecto, los mismos que se indican a continuación.

2.2.1. Motor A.O.SMITH MOD F48SQ6L36

Motor eléctrico de la compañía Electrical Products Company de construcción semicerrado, ideal para aire acondicionado y funcionamiento continuo, posee auto protección (véase la Figura 1).

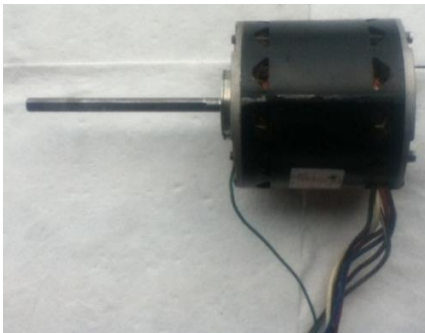


Figura 1. Motor A.O.SMITH Modelo F48SQ6L36

2.2.2. Ventilador centrifugo

Los álabes de este ventilador están curvados hacia adelante, este tipo de ventilador necesita poco espacio, baja velocidad periférica y presenta bajo nivel de ruido (véase la Figura 2).



Figura 2. Ventilador centrifugo de álabes curvados hacia adelante

2.2.3. Banco de resistencias calefactoras

Está formado por 12 resistencias calefactoras de 12 ohmios cada una, alimentadas a 480 V AC trifásico, conectadas en configuración doble estrella (véase la Figura 3).



Figura 3. Banco de resistencias calefactoras

2.2.4. Sensor de temperatura PT100 MINCO AS7

Ideal para áreas peligrosas y explosivas, estable en zonas calificadas inflamables donde la detección de la temperatura es crítico (véase la Figura 4).



Figura 4. PT100 MINCO AS7

2.2.5. PLC LOGO! 12 / 24 RC

LOGO! es el módulo lógico universal de Siemens, ideal para tareas sencillas de automatización industrial y de edificios. Este módulo lógico inteligente destaca por su extraordinaria facilidad de manejo y lo tiene todo en

cuanto a funcionalidades, gracias, entre otras cosas, a su alta capacidad de almacenamiento y su uso eficiente de la memoria. Gracias a sus módulos de ampliación, LOGO! puede gestionar sin problemas incluso instalaciones complejas (véase la Figura 5) [3].



Figura 5. LOGO! 12/24RC

2.2.6. Fuente de poder Logo! Power 24 VDC

LOGO! Power 24 VDC es una fuente de alimentación con control primario para equipos LOGO! TD (véase la Figura 6).



Figura 6. LOGO! Power 24 VDC

Tienen una entrada de rango amplio de 85 a 264 VAC con una salida de 24 VDC y la posibilidad de instalarse en cuadros de distribución pequeños.

Esta fuente es utilizada para suministrar la energía eléctrica al PLC, módulos de expansión y el HMI LOGO! TD [4].

2.2.7. Módulo LOGO! AM 2 RTD

El módulo AM2 RTD soporta la conexión de sensores de temperatura PT100/PT1000. Este módulo permite medir dentro del rango de -50 a 200°C (véase la Figura 7).



Figura 7. Módulo LOGO! AM 2 RTD

Puede conectar al módulo una termorresistencia Pt100 alternativamente con técnica de conexión a 2 ó 3 hilos.

2.2.8. Módulo LOGO! AM2 AQ

LOGO! ofrece la posibilidad de conectar 2 señales analógicas de salida, en lazo de tensión (0..10 V) o corriente (0 / 4 ... 20 mA). De este modo podemos emitir una señal para el manejo de equipos que requieren este tipo de señal (véase la Figura 8).



Figura 8. LOGO! AM2 AQ

2.2.9. Visualizador de texto LOGO! TD

LOGO! permite conectar un display de texto adicional perfectamente adaptado a las necesidades como se observa en la Figura 9. Se conecta directamente sin necesidad de un módulo de comunicación.



Figura 9. Visualizador de texto LOGO! TD

Para conectarlo, no hace falta tener un módulo de comunicaciones. Un detalle sobresaliente: la configuración se realiza con el mismo bloque de función que el del visualizador interno. El operador mismo decide si un aviso ha de aparecer en el visualizador interno o en el externo, o en ambos a la vez.

De esta manera, los avisos pertinentes al control pueden presentarse en el visualizador, mientras que las informaciones relativas al servicio técnico aparecerán solamente en el armario eléctrico. Desde luego que la retroiluminación de ambos indicadores se puede apagar desde el programa, o también conectar en servicio permanente [5].

2.2.10. Driver de accionamiento de triac's

Es un dispositivo electrónico de potencia, cuya función es la de regular la cantidad de energía que será entregada hacia el elemento final de control, es decir, es un actuador eléctrico (véase la Figura 10).



Figura 10. Driver de accionamiento de triac's

2.3. Comunicación entre PLC LOGO! y el visualizador de texto LOGO! TD

La comunicación entre estos dos dispositivos tiene lugar físicamente a través de una conexión RS-485 de dos hilos con supresión del eco como se muestra en la Figura 11.



Figura 11. Diagrama esquemático de comunicación PLC con HMI

La dimensión del cable de comunicación que trae la TD LOGO! es de 2 metros pero si es necesario se lo puede aumentar hasta 10 metros mediante la conexión de un DB 9 macho-hembra como se indica en la Figura 12 [6].

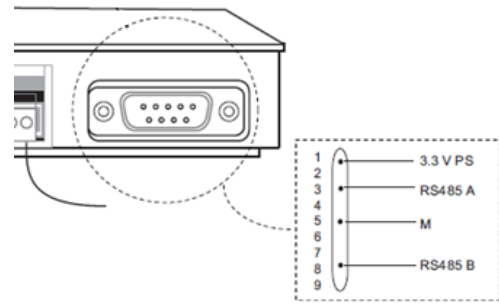


Figura 12. Conexión interfaz de comunicación RS-485

El HMI de LOGO! puede ser conectado en las versiones superiores a los controladores LOGO! 0BA6, ya que estas versiones traen incorporado una entrada propia para la comunicación RS-485 necesaria para realizar la interfaz con el HMI TD, además, este elemento de visualización requiere de una alimentación externa de 12/24 VDC la que es suministrada por la fuente de poder LOGO! Power [7].

Los diagramas de conexión del HMI TD LOGO! hacia el controlador se indican en la Figura 13.

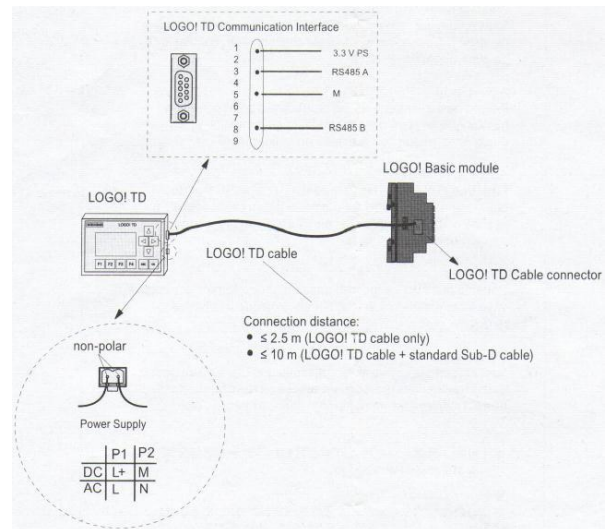


Figura 13. Diagrama de conexión de HMI TD LOGO!

2.4. Diagrama de bloques y P&ID del sistema

2.4.1. Diagrama de bloques

La Figura 14 muestra el diagrama de bloques del sistema de control de temperatura del horno para el secado de motores eléctricos, funcionando en lazo cerrado.

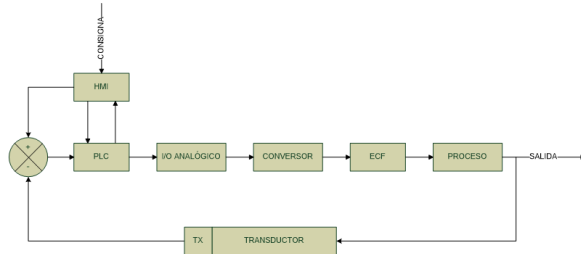


Figura 14. Diagrama de bloques del sistema en lazo cerrado

- **HMI.** Hace referencia a la Interfaz Humano Máquina (LOGO! TD), a través de la cual el usuario podrá establecer el valor de consigna deseado (set point), monitorear las variables del proceso, entre otras.
- **PLC.** Representa la Unidad de Control de Lógica Programable, LOGO! 12/24 RC, elemento primordial del sistema, encargado de realizar las funciones de control de lazo cerrado y gestionar las comunicaciones con la HMI.
- **I/O ANALÓGICO.** Es un módulo de expansión de señales de entradas y salidas analógicas, mismo que proporciona un vínculo de comunicación de las señales de campo desde y hacia el PLC, para que pueda acceder a la información de las variables del sistema.
- **CONVERSION.** Representado por un módulo de accionamiento de triac's, que controla la cantidad de potencia entregada hacia el elemento final de control, para dicho propósito emplea un control de fase directo, conocido como conversor AC/AC.
- **ECF.** Elemento de Control Final, constituido por el arreglo de resistencias calefactoras, elementos capaces de alterar el valor de la variable de interés (Variable controlada).
- **PROCESO.** Representa el horno, el lugar donde se desea controlar la temperatura, mediante el empleo de las resistencias calefactoras.
- **TRANSDUCTOR.** RTD PT 100, dispositivo que permite la medición de una variable física, puesto que transforma la energía calórica en energía eléctrica (variación de resistencia eléctrica).
- **TX.** Es la representación de un Transmisor, instrumento que capta la variable del proceso y la transmite a distancia mediante una señal estándar de corriente para que pueda ser entendida por un controlador, indicador, registrador, etc.

2.4.2. Diagrama P&ID.

La Figura 15 muestra el Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID) del control de temperatura para el horno del proceso.

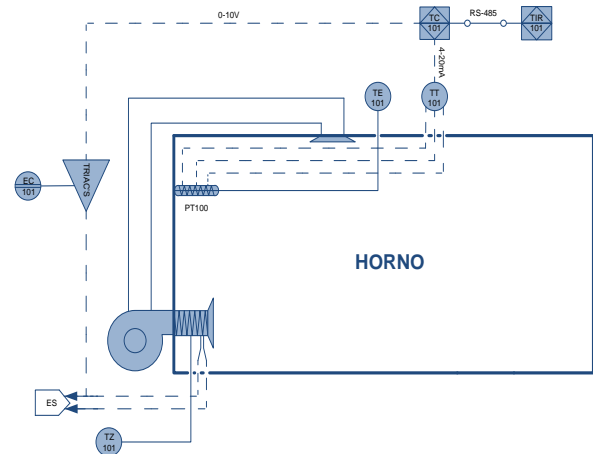


Figura 15. Diagrama P&ID del proceso

- **HORNO.** Cuenta con unas resistencias calefactoras, el cual ha sido adecuado internamente, para poder ser accionado con una tensión proporcional a la señal de control del PLC. Además ventilador centrífugo accionado por un motor que proporciona un flujo de aire caliente en el interior del horno.
- **ES.** Alimentación de energía eléctrica de corriente alterna de 220 VCA, para alimentar los elementos de potencia que lo constituyen tanto las niquelinas, como el accionamiento de triac's.
- **TE - 101.** Elemento primario de medición de temperatura, constituido por una RTD PT 100 de tres hilos, la cual se ubica en el interior del horno.
- **TT - 101.** Transmisor de temperatura, transmite la información de la temperatura a la que se encuentra hacia el controlador.
- **TC - 101.** Controlador de todo el sistema de temperatura del horno, PLC LOGO! 12/24RC, el mismo que además debe administrar la comunicación con una terminal de operador tipo HMI, este dispositivo se halla ubicado sobre el panel de control.
- **TIR - 101.** Es un registrador indicador de temperatura, conformado por una terminal de operador LOGO! TD, la cual permite ingresar valores de consigna, monitorear las variables del proceso y visualizar registros; de la misma forma se halla ubicado sobre el panel de control, accesible al operador.
- **EC - 101.** Controlador de tensión, lo constituye un driver de accionamiento de triac's de 480VAC trifásico de 50 A, que regula la tensión entregada a las resistencias calefactoras y de manera indirecta la potencia, este equipo se encuentra ubicado en la parte posterior al panel de control, en una ubicación secundaria, la misma a la que podría accederse si se necesitara.

- **TZ – 101.** Elemento final de control de temperatura, hace referencia a las resistencias calefactoras acondicionadas del horno, elemento que puede cambiar la magnitud en cuestión dentro del sistema.

2.5. Diagrama de flujo

En la Figura 16 se indica de manera clara y concisa el diagrama de flujo del funcionamiento y las tareas que se ejecutan para lograr el control del sistema de temperatura para el horno del proceso de secado de motores eléctricos.

Inicia con la lectura de las entradas analógicas del proceso, las señales ingresan al controlador donde procesa la información de acuerdo al modo de control configurado que está correctamente sintonizada, además será posible visualizar las variables de proceso y monitorear el sistema de temperatura en una terminal de operador HMI. El controlador envía la señal correctiva hacia las salidas analógicas, esta señal es recibida por el driver de accionamiento de triac's, el mismo que regulará la potencia eléctrica que será entregada hacia las resistencias calefactoras y de este modo mantener control sobre la temperatura del horno. El sensor de temperatura obtiene la medición de la variable a controlar del sistema, esta señal es enviada a las entradas analógicas del PLC cerrando así el lazo de control.

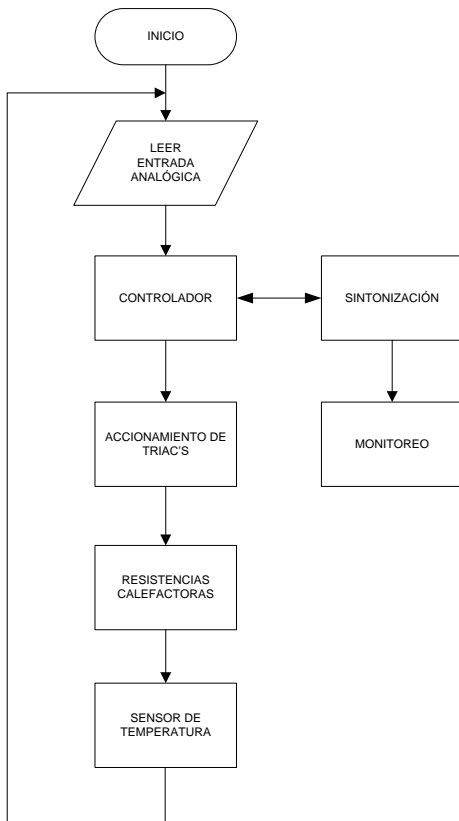


Figura 16. Diagrama de flujo del sistema

2.6. Programación del LOGO! 12/24 RC

El programa LOGO! Soft ofrece una simulación en PC de un LOGO! preparado. Con el software de programación los programas de conmutación se pueden elaborar, ensayar, modificar, archivar e imprimir directamente en el PC (véase la Figura 17). Esta elaboración offline del programa de conmutación aumenta muy notablemente la facilidad de manejo del LOGO!, para lo que la pantalla refleja una imagen del equipo a programar. Los programas pueden transferirse entonces entre el PC y el LOGO! [8].

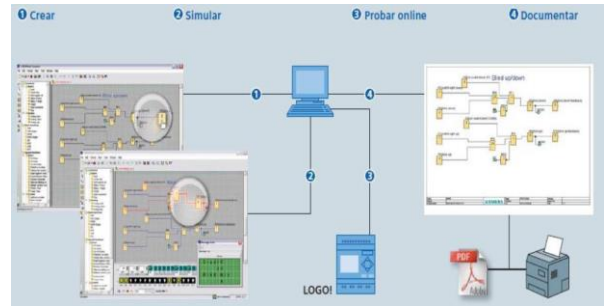


Figura 17. Esquema general de programación LOGO! Soft Comfort

2.6.1. Software de programación LOGO! Soft Comfort

Con LOGO!Soft Comfort pueden elaborarse los programas de conmutación de forma más eficiente, confortable y clara. La elaboración del programa tiene lugar colocando los elementos de programación libremente en una plataforma de programa y uniéndolos entre sí (véase la Figura 18).



Figura 18. Software de programación LOGO! Soft Comfort

En particular facilitan la labor del usuario, entre otras cosas, la simulación offline del programa, que posibilita la indicación simultánea del estado de varias funciones especiales, así como la documentación con calidad profesional de los programas de conmutación elaborados.

Con el software dispondrá, entre otras, de las siguientes funciones:

- Elaboración offline gráfica de su programa como diagrama de escalones (esquema de contacto/esquema de corriente) o como diagrama de bloque de funciones (esquema de funciones).
- Simulación de su programa en el ordenador.
- Generación e impresión de un esquema general del programa.
- Almacenamiento de datos del programa en el disco duro o en otro soporte.
- Comparación de programas.
- Parametrización cómoda de los bloques.
- Transferencia del programa.
 - de LOGO! al PC
 - del PC a LOGO!
- Lectura del contador de horas de funcionamiento.
- Ajuste de la hora.
- Ajuste de horario de verano e invierno.
- Test online: indicación de estados y valores actuales de LOGO! en el modo RUN:
 - Estados de todas las entradas y salidas digitales, marcas, bits de registro de desplazamiento y teclas de cursor.
 - Valores de todas las entradas y salidas analógicas y marcas.
 - Resultados de todos los bloques.
 - Valores actuales (incluidos tiempos) de bloques seleccionados.
- Detención de la ejecución del programa desde el PC (STOP) [9].

III. RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1. Descripción física del sistema

El sistema que se muestra en la Figura 19 consta de varios materiales, dispositivos e instrumentos para llevar a cabo el control del proceso de temperatura del horno.



Figura 19. Horno para el secado de motores eléctricos

3.2. Pruebas experimentales al sistema

Una vez que se disponga de todo el sistema ensamblado, interconectado, configurado y programado de forma correcta, se procede a realizar todas las pruebas necesarias e indispensables a cada una de las partes del sistema y a todos los dispositivos en conjunto.

Dentro de las pruebas, se debe comprobar la señal del sensor de temperatura Pt 100 sean correctas, conforme la variación de la resistencia eléctrica con el cambio de temperatura, así también la adquisición de la señal por medio del módulo LOGO! AM2 RTD y que sea indicada en el visualizador de textos LOGO! TD, además de las señales que emite el LOGO! 12 / 24 RC hacia los distintos dispositivos asociados.

Sensor de temperatura PT100 MINCO AS7. Para realizar esta prueba se necesita un óhmetro, se conecta los terminales del sensor al óhmetro y se mide la variación de la resistencia eléctrica al cambio de temperatura que es sometido el sensor.

La respuesta del sensor es muy adecuada y de acuerdo a la tabla de relación temperatura vs resistencia que ofrece el fabricante, considerando que los cambios de temperatura son relativamente lentos.

PLC LOGO! 12 / 24 RC, Módulo LOGO! AM2 RTD, Visualizador de texto LOGO! TD y Módulo LOGO! AM2 AQ. Para éste análisis es importante realizarlo de manera conjunta a los tres componentes de acuerdo a su funcionamiento, debido a que la señal proveniente del sensor de temperatura es adquirida por el módulo LOGO! AM2 RTD y enviada hacia el LOGO! 12 / 24 RC, el mismo que procesa la información para realizar las funciones de control y enviar la información del proceso hacia el display LOGO! TD para poder ser visualizada por el usuario.

Además existe flujo de datos en sentido contrario a través del LOGO! TD, el usuario ingresa el valor de consigna o set point y el tiempo de funcionamiento, los cuales son observados en el HMI y son enviados al PLC para procesar la información y generar una señal de control y enviar al módulo de salidas analógicas LOGO! AM2 AQ, generando una señal de 0 a 10 V DC.

Driver de accionamiento de triac's. Éste dispositivo electrónico de potencia es controlado de forma automática con una señal de control generada por el LOGO! 12 / 24 RC en conjunto con el módulo de salidas analógicas LOGO! AM2 AQ, para realizar la comprobación de su funcionamiento nos ayudamos de un osciloscopio, observando la forma de onda en la carga conectada, el driver de accionamiento de triac's inicia su conducción de energía eléctrica para valores de voltaje poco superiores a 0 V DC y de forma proporcional hasta llegar a 10 V DC con una forma de onda sinusoidal completa de 480 V AC.

3.3. Pruebas termográficas del horno de secado de motores eléctricos

La termografía es una técnica empleada para la medición de la temperatura superficial de los objetos a distancia y sin contacto. Para ello, los sensores empleados son capaces de captar la radiación infrarroja que emite cualquier objeto cuya temperatura esté por encima del cero absoluto. Esta radiación térmica está situada entre los 500 y 14.000 nanómetros del espectro electromagnético. Existen varias formas de tomar el valor de temperatura de un objeto mediante técnicas termográficas, siendo los más comunes los pirómetros, que proporcionan una medida puntual del objeto, y las cámaras termográficas, mucho más versátiles, y que proporcionan una imagen de la temperatura de la escena [10].

Para realizar las pruebas termográficas del horno se ha utilizado la cámara termográfica Fluke Ti32-11030393, el cual brinda información muy detallada como histograma, información general de la imagen y los marcadores de la imagen.

Las pruebas se realizaron con el fin de comprobar que no existan fugas de temperatura hacia el exterior, además de identificar los puntos calientes del horno (véase la Figura 20).

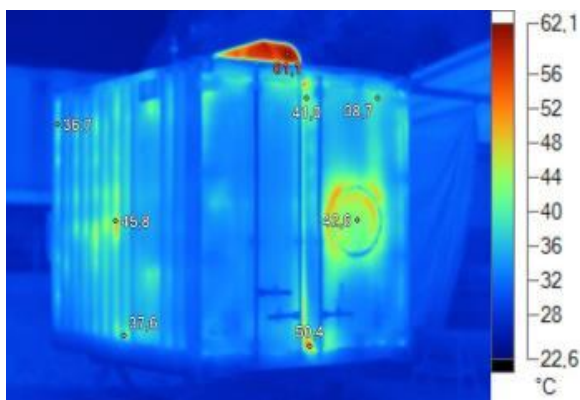


Figura 20. Imagen termográfica del horno

IV. CONCLUSIONES

- Mediante el diseño e implementación del control de temperatura para el horno secador de motores eléctricos con sistema "HVAC" se logró optimizar el tiempo del proceso de secado consiguiendo su

perfecto desempeño, además brindando monitoreo y control de forma eficiente.

- Se realizó la selección de los equipos e instrumentos de control que mejor se adapten a las necesidades y condiciones operacionales del sistema "HVAC" para cumplir con el proceso de secado de los motores eléctricos.
- El diseño del tablero de control se realizó tomando en cuenta las normas eléctricas NFPA (An International Standards-Making Organization) lo cual permitió optimizar el espacio y brindar garantías para un buen funcionamiento, de igual forma se tomó en consideración los requerimientos del usuario para que el tablero sea muy versátil.
- La interconexión de todos los equipos y elementos que conforman el sistema "HVAC" en el horno del proceso fueron realizadas bajo estrictas normas de seguridad, debido a que el horno se encuentra en un ambiente explosivo por ubicarse en el patio de generación de energía junto a la turbina de generación a gas.
- El programa para el PLC Logo! se diseñó en base al funcionamiento lógico del horno para controlar y monitorear los dispositivos y variables del proceso de calefacción, además brinda las seguridades tanto para el equipo y para el operador presentando avisos de alarma y de fallos bloqueando así el funcionamiento del proceso.
- Se determinó en base a las pruebas realizadas que el tiempo de secado de los motores eléctricos se redujo de 168 horas a 12 horas lo cual permite optimizar el tiempo en el proceso de mantenimiento, conjuntamente se obtuvo excelentes resultados en el secado de los motores eléctricos de 1500 y 300 HP como en motores eléctricos de menor capacidad logrando así la multifuncionalidad del horno.

V. REFERENCIAS

- [1] J. E. G. Moreno, «<http://repositorio.espe.edu.ec/>,» Octubre 2002. Recuperado el 20 de Diciembre de 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3575/1/T-ESPEL-0067.pdf>.
- [2] P. G. C. Arroyo y D. M. Vega Aguirre, «<http://www.bibliotecasdelecuador.com/cobuec/>,» Junio 2006. Recuperado el 27 de Diciembre de 2014 [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/196/1/CD-0201.pdf>.
- [3] L. K. L. Criado, «repository.upbbga.edu.co,» Enero 2011. Recuperado el 3 de Enero de 2015 [En línea]. Available: http://repository.upbbga.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1286/1/digital_20462.pdf.
- [4] M. Hill, «<http://www.mcgraw-hill.es/>,» 2013. Recuperado el 10 de Enero de 2015 [En línea]. Available: <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>.
- [5] J. A. R. Hernández, «<http://azul.bnct.ipn.mx/>,» Mayo 2006. Recuperado el 17 de Enero de 2015 [En línea]. Available:

[http://azul.bnct.ipn.mx/tesis/repositorio/912_2006_ESI
ME-
ZAC_MAESTRIA_romero_hernandez_josealfredo.pdf](http://azul.bnct.ipn.mx/tesis/repositorio/912_2006_ESI_ME-ZAC_MAESTRIA_romero_hernandez_josealfredo.pdf)

- [6] A. M. C. Sambache y M. C. Sandoval Córdor, «<http://bibdigital.epn.edu.ec/>,» Abril 2010. Recuperado el 24 de Enero de 2015 [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2019/1/C-D-2847.pdf>.
- [7] G. R. E. Calderón y B. P. Remache Vinueza, «<http://bibdigital.epn.edu.ec/>,» Febrero 2011. Recuperado el 31 de Enero de 2015 [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3742/1/C-D-3439.pdf>.
- [8] S. J. N. Acurio, «<http://repositorio.espe.edu.ec/>,» Octubre 2011. Recuperado el 7 de Febrero de 2015 [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5006/1/T-ESPEL-0858.pdf>.
- [9] J. J. V. Sanjuán, «<http://www.utm.mx/>,» Agosto 2007. Recuperado el 14 de Febrero de 2015 [En línea]. Available: http://www.utm.mx/~jvasquez/parte1_08.pdf.
- [10] H. A. M. Díaz, «<http://www.liceus.com/>,» Mayo 2003. Recuperado el 21 de Febrero de 2015 [En línea]. Available: <http://www.liceus.com/cgi-bin/ac/pu/AutomatizacionMedioambiental.pdf>.



Alex Chancusig. Nació en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi - Ecuador. Sus estudios primarios lo realizó en la escuela fiscal Simón Bolívar, sus estudios secundarios los realizó en el la Unidad Educativa Particular Técnica Hermano Miguel ubicado en la ciudad de Latacunga en donde obtuvo su título de bachiller en Ciencias y Auxiliar en Manejo de Equipos de Cómputo 2008.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga - Ecuador.