

## MANTENCIÓN DE CALDERAS

**A través del presente artículo se desea llamar la atención sobre la importancia de realizar mantenencias periódicas a las calderas y a la vez describir los trabajos que en éstas deben ser considerados.**

### INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia que tienen las calderas en los procesos productivos y la gran proporción que tiene el costo del combustible en el costo final de los productos elaborados por una empresa, los recursos generalmente destinados a la adquisición y conservación de estos equipos son los menores posibles.

La decisión de cual caldera será adquirida normalmente atraviesa por seleccionar aquella cuyo precio sea el menor, dejando de lado la confiabilidad en el suministro de vapor, los costos de operación y el respaldo técnico del fabricante.

Tanto la confiabilidad en el suministro de vapor, como la eficiencia térmica tienen asociado un costo, que resulta significativamente más importante que el costo inicial.

A modo de ejemplo, una caldera de 12 ton/h de generación de vapor tiene un costo de aproximadamente US\$ 150,000.00 y un costo operacional de aproximadamente US\$ 800,000.00 por año (considerando una disponibilidad de 75 %). Una diferencia de solo un 1 % en la eficiencia térmica respecto de otra caldera, se traducirá en una diferencia de US\$ 8,000.00 en el costo operacional anual, equivalente a un 5,3 % de valor del equipo. Es decir, una diferencia e precio de 10 % entre calderas, será recuperado al cabo de solo 2 años de operación.

Ni hablar de los costos asociados a la confiabilidad en el suministro del vapor, donde en ciertos procesos productivos la falta de vapor por algunas horas, puede traducir en un costo cercano al valor de una caldera nueva.

Tal como ocurre con los montos destinados a la compra de de una caldera, los dineros asociados a la mantención de estos equipos no son muy holgados y en muchos casos no alcanzan para cubrir las necesidades de repuestos y mano de obra.

### IMPORTANCIA DE LAS MANTENCIONES

La importancia de realizar mantenencias tiene relación con dos factores: la confiabilidad en el suministro de vapor y la operación con buenos niveles de eficiencia (bajos consumos de combustible).

Ambos factores tienen relación con la operación con el menor costo posible, primero por el costo que tiene una falla imprevista en el suministro de vapor en un proceso productivo y segundo la operación con el menor costo posible (mayor eficiencia).

El hecho de no reemplazar componentes de las calderas o sus equipos auxiliares en el período que recomienda el fabricante, se traducirá probablemente en una falla imprevista, que afectará el suministro de vapor.

Por otro lado la operación con una caldera, que por falta de mantenimiento funciona en forma ineficiente, traerá consigo un aumento en los costos de producción.

A modo de referencia por cada 20 °C, que aumenta la temperatura de salida de gases en una caldera, debido por ejemplo a la acumulación de hollín sobre las superficies de transferencia de calor se traducirá en un aumento del 1 % en el consumo de combustible.

En la figura n°1 es posible observar un gráfico que muestra la relación entre el espesor de la capa de hollín y el aumento en el consumo de combustible.

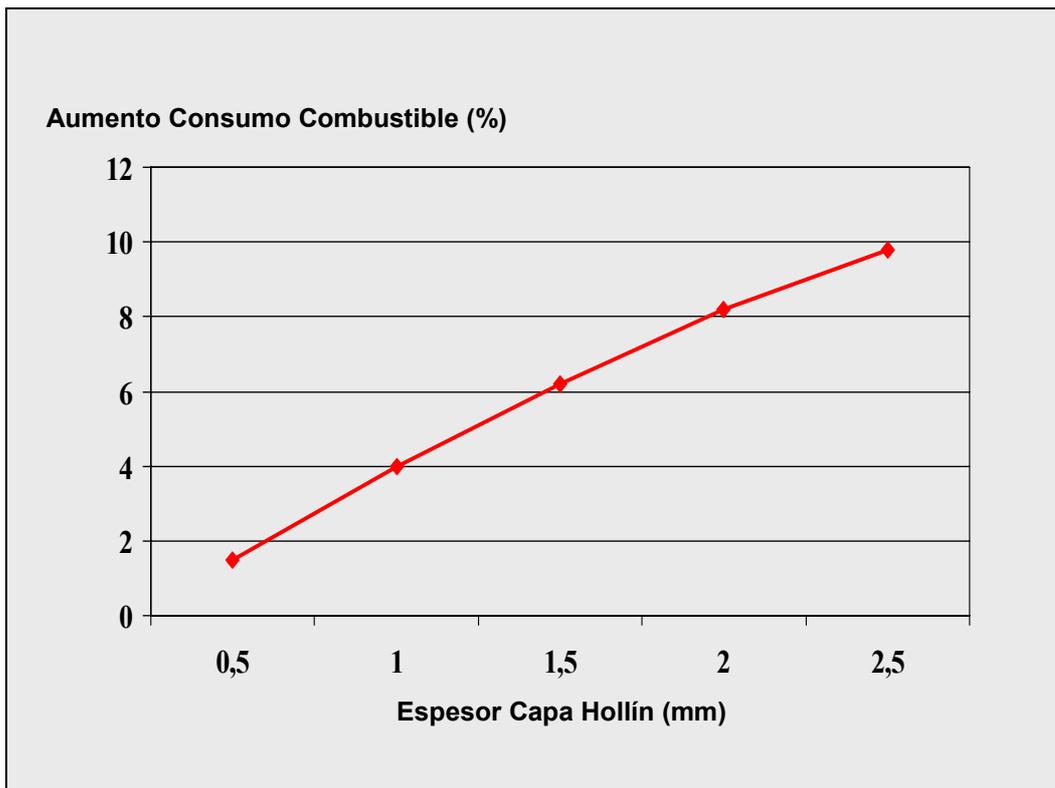


Figura n°1: Espesor Capa Hollín v/s Aumento Consumo Combustible.

Otra referencia tiene relación con el hecho que por cada 10 % de mayor exceso de aire con el que trabaja el quemador de una caldera, el consumo de combustible aumento en un 1 %.

Estas dos referencias tienen directa relación con la reducción de los costos de operación a través de la mantención, en este caso la limpieza del circuito de gases y la correcta regulación del quemador.

En muchas ocasiones el ahorro mensual asociado a la limpieza y/o la regulación del quemador, son superiores al costo de las mantenciones.

## **TRABAJOS DE MANTENCIÓN**

A continuación hemos querido resumir un programa de mantención aplicable a Calderas y Quemadores, en e que se han considerado trabajos a ser realizados en forma diaria, semanal mensual y semestral.

Los trabajos descritos a continuación han sido establecidos sobre la base de las recomendaciones de los fabricantes y nuestra experiencia en la mantención de Plantas Térmicas.

### **Mantención Diaria**

La mantención diaria tiene relación principalmente con el monitoreo de las condiciones de operación de la caldera y el funcionamiento de los sistemas de seguridad.

- Verificación condiciones de operación: presión y temperatura (si corresponde) del combustible, temperatura salida de gases, presión de vapor, análisis de gases, análisis de agua, etc.
- Verificación forma y color de la llama. A través de la mirilla controlar que la llama no esté tocando las paredes de la cámara de combustión(fogón en una caldera pirotubular) y que el color sea el correcto según el combustible que este siendo utilizado
- Verificación de la operación de la detención del quemador por bajo nivel de agua. Este es uno de los procedimientos más importantes, ya que, la mayoría de los accidentes en calderas tienen relación con fallas en el control de nivel.
- Verificación de la operación de las válvulas de seguridad de la caldera

### **Mantención Semanal**

La mantención semanal tiene relación con trabajos de limpieza menores, lubricación y ajuste de la posición de ciertos componentes de los quemadores.

- Limpieza de filtros (en el caso de combustibles líquidos)
- Ajuste de la posición de electrodos de encendido, difusor, etc.
- Limpieza de sensor de llama
- Verificación apriete sistema accionamiento damper y válvula control

- Lubricación piezas móviles

### **Mantenimiento Mensual**

La mantención mensual tiene relación con la realización de trabajos de limpieza más profundos y ajuste de instrumentos de control.

- Reapriete y limpieza de terminales
- Limpieza válvulas solenoides y de control
- Verificación ajuste presostatos, termostatos y transmisores

### **Mantenimiento Semestral**

La mantención mensual corresponde a los trabajos de limpieza más importantes, que deben ser realizados en una caldera; así como también la calibración del quemador

- Limpieza circuito de gases
- Reparación material refractario
- Reemplazo sellos cajas de humo
- Inspección lado agua para verificar efectividad del tratamiento de agua, en lo que a prevención de incrustaciones y corrosión se refiere.
- Inspección estanque de condensado (desgasificador).
- Limpieza estanque petróleo diario
- Reemplazo empaquetaduras tapas registro hombre y mano acceso a lado agua
- Limpieza de sifones en los que se encuentran instalados los presostatos, transmisores de presión y manómetro de vapor de la caldera.
- Limpieza de filtros líneas de agua
- Reemplazo boquilla (quemadores petróleo)
- Reemplazo electrodos encendido
- Reemplazo sensor de llama (algunos tipos)
- Reemplazo cables alta tensión
- Reemplazo transformador alta tensión
- Reemplazo bomba petróleo (alta presión, que opera con petróleo pesado)
- Calibración del quemador sobre la base de un análisis de gases productos de la combustión

### **REPUESTOS CRÍTICOS**

Además de describir los trabajos demantenimiento periódica, que a nuestro juicio son relevantes para asegurar el suministro confiable de vapor, hemos querido colaborar con la definición de los componentes críticos de una caldera.

Los repuestos que serán indicados a continuación son imprescindibles para la operación de una caldera y por lo tanto deben ser mantenidos en bodega en todo momento.

- Electrodo
- Servomotor
- Programador encendido
- Boquilla
- Transformador alta tensión
- Acoplamiento ventilador
- Acoplamiento bomba petróleo
- Bomba petróleo
- Presostatos y termostatos en general
- Cañerías flexibles
- O´rings
- Bobinas para válvulas solenoides o actuadores para válvulas de corte
- Kit de reparación para válvulas
- Sello bomba petróleo
- Tapones para tubos caldera
- 

## **COMENTARIO**

La motivación para escribir el presente artículo, tiene relación con la intención de llamar la atención sobre la importancia de la realización de mantenimientos periódicos para asegurar la confiabilidad en el suministro de vapor y a la vez reducir los costos de operación.

Y además, colaborar con el personal a cargo de la operación y mantención de plantas térmicas, en lo que a definición de trabajos y repuestos críticos se refiere.

Arnulfo Oelker Behn  
**THERMAL ENGINEERING LTDA. / [info@thermal.cl](mailto:info@thermal.cl)**

Los quemadores son el corazón de una caldera, por lo que su buen funcionamiento permitirá asegurar el suministro de vapor y agua caliente para el proceso productivo de una empresa.

Muchas veces hemos escuchado: “Falló la caldera”, sin embargo las fallas de estos equipos son mínimos comparados con los problemas asociados a los quemadores.

Las “fallas” en general están asociadas a algún problema durante el desarrollo de la secuencia de encendido, que impide la operación del quemador.

En atención a lo anterior, es que hemos querido colaborar con las personas encargadas de la operación y mantención de calderas, describiendo la secuencia de encendido y explicando como detectar y resolver las fallas más comunes.

## **SECUENCIA DE ENCENDIDO “MANUAL”**

Verificación condiciones de operación

La mejor forma de entender el funcionamiento de un programador, es analizar los procedimientos empleados por los operadores de calderas para encender un quemador en forma manual.

En esa época el único instrumento con el que contaba el operador de una caldera era el manómetro, que le indicaba la presión de trabajo que debía mantener y la presión máxima que no debía sobrepasar.

El trabajo de un operador era encender y apagar, o bien, ajustar la carga (liberación de calor) del quemador, para satisfacer los requerimientos de vapor del proceso productivo.

Partamos analizando el procedimiento empleado por el operador para poner en servicio un quemador, que utiliza petróleo como combustible.

El operador estaba continuamente verificando el nivel visual de la caldera, para confirmar que existiera suficiente agua al interior del equipo y por otro lado confirmaba que la presión de trabajo estaba dentro de los límites requeridos.

En el caso de notar una baja en la presión de trabajo, el operador debía poner en servicio el quemador para liberar el calor necesario para generar vapor y elevar la presión.

El primer movimiento realizado por el operador consistía en poner en marcha el ventilador forzado del quemador, identificado con la letra A en la figura n°1.

La función del ventilador es evacuar del hogar y circuito de gases todos los gases que pudieran causar una explosión al poner el quemador en servicio.

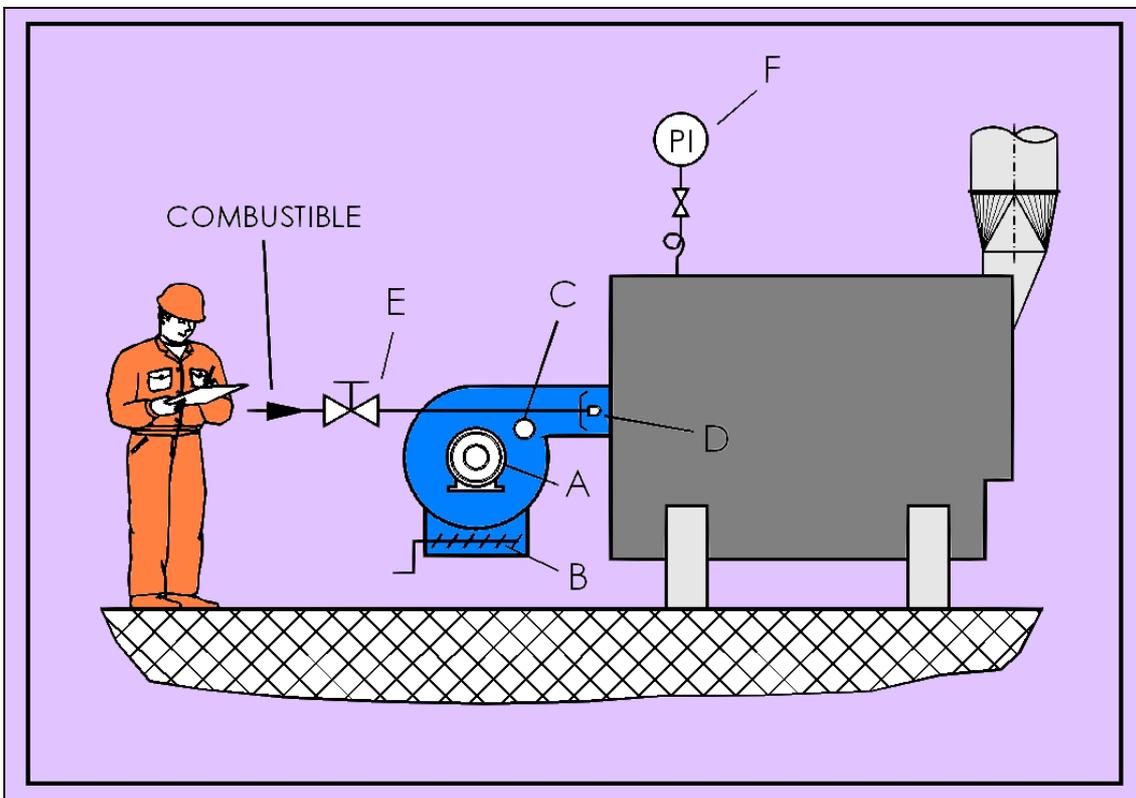


Figura n°1: Quemador de Operación Manual.

Con el fin de aumentar la efectividad de la ventilación el operador abría completamente el templador o *damp*er (B) del ventilador para asegurar un mayor flujo de aire.

Una vez finalizada la ventilación de la caldera, volvía a cerrar el *damp*er hasta la posición en la que podía intentar el encendido sin que la llama fuera inestable y se apagara.

La posición de encendido corresponde al cierre prácticamente total del *damper* de los quemadores (5 % de abertura), ya que, si la abertura de éste es excesiva el aire apagará la llama del piloto o la llama principal que esta por producirse. La situación es semejante a la de una persona que trata de encender un cigarrillo estando expuesto al viento y para lograrlo cubre con las manos la llama producida por el encendedor.

Una vez que la abertura del *damper* es adecuada para intentar el encendido, el operador humedecía un huaípe en petróleo, lo encendía y lo introducía a través de una mirilla (C), para colocarlo en frente de la boquilla (D).

Cuando la huaípe encendido estaba en posición el operador procedía a abrir la válvula (E) con la cual controlaba la alimentación de petróleo al quemador.

El encendido de la llama principal era verificado a través de la misma mirilla por la que se había introducido el huaípe.

Posterior a la confirmación del encendido del quemador, la función del operador era ajustar la carga del quemador manteniendo una relación aire combustible, que permitiera asegurar una buena combustión.

El aporte de petróleo y aire era ajustado actuando sobre la válvula de petróleo y el *damper* respectivamente, y la efectividad del ajuste confirmada observando la presencia de humo blanco o negro en la chimenea. El humo blanco indicaba un exceso de aire y el humo negro una falta de aire.

En el caso de que la demanda de vapor disminuyera, incluso más allá del punto correspondiente a la llama mínima del quemador, el operador debía apagar el quemador, cerrando la válvula de petróleo.

Una vez apagado el quemador, la última tarea del operador era cerrar completamente el *damper* del ventilador para reducir al máximo las infiltraciones de aire frío a la caldera.

## **SECUENCIA DE ENCENDIDO “AUTOMÁTICA”**

El programador, que permite realizar la secuencia de encendido de un quemador, no es más que un dispositivo, que se encarga de llevar a cabo, en forma automática, las mismas etapas que realizaba el operador en forma manual.

Los programadores más comúnmente usados en los tableros de control de los quemadores son los siguientes: Honeywell, Fireye, Landis & Gyr, Satronic y Autoflame.

Todos estos dispositivos realizan la misma secuencia de encendido, en forma automática, con el apoyo presostatos, controles de nivel, servomotores, válvulas de control, etc.

Revisemos como sería una secuencia de encendido controlada por un programador.

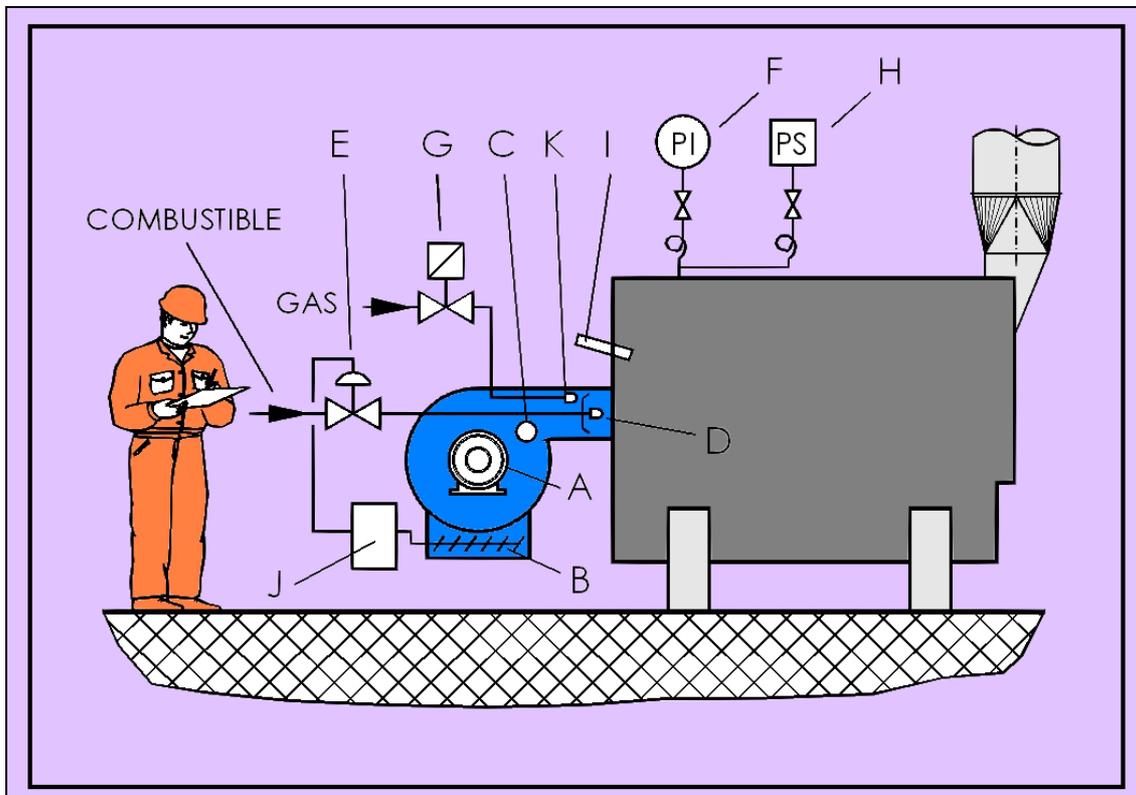


Figura n°2: Quemador de Operación Automática.

La secuencia de encendido se iniciará cuando el presostato de corte (H) de la caldera detecte que la presión ha disminuido más allá del valor límite aceptable, el cual ha sido previamente ajustado en este dispositivo.

El programador verifica además otros límites como por ejemplo, el nivel de agua de la caldera, la ausencia de llama en la cámara de combustión, la presión de alimentación del combustible y la temperatura de éste en caso de tratarse de petróleo residual.

Una vez confirmados estos límites el programador envía la primera señal a los partidores del ventilador forzado (A) del quemador, para iniciar la ventilación del circuito de gases.

Al igual como lo realizaba el operador, el programador envía luego una segunda señal al servomotor (J), que acciona el *damper*, para llevarlo a su posición de máxima apertura y asegurar un flujo de aire máximo a través de la caldera. La llegada del *damper* a la posición de máxima apertura es confirmada a través de un *limit switch* localizado en el *damper* o directamente en el servomotor.

Una vez transcurrido el tiempo de purga, el programador envía una nueva señal al servomotor que acciona el *damper*, para que éste se desplace a su posición de encendido.

La llegada del *damper* a la posición de encendido es confirmada nuevamente por un *limit switch*, al igual que para el caso de la confirmación de la posición de máxima abertura.



Figura n°3: Secuencia de Encendido.

Una vez confirmada esta posición el programador envía una señal al transformador de alta tensión y a las válvulas solenoides (G) del piloto a gas (K) en caso de existir.

La presencia de la llama piloto es confirmada a través de un sensor de llama (I).

Una vez que se ha detectado la llama del piloto, el programador abre las válvulas de corte de combustible principal, permitiendo la alimentación a la boquilla.

Nuevamente la presencia de la llama principal es verificada por un sensor de llama.

La secuencia de encendido termina con la detección de la llama principal, momento en el cual el control de combustión (modulación), queda en manos de un controlador.

Este controlador ajusta la carga del quemador (paso de combustible), para mantener la presión de trabajo previamente ajustada (set point), asegurando una buena relación aire/combustible.

## IDENTIFICACIÓN DE FALLAS.

La identificación de las fallas que se producen en un quemador es relativamente sencilla si se conocen y entienden las etapas de la secuencia de encendido de un quemador.

Revisemos los problemas más comunes que se producen en un secuencia de encendido y que impiden que esta se complete en forma exitosa.

### **1) No se da inicio a la secuencia de encendido.**

- No se cumple alguno de los límites (bajo nivel de agua, exceso de presión, baja temperatura petróleo, baja presión de petróleo, presencia de llama en el fogón, etc.), necesarios para iniciar la secuencia de encendido.
- Problemas con el presostato de aire.
- Sobrecarga del motor del ventilador.
- Daños en el programador.
- Presostato de corte dañado o diferencial mal ajustado.

### **2) No se realiza el cierre del templador después de su abertura.**

- Problemas en el servomotor.
- Problemas con el interruptor límite de recorrido del servomotor, que permite verificar la posición de máxima abertura.

### **3) No se habilita la “chispa” y paso de gas al piloto.**

- Problemas en el servomotor.
- Problemas con el interruptor límite de recorrido del servomotor, que permite verificar la posición de encendido.

### **4) No se detecta llama piloto.**

- Sensor de llama sucio, mal posicionado (no ve la llama) o defectuoso. Este tipo de problema es muy fácil de verificar, ya que, el piloto enciende pero al no ser detectado el programador lo apaga nuevamente transcurrido el tiempo de seguridad.
- Problemas con el electrodo o alimentación de gas, exceso de aire, daños en cables de alta, daños el transformador (piloto no enciende).

### **5) No se abren válvulas del combustible principal.**

- No se detecta llama piloto.
- Solenoide dañado.
- Programador no envía señal hacia las válvulas.

### **6) No se detecta llama principal.**

- Fotocelda sucia o defectuosa (llama principal enciende y se apaga).

- ❑ Problemas con el piloto o la alimentación de petróleo (presión, temperatura), el aire para la atomización o exceso de aire para la combustión. (piloto no enciende).

**7) No se produce la modulación automática.**

- ❑ Servomotor, controlador o sensor de presión de vapor de la caldera defectuosos.
- ❑ Programador no envía la señal al controlador.

## **COMENTARIOS**

Esperamos haber podido llamar la atención sobre la importancia que tiene la comprensión y entendimiento de la secuencia de encendido, para la solución rápida de las fallas que se producen en un quemador.

También esperamos que esta breve descripción de la secuencia de encendido de los programadores automáticos y su comparación con los procedimientos manuales de antaño, permita contribuir con el trabajo de los operadores y personal de mantención involucrado con las calderas.

Es importante recordar siempre que todas las secuencias de encendido son iguales, cambio el tipo de programador, el tipo de quemador, pero los problemas son los mismos, por lo que el razonamiento asociado a la identificación de una falla el también el mismo.

Arnulfo Oelker Behn  
THERMAL ENGINEERING LTDA.  
[aoelker@thermal.cl](mailto:aoelker@thermal.cl)