Diseño Del Control De Combustión Para Una Caldera Pirotubular, Utilizando El Controlador Hibrido HC900 Honeywell, Visualizado Por Medio Del Software Plantscape Vista R400.

Wendy Naranjo Rosales, Wilmer Naranjo Rosales
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación.
Escuela Superior Politécnica del Litoral. (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 via Perimetral.
Apartado 09-01-5863 Guayaquil- Ecuador
wnaranjo@fiec.espol.edu.ec

Resumen

El presente estudio es basado en el control de combustión de calderas, se ha desarrollado un diseño de automatización de una parte del proceso como es el sistema de control de combustión, utilizado para la producción de vapor en el campo industrial. En el parque industrial ecuatoriano la mayoría de industrias no tiene automatizado este proceso, muchas utilizan un sistema mecánico para controlar y regular la modulación de dampers de aire y de combustible.
El objetivo principal es independizar los actuadores aire, combustible, y reducir el consumo de combustible durante la combustión.
En la implementación del proceso control de combustión, se utiliza instrumentación industrial con señal de salida de 4-20 mA como transmisores de presión, transmisores de flujo, sonda de oxigeno, transmisores de temperatura, y actuadores eléctricos.
Para la automatización se utilizo el Controlador Hibrido HC900 de Honeywell el cual posee los puertos RS485 y Ethernet, en el primero se conecta un programador de seguridad de llama, el cual envía la información sobre el encendido del quemador de la caldera, por el Ethernet se conecta al computador para la visualización del proceso a través del programa de supervisión y adquisición de datos Vista Plantscape R400 de Honeywell.

***Palabras Claves**: Control de Combustión, Automatización, PLC (Controlador Lógico Programable) SCADA (Supervisory Control and Data adquisition).*

Abstract

The present study is based in the combustion controls in boilers, has been developed an automation design, for a part of the process, as the system of combustion controls, used for the steam production in the field industrial.
In the Ecuadorian industrial park the most industries there are not automated this process, many use a mechanical system for control and regulate the air damper modulation and fuel, the main object is free the air and fuel actuator and reduce the fuel consumption of the combustion.
For the implementation of the control combustion, is used industrial instrumentation with signal 4-20 mA as pressure transmitters, flow transmitters, oxygen analyzer, temperature transmitter, and electrical actuators.
In the automation is used the Hybrid Controller HC900 Honeywell, this have the ports rs485 and Ethernet, in the first is connect a flame safety control, this send the information about the ignition of the burner of the boiler. By Ethernet port is connect the computer for the supervisory of the process by the software of the supervisions and acquisitions of information Vista Plantscape R400.

***Keywords:** Combustions control, Automation, PLC (Program Logic Controller), SCADA (Supervisory control and Data acquisition).*

1.-Introducción.

Con el avance de tecnología y de los sistemas de control, las plantas industriales buscan mejorar sus procesos, la producción de vapor es uno de los más importantes.

Se ha diseñado un sistema para el monitoreo y control del aire y combustible, donde se visualizan las principales señales que intervienen en este proceso como presión de vapor, producción de vapor, consumo de combustible, consumo de agua, porcentaje de oxigeno y temperatura en la chimenea.

Para el control del encendido del quemador se utiliza un programador de seguridad de llama el cual se conecta a través de la red RS485 al Plc, a través de Ethernet al scada para la visualización de las señales como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Comunicación del Sistema

2. Calderas.

Son maquinas diseñadas para obtener energía térmica, convirtiendo el agua a vapor a través de un proceso de combustión, utilizando combustible sólido, liquido o gaseoso. El objetivo principal de las calderas es obtener el máximo calor de los procesos de combustión.

Las calderas pirotubulares son aquellas en las que los gases de combustión pasan por el interior de tubos, sumergidos en agua, los gases al atravesar los tubos ceden su calor al agua, a la cual se le transfiere el calor.

La principal característica es que la llama de la combustión, se forma dentro del hogar cilíndrico, los humos generados pasan por el interior de los tubos. Para finalmente ser conducidos a la chimenea de evacuación, los gases de la combustión se enfrían a medida que circula por los tubos, transfirieren el calor al agua.

El vapor generado a través de la transferencia de calor a presión constante circula hacia el sistema de distribución, el cual se conforma por un conjunto de válvulas y tuberías aisladas, para finalmente distribuir el vapor a las unidades de trabajo.

Las calderas son un factor muy importante en el campo industrial, debido a la demanda de muchos procesos industriales, los cuales necesitan grandes cantidades de vapor o agua caliente, donde el calor es transformado a energía utilizable, y ser utilizado en procesos. El vapor y agua caliente generados por las calderas tiene algunas aplicaciones en industrias como las siguientes:

- Embotelladoras
- Industria alimenticia
- Plantas textiles
- Industria de cartón/papel
- Procesadoras de plásticos
- Plantas de industria química
- Industria Petrolera
- Generadores de Electricidad.

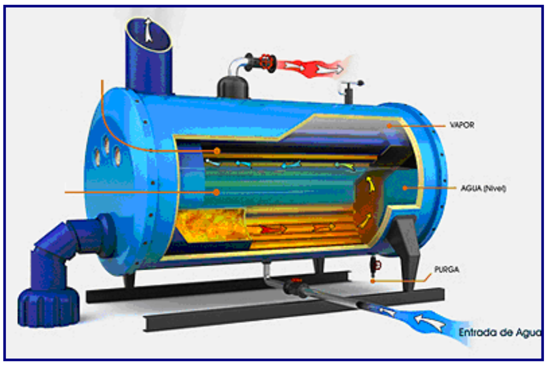

Figura 2. Principales componentes de las calderas.

La figura 1.2 muestra en la caldera los componentes que intervienen en la combustión y producción de vapor.

3. Anterior control de Combustion.

La forma del control de modulación de la combustión que utilizan algunas calderas es un sistema mecánico, la apertura y modulación del aire y combustible es mediante levas moduladoras, siendo difícil obtener una buena exactitud, información del rendimiento del equipo, datos en línea, etc.

El varillaje abre proporcionalmente al mismo tiempo la leva de combustible y el damper de aire, no lo distribuye en proporciones adecuadas, por lo cual es necesario regular las levas con el objetivo de alcanzar una buena combustión, sin embargo por el desgaste mecánico, se vuelve un trabajo largo y tedioso.

Algunas calderas tienen un limitado nivel de de control automático, en las cuales no se controla la relación aire combustible, el cual es un parámetro importante de monitorear y controlar. Para obtener la buena eficiencia y alta fiabilidad es necesario tener un control de todos los procesos que intervienen en el mismo desde la preparación del combustible, generación de vapor y tratamiento de aguas, seguridad de llama, con el fin de tener un control automático, el mismo que aumenta la seguridad de las calderas.

La instrumentación que utilizan es sencilla con monitoreo local, no tiene retransmisión de datos, como manómetros y termómetros con estos no se puede hacer ningún tipo de control automático, control de lazos, etc.

No posee un sistema de registro histórico de las señales, los operadores deben de ir registrando diariamente los valores de presión de vapor, nivel de agua, etc.

4.- Instrumentación de campo.

En el control de proceso de combustión es necesario controlar el flujo de combustible en proporción adecuada al aire.

Para el control del proceso se utiliza instrumentos de campo que permitan enviar señales análogas de 4-20 mA a un PLC, para que realice control y transmisión de la información a un sistema de adquisición y monitoreo de datos, y de este modo obtener un registro histórico de las señales y las alarmas generadas en el proceso.

Las principales señales que intervienen son las siguientes:

Aire

Figura 3. Transmisor de presión diferencial

Combustible

Figura 4.Transmisor de Flujo

Vapor

Presion vapor

Figura 5. Tranmisor de presionManometrica

Flujo de Vapor

Figura 6. Transmisor de Flujo

Agua

Temperatura

Figura 7. RDT y transmisor de Temperatura

Flujo

Figura 8. Transmisor de Flujo

.

Nivel

Figura 9. Transmisor de presión

Chimenea

Temperatura

Figura 9 Transmisor de Temperatura

Porcentaje oxigeno

Figura 10. Transmisor de Oxigeno

Instrumentos Instalados

Figura 11. Trasnsmisor de presión

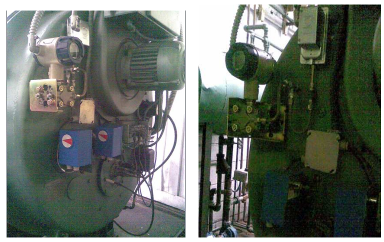

Figura 12. Transmisor presión Aire

Figura 13. Actuadores electrónicos

5.- Controlador Hibrido HC900 Honeywell.

El controlador hibrido HC900 es un controlador avanzado, capaz de realizar control de lazos. Posee un conjunto de módulos y hardware para satisfacer las aplicaciones de control de procesos.

El CPU tiene conectividad Modbus Ethernet, Serial RS232, RS485, para conectarse hacia otras interfaces.

El controlador utilizado posee las siguientes entradas y salidas

- Hasta 16 Entradas Análogas
- Hasta 8 Salidas Análogas
- Hasta 16 Entradas Digitales
- Hasta 8 Salidas Digitales

A continuación se muestran las partes del controlador.

1.- Bastidor
2.- Fuente de Alimentación
3.- Unidad Central de procesos
4.- Entradas/Salidas

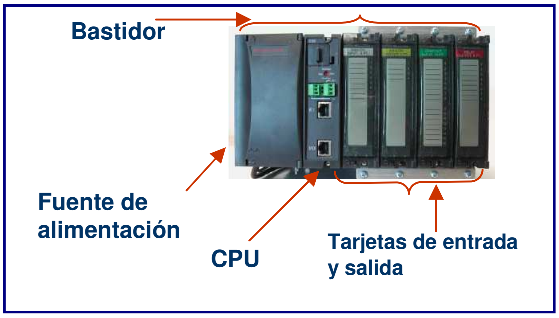

Figura 14. Controlador Hibrido HC900.

El software Hybrid Control Designer (HCD) se utiliza para programar el Controlador Híbrido HC900, es la herramienta que permite cargar, descargar y realizar cambios en el programa, se comunica con el controlador HC900 a través del Puerto Ethernet o del RS232. El HCD se desarrolla sobre una PC con Windows XP. La figura 15 muestra los principales componentes de la interfase de usuario:

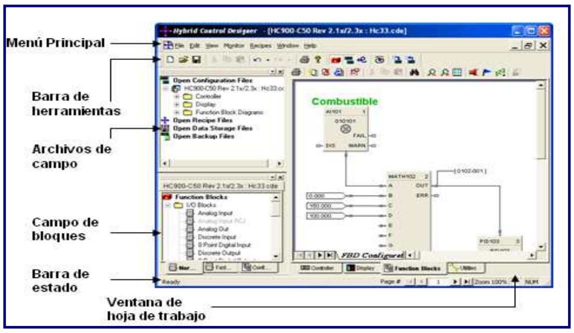

Figura 15 Programa Hybrid Controller Designer.

6. Funcionamiento del Control de combustión.

Las salidas y entradas digitales del programador de llama RM7800 se transmiten al controlador Hibrido HC900 para el encendido y seguridad de la llama

Se utiliza la señal de presión de vapor enviada al PLC la cual es corregida según el punto de consigna requerido, esto se logra con la señal de salida análoga la cual controla a un servomotor para la modulación de la válvula de ingreso de combustible. El segundo servomotor modulara el damper de aire, según la señal de un sensor de oxigeno. Para controlar flujos en proporciones adecuadas, y corregirlos según el control de PLC, en el caso necesario se activaran alarmas que adviertan las fallas. En función de las señales de entrada análoga presión de vapor y porcentaje de oxigeno en la chimenea, el Controlador Hibrido HC900 de Honeywell actúa y envía señales a las salidas análogas para regular los porcentajes de apertura, de los servomotores.

Para el arranque de una caldera es necesario que se activen las señales de seguridades y límites.

Llimites de operación:
1.- Interruptor de encendido.
2.- Presuretrol de trabajo
3.- Térmico de ventilador

Seguridades:
1.- Presuretrol de Seguridad
2.- Bajo nivel de agua
3.- Bajo Bajo Nivel
3.- Ventilador.
4.- Alta-Alta Presión vapor.

El proceso de combustion empieza cuando se activa el interruptor de encendido del sistema y se cumplen las condiciones de límites y seguridades, pasa por las siguientes etapas:

- Inicio
- Purga
- Ignición
- Operación.
- Post purga

Inicio: Es un periodo de estabilización, donde programador de llama verifica fluctuaciones de voltaje en la entrada de corriente alterna o en las entradas de control, en el encendido o durante la operación normal. El tiempo del periodo inicio es de 10 segundos.

Prepurga: Es la etapa donde se realiza el barrido de los residuos de gases antes de que ingrese a la etapa operación, tiene una duración de 30 segundos, en donde el plc envía una señal de salida de corriente para abrir el actuador de aire e ingrese el aire para la prepurga.

Ignición: La etapa ignición se compone de ignición piloto e ignición principal.

Ignición piloto: Es la etapa donde se verifica la señal de llama, el programador de llama envía la señal para abrir la válvula piloto y permite establecer una llama piloto, la cual se comprueba durante 10 segundos, superada la ignición piloto el sistema avanza a la ignición principal.

Ignición principal: Es la etapa donde se envía la señal para abrir la válvula principal y establecer una llama principal, comprobada esta durante 5 segundos, enviara una señal para apagar la piloto, establecida la llama principal el sistema pasa a la siguiente etapa.

Operación: Esta formado por una fase de estabilización y una fase de modulación, en la primera ocurren un periodo de estabilización de 10 segundos, luego pasa a modulación y empiezan a trabajar los lazos de control de aire y combustible.

Durante la etapa de modulación, el controlador hibrido HC900 de Honeywell realiza el control de lazos de aire y combustible, en el lazo de combustible la variable de proceso es la presión de la caldera y la salida de control el actuador de combustible, en el lazo de aire la variable de proceso es el porcentaje de oxigeno el cual controla el actuador para el ingreso de aire. En esta etapa se envía la señales para la apertura de la válvula de combustible y el damper de aire para que se produzca la combustión, y se empiecen a mezclar, produciendo gases de combustión que circulan por los tubos de la caldera pirotubular y transmitiendo el calor al agua para convertirla a vapor hasta llegar a la presión requerida para el proceso de 90 PSI, controlando porcentajes adecuados de tal forma que el damper regule el ingreso de aire según el porcentaje de oxigeno en la chimenea el cual no debe exceder al 6% O2,

Si se desactiva alguna condición de limite o seguridad el quemador de la caldera se bloqueara y permanecerá en ese modo hasta que el operador pulse el botón reset del programador de llama o la pantalla y empieza nuevamente la secuencia de inicio, ignición, modulación y purgas.

Post-Purga: Realiza un barrido de los gases de combustión, cuando se apaga el sistema, el tiempo de post purga es de quince segundos.

El proceso termina cuando se desactiva el interruptor de encendido

7.- Pantallas del sistema control de combustión.

Para la representación grafica de control de combustión de la caldera se utiliza el SCADA “Supervisory Control and Data adquisition” Vista Plantscape R400 de Honeywell, el cual sirve para visualizar y supervisar el proceso través de una interfase que tiene comunicación con el PLC a través del puerto Ethernet, el cual permite obtener tendencias en tiempo real, históricos de las señales de campo y de alarmas. Al ingresar al sistema, aparece la pantalla que se muestra en la figura 16.

PANTALLA MENU

Figura 16. Pantalla Menu

Es la pantalla principal del sistema Control de Combustión. La pantalla Menú muestra los botones de acceso al sistema de control de combustión. Se visualizan los siguientes botones.

- Monitoreo
- Entradas Análogas
- Entradas Digitales
- Salidas Análogas y Digitales
- Caldera
- Control de quemador RM7800

PANTALLA MONITOREO

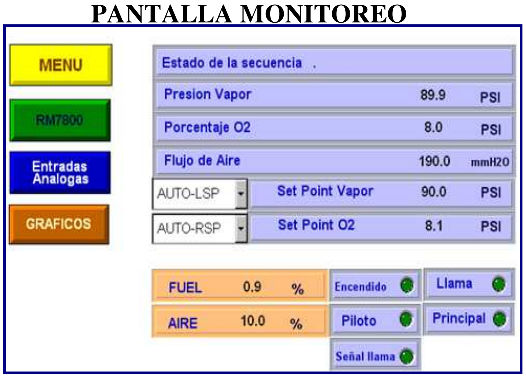

Figura 17. Pantalla Monitoreo

Esta pantalla muestra las principales señales para monitoreo del control un resumen de las principales señales de los lazos de control.

PANTALLA ENTRADAS ANALOGAS

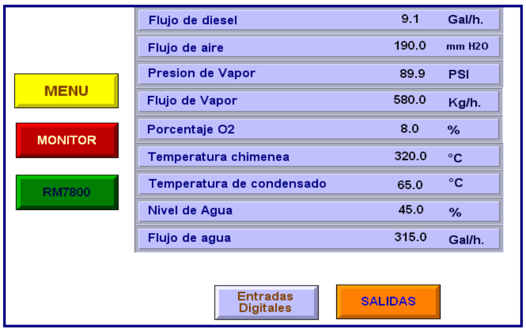

Figura 18. Pantalla entradas Análogas

Esta pantalla muestra las entradas análogas que intervienen en el control de combustión.

PANTALLA ENTRADAS DIGITALES

Figura 19. Pantalla entradas Digitales

Esta pantalla muestra el estado de las salidas digitales del controlador Hibrido HC900.

PANTALLA SALIDAS

Figura 20. Pantalla Salidas

Muestra las salidas del sistema control de combustión.

PANTALLA CALDERA

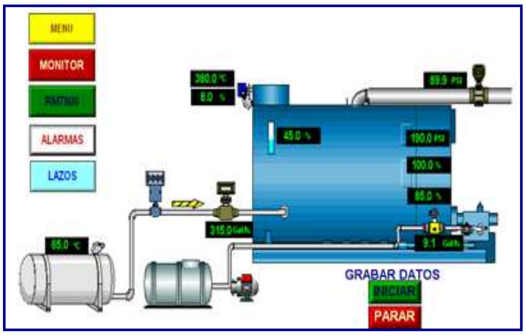

Figura 20. Pantalla Caldera.

Se visualiza la caldera y las señales análogas que intervienen en el proceso.

LAZOS DE CONTROL

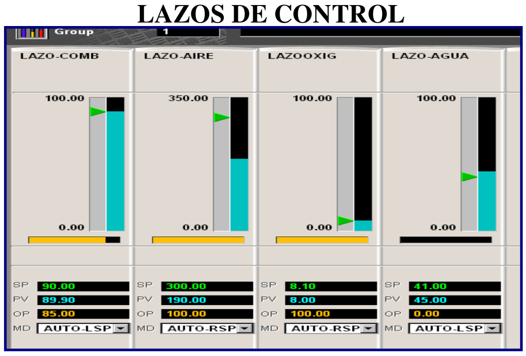

Figura 21. Pantalla de Lazos de Control

Esta pantalla muestra los lazos de control, PV, SP, OP y modo de operación manual o automático.

PANTALLA PROGRAMADOR

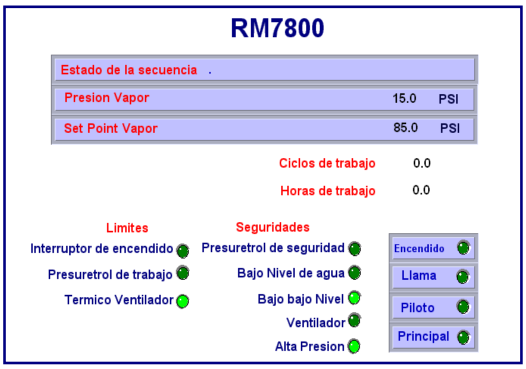

Figura 22. Pantalla Programador RM7800.

En esta pantalla se visualiza información sobre el programador de seguridad de llama RM7800.

TENDENCIAS

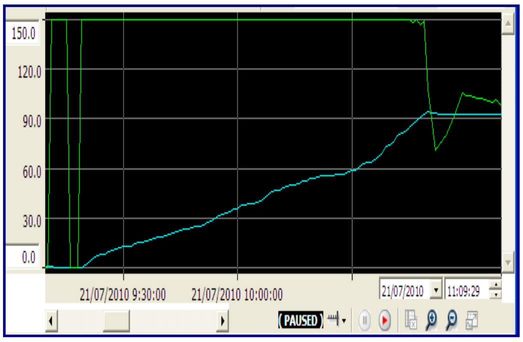

Figura 23. Tendencias

Muestra las tendencias de las señales análogas del sistema, en esta tendencia se visualizan el comportamiento de la presión de vapor. La curva en celeste es la presión de vapor y la verde la apertura del actuador de combustible

ALARMAS

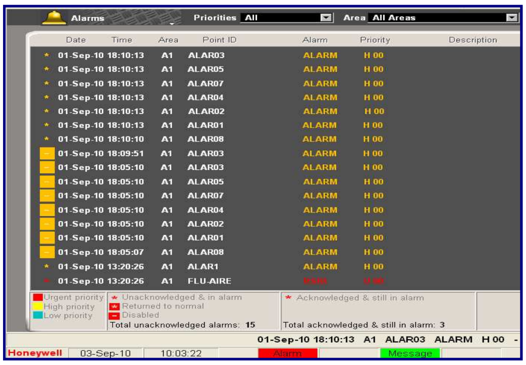

Figura 24. Alarmas

Muestra las alarmas que han sido generadas.

8. Pruebas y simulación de resultados

La simulación de los datos se realiza en base a valores obtenidos de la implementación del control del proceso, en el cual se obtuvo los valores de trabajo para el flujo de combustible, flujo de vapor, y flujo de aire. La caldera a la que se le implemento el sistema es Cleaver Brooks posee los siguientes datos

Modelo: CBH-100-60.
Capacidad: 939 KG/h
Alimentación: 220 V, 3F, 60 Hz, 9 amp.
Combustible: Oil # 2, (Diesel)

Se realizo pruebas en la chimenea, utilizando un analizador de gases, mediante el cual se obtuvo los puntos de operación. En operación la caldera trabaja con un porcentaje 6% a 8 % de oxigeno y aproximadamente entre 40% y 45% de exceso de aire en los gases de la chimenea. El porcentaje de apertura del servomotor en modulación de aire es de 45% a 90% y el flujo varia entre 200 y 250 mmH2O.

Cuando hay 6% O2, la apertura para el servomotor de aire será del 48.9%, a su vez esta señal de salida será multiplicada por un factor y por la salida del bloque de combustible, para enviar al bloque de aire el set point de 192.5 mm H2O, mientras que la entrada es de 190 mm H2O, la presión de vapor es de 90 PSI, el porcentaje de apertura para el servomotor de combustible es de 42.2%.

9.- Conclusiones.

Al independizar las señales de control de aire y combustible de la caldera se obtuvo un consumo de 135.3 Gal./día antes de automatizar el control de combustión se tenia un consumo de151.2 Gal./día, lo que representa un ahorro de combustible aproximadamente del 10%. El flujo de combustible en operación es 9 Gal./h.

El porcentaje de oxigeno en los gases de la chimenea que se obtuvo fue del 6%.

La presión de vapor es de 90 PSI con una producción de 620 Kg. /hora.

10. - Recomendaciones

Se recomienda instalar un sensor de monóxido de carbono (CO) para monitorear las emisiones de gases al ambiente.

11. Referencias.

[1] Creus Sole Antonio, Instrumentación Industrial, Alfa y Omega, México, Agosto 2006.

[2] Cleavers Brooks, Descripción General y principios de operación, Mexico, www.industrialtijuana.com/pdf/C-7.pdf, Febrero 2009.

[3] Honeywell, Flame safeguard controls, Honeywell, USA, Diciembre 2009.

[4] Honeywell, HC900 Hybrid Controller Designer, http://hpsweb.honeywell.com/NR/rdonlyres/D05F1DC7-F141-493E-A96C-40E7126C7027/88157/515225110.pdf, USA, Junio 2010.

[5] Honeywell, Server and configuration Plantscape R400, http://content.honeywell.com/ipc/faq/pdf/hwiopc/hwiopc_vee.pdf, USA, Febrero 2009.