

# INTRODUCCION A LA COMBUSTIÓN



**Combustión  
Inteligente**



# Temario

## 1. COMBUSTIBLES:

- Tipos
- Características
- Consumos

## 2. EQUIPOS:

- Hornos
- Generadores de agua caliente
- Calderas
- Secadoras de granos

## 3. QUEMADOR:

- Definición
- Rangos
- Curvas características
- Clasificación

## 4. COMPONENTES:

- Controles
- Ramales de gas
- Pilotos
- Circuitos eléctricos

## 5. PUESTA EN MARCHA:

- Acometidas
- Purgado
- Verificaciones

## 6. REGULACIÓN:

- Presurización, clapetas
- Rendimiento
- Influencia del exceso de aire
- Análisis de gases

# 1. COMBUSTIBLES:



Características:

	COMPONENTE PRINCIPAL	PODER CAL. SUPERIOR	DENSIDAD (aire=1)	INFLAMABILIDAD SUPERIOR	INFLAMABILIDAD INFERIOR
GAS NAT.	-METANO-	9.300 Kcal/m <sup>3</sup>	0,62	15 %	5 %
GLP	-PROPANO-	22.400 Kcal/m <sup>3</sup>	1,53	10 %	2 %

GAS-OIL: Poder calorífico = 10.500 Kcal/kg - Densidad = 0,86 kg/lt  
Poder calorífico = 9.000 Kcal/lt

FUEL-OIL: Poder calorífico = 10.300 Kcal/kg - Densidad = 0,94 kg/lt  
Poder calorífico = 9.700 Kcal/lt

LEÑA: Poder calorífico = entre 1.500 y 4.000 Kcal/kg. según el tipo de leña.

Potencia quemada en Kcal/h:

Para combustibles líquidos solo basta con saber cuantos litros o Kg consume por hora. Esto se puede medir directamente en el tanque diario, o en un recipiente de prueba y se calcula la potencia según los datos anteriores:

$$\text{Pot (Kcal/h)} = Q \text{ (lt/h)} \cdot P_c \text{ (Kcal/lt)}$$

o también:

$$\text{Pot (Kcal/h)} = Q \text{ (Kg/h)} \cdot P_c \text{ (Kcal/Kg)}$$

## 2. EQUIPOS QUE UTILIZAN QUEMADORES:



### HORNOS:

- Hornos rotativos para panadería:

De la placa identificatoria del quemador se puede obtener la potencia en Kcal/h. Por lo general este tipo de hornos utilizan 70.000 Kcal/h.

- Hornos de mampostería para panadería:

La potencia se estima en función del tamaño del horno. Si es redondo, se toma el diámetro interior aproximado, y si no lo es, se toma la superficie equivalente a ese diámetro. Para saber la potencia, se estima:

Para un  $\varnothing$  4 m: Pot= 100.000 Kcal/h

Para un  $\varnothing$  6 m: Pot= 200.000 Kcal/h

### GENERADORES DE AGUA CALIENTE (termotanques):

Pueden ser verticales u horizontales. Trabajan llenos de agua (no tienen control de nivel), generalmente tienen un tanque sobre nivel para la alimentación del agua. Comandan al quemador con uno o más termostatos de corte.

### CALDERAS:

Según su construcción pueden ser:

- Acuotubular (con domo)
- Humotubular

## Las humotubulares pueden ser:

- De dos pasos, de tres pasos o de retorno de llama en el hogar

Para calcular la potencia calórica, se puede obtener por el método ya visto de consumo de combustible, o bien con los datos de la caldera:

### a) Marca y modelo:

Con el modelo, se puede llamar al fabricante de la caldera para obtener todos los parámetros necesarios.

### b) Con el tipo de caldera y la superficie de calefacción:

Supongamos tener por ejemplo, una caldera de 3 pasos y de 20 m<sup>2</sup> de superficie de calefacción, para calcular la potencia se puede recurrir a la siguiente ecuación:

Suponemos un rendimiento  $\eta = 0,87$  (si fuese de 2 pasos, se puede tomar 0,78), y un factor de maximización de 1,1:

$$\text{Pot} = \frac{20 \text{ m}^2 \cdot 30 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{h.m}^2} \cdot 613 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg vapor}}}{0,87} \cdot 1,1 = 460.000 \text{ Kcal/h}$$

El valor de 613, surge de la diferencia de entalpías\* entre el vapor a 10 Kg/cm<sup>2</sup> (= 663), y el agua de retorno a la caldera que la suponemos a 50 °C (= 50). Los Kg vapor/hora por cada m<sup>2</sup> de superficie de calefacción, suelen variar entre 20 (para calderas de dos pasos de viejo diseño), y 40 (para calderas de tres pasos de nuevo diseño).

\* Entalpía: cantidad de calor a aplicar a 1 Kg de agua para producir 1 Kg de vapor.

c) Con el tipo de caldera y la producción de vapor:

Similar al caso anterior, suponemos tener una caldera de tres pasos, que a régimen produce 1.000 Kg de vapor / hora:

$$Pot = \frac{1.000 \frac{\text{Kg vapor}}{\text{h}} \cdot 613 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg vapor}}}{0,87} \cdot 1,1 = 770.000 \text{ Kcal/h}$$

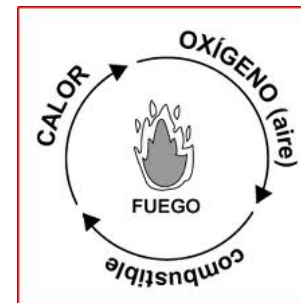
**SECADORAS DE GRANOS:**

Existen muy diversos modelos, pero podemos clasificarlas en dos tipos:

- Secadoras estáticas: son simplemente silos donde el grano está almacenado y tiene aireadores a los que se les colocan pequeños quemadores para calentar el aire. El dato mas importante en este caso, es saber la capacidad de almacenamiento del silo y la cantidad y forma de los aireadores.
- Secadoras de flujo continuo: estas son las comunmente llamadas “secadoras” en las cuales el grano entra húmedo por un lado y sale mas seco por otro. El dato más importante es la marca y modelo de la secadora y la producción de secado (Tn/h).

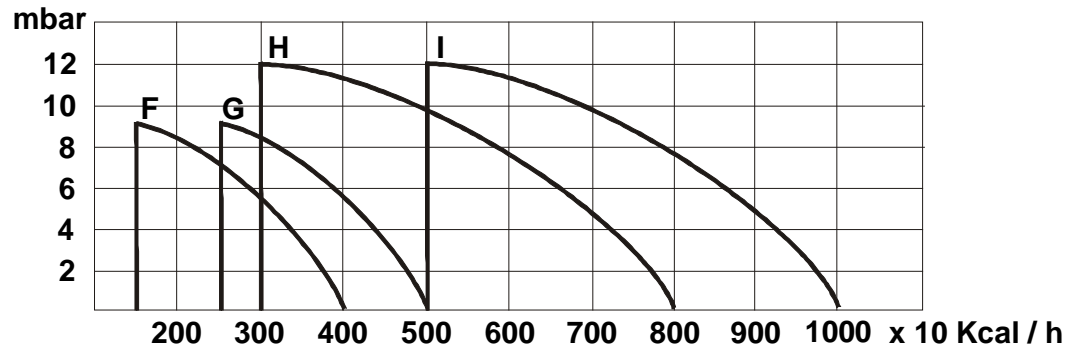
**QUEMADOR:**

Para que exista una combustión, básicamente se debe reunir los tres componentes necesarios:



## Curvas de funcionamiento

Expresan el campo de trabajo de un quemador en función de la presión en la cámara de combustión (comúnmente llamada “contrapresión de hogar”).



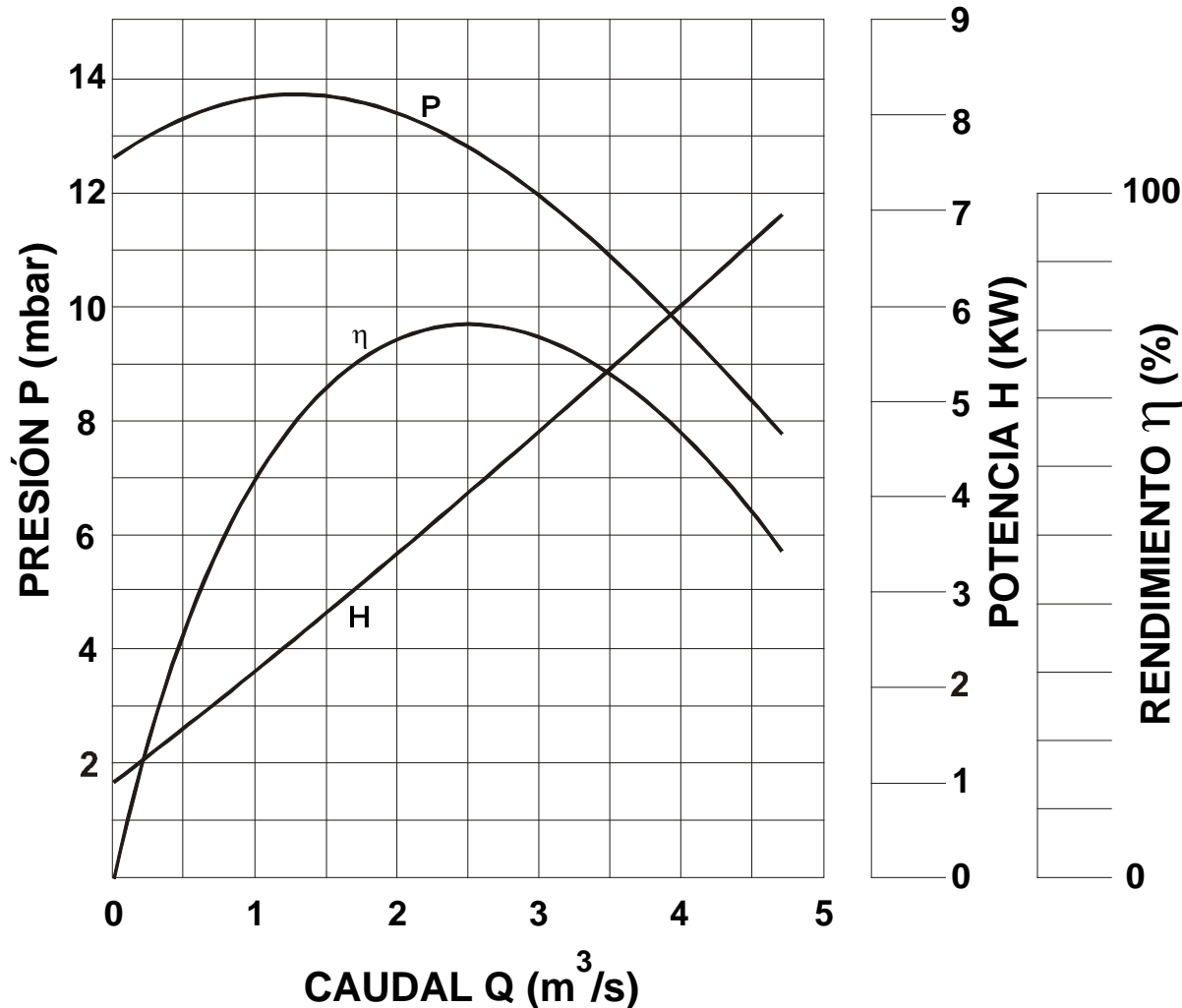
$$1 \text{ mbar} = 1 \text{ g/cm}^2 = 10 \text{ mmca}$$

El aire de combustión inyectado cumple con la siguiente ecuación:

$$H = K \frac{Q \cdot P}{\eta}$$

**H** : Potencia (Kw)  
**Q** : caudal (m<sup>3</sup>/h)  
**P** : presión (mbar)  
**K** : constante  
**η** : rendimiento

## Curvas características de los ventiladores centrífugos:





## Clasificación:

- Según su operación:
  - ON-OFF: una sola etapa de fuego
  - 2 Etapas progresivas: Alto y bajo fuego con servomotor
  - Modulante: llama variable en función de la demanda
  
- Según la presión de gas:
  - (gas natural)
    - Baja presión (para AUTO-QUEM): generalmente 200 mmca
    - Alta presión (para AUTO-QUEM): generalmente 1600 mmca
    - Otra presión: a pedido
  
- Según el combustible:
  - Gas natural (o GLP)
  - Gas-oil
  - Dual
  - Combustible líquido pesado (fuel-oil)
  
- Según el modelo:
  - De acuerdo al rango de potencia en el que trabajan

## COMPONENTES:

(ver despieces en [www.autoquem.com.ar](http://www.autoquem.com.ar))

Un quemador se compone básicamente de los siguientes elementos:

- Sistema de provisión de aire:
  - Motor
  - Cuerpo (caja de aire)
  - Turbina o ventilador
  - Registro (manual o automático)
  - Cuello de admisión de aire
  - Servomotor
  
- Sistema de provisión de combustible:
  - Filtro
  - Válvulas automáticas de cierre
  - Válvulas de bloqueo
  - Medidores de presión
  - Válvulas de regulación (para gas)
  - Bomba (para combustible líquido)
  
- Sistema de mezcla en boquilla:
  - Cabezal mezclador
  - Difusores
  - Boca de llama
  - Elementos de ignición

- Sistema de seguridad:
  - Programador para secuencia de arranque
  - Control de llama
  - Detector de llama
  - Presostato de aire
  - Presostato de gas
  - Alarmas
  - Sensores por microcontacto

---

## ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y CONTROL

### - PROGRAMADOR DE ENCENDIDO:

Son los encargados de dar la secuencia de arranque del quemador, trabajando en forma conjunta con los componentes de seguridad.

Según su principio de funcionamiento, pueden ser:

- ELÉCTRICOS.
- ELECTRÓNICOS.
- ELECTROMECÁNICOS.

Existen diversos modelos de programadores, desde los más sencillos hasta muy complejos de acuerdo al tipo y potencia que van a comandar.

#### - CONTROL DE LLAMA:

Su función es la de verificar la existencia o no de llama, según en que momento se considere (prebarrido, encendido, stand by, etc.). Este equipo trabaja en conjunto con el programador de encendido, generalmente se encuentra alojado dentro del mismo programador.

#### - DETECTORES DE LLAMA:

Son los que sensan la llama. Frente a la presencia de fuego, producen la variación de un parámetro (generalmente tensión o resistencia), la cual es detectada por el control de llama. Los detectores, según su principio de funcionamiento, pueden ser:

- POR IONIZACIÓN
- FOTOCÉLULA
- INFRARROJO
- ULTRAVIOLETA

#### - VÁLVULAS DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA GAS:

V.A.C.: Válvulas automáticas de cierre.

Son comandas por el programador, recibiendo de él la señal eléctrica para abrir o cerrar. Permiten el paso del gas hacia el quemador o lo anulan.

Las V.A.C. pueden ser:

- A DIAFRAGMA (para presiones inferiores a 1.600 mmca)
- A PISTÓN

También se diferencian por su accionamiento:

- ELECTROMAGNÉTICO (solenoides)
- ACTUADOR (motor)

También se clasifican según la velocidad de actuación:

- APERTURA RÁPIDA
- APERTURA LENTA (regulable)

El cierre, para todos los casos, es siempre menor a 1 seg.

- **SENSORES Y MICROCONTACTOS:**

Estos elementos se colocan generalmente en las partes móviles para controlar que la posición de las mismas sea la correcta. Ejemplo:

- MICROCONTACTO DE VÁLVULA AUTOMÁTICA DE CIERRE
- CONTACTOS DEL REGISTRO DE AIRE
- SENSORES DE PRESENCIA DE AIRE DE COMBUSTIÓN

## - PRESOSTATOS:

Cuentan con un contacto inversor que cambia de estado cuando la presión crece o desciende mas allá de la preestablecida. Esta presión preestablecida puede ser regulable o fija, de acuerdo al tipo de aparato.

En quemadores a gas se utilizan:

- PRESOSTATOS DE AIRE
- PRESOSTATOS DE GAS

## - ACTUADORES:

Son mecanismos que modifican la posición de los registros (de aire, de gas, etc) en forma automática.

según su funcionamiento, pueden ser:

- SERVOMOTORES
- ELECTROIMANES
- HIDRÁULICOS
- NEUMÁTICOS

## - MANÓMETROS:

La presión del combustible es el parámetro que debe ser controlado en un quemador.  
Los manómetros más utilizados son:

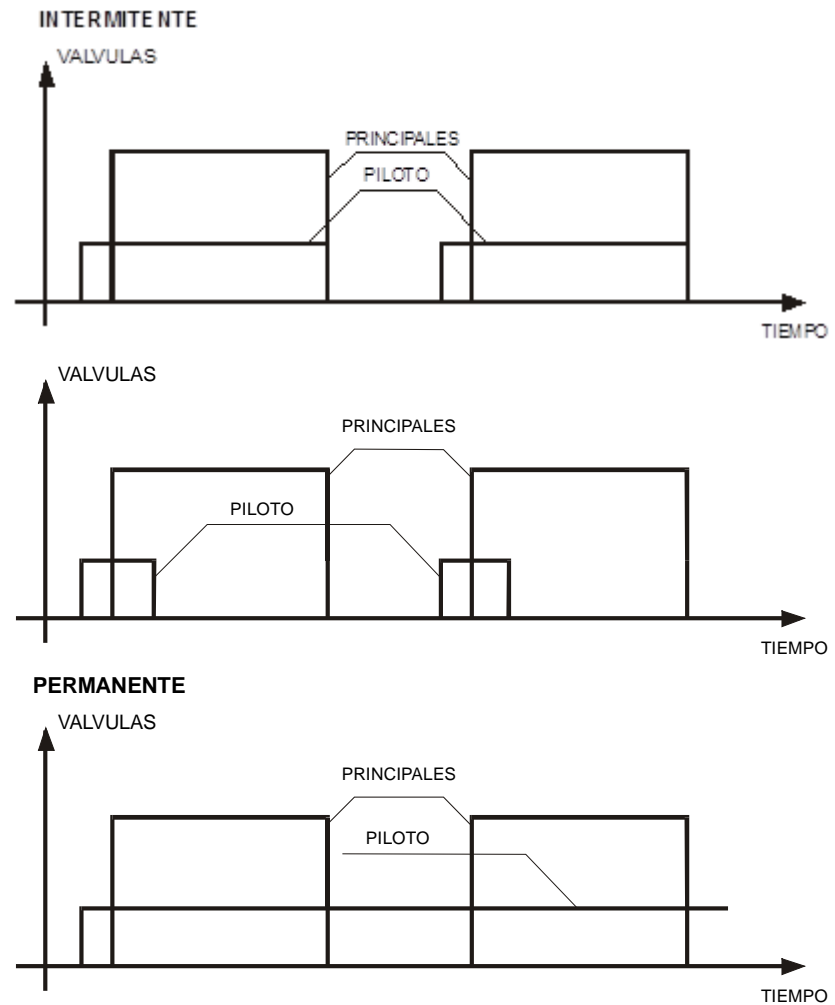
- TUBO EN “U”
- A DIAFRAGMA
- TUBO BOURDÓN

## - ALARMAS:

Existen sistemas que frente a alguna anomalía, actúan dando señal de alarma (acústica y/o visual) y generalmente trabajan con el programador, bloqueándolo (el botón de reset permite el desbloqueo manual).

La señal de alarma puede ser enviada a distancia, colocando una campanilla o una luz (generalmente las alarmas trabajan a 220 V).

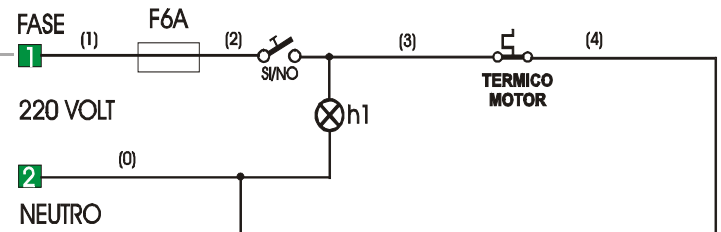
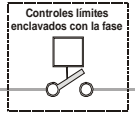
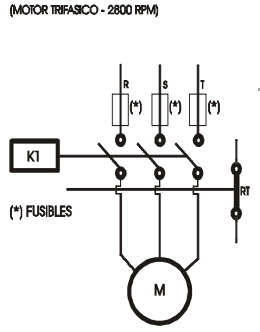
# PILOTOS



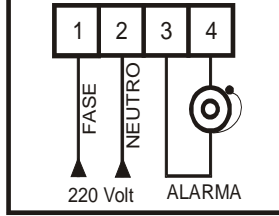


**ESQUEMA ELECTRICO DE FUERZA MOTRIZ**

3 x 380 VOLT - 50 Hz  
(MOTOR TRIFASICO - 2800 RPM)



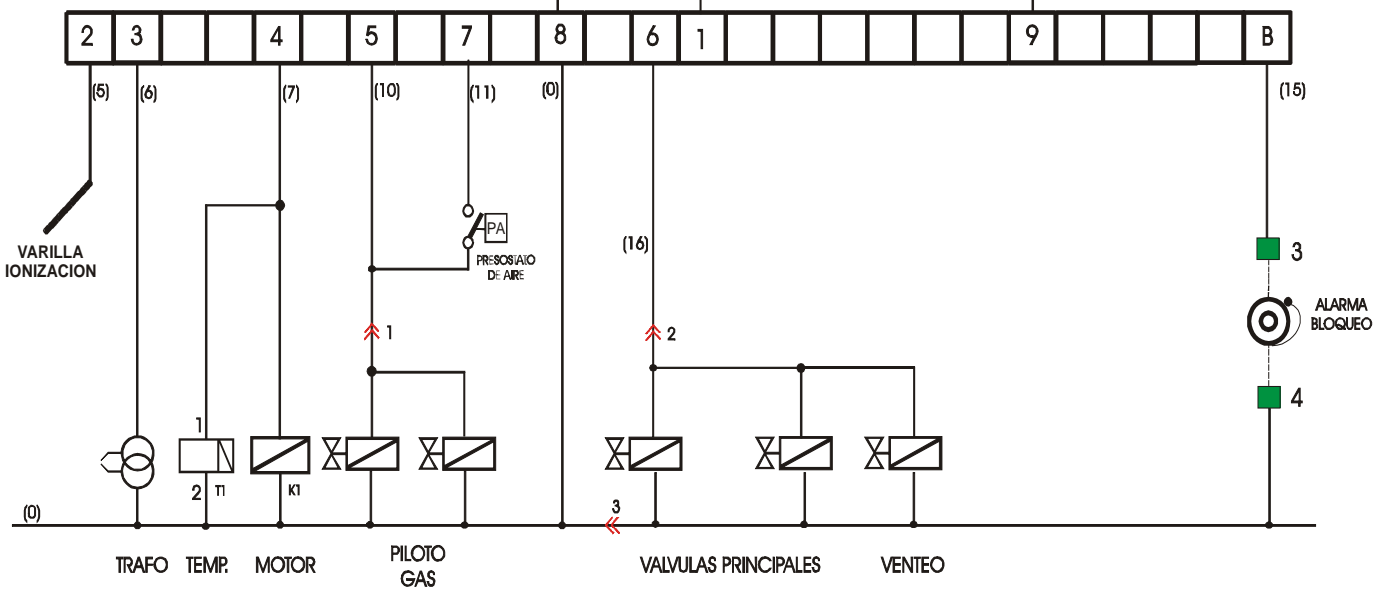
**BORNERA DEL QUEMADOR**



Ref:

- BORNERA DEL QUEMADOR
- ( ) N° DE CABLE
- R1 RELE FINDER 60:13
- >> FICHA NAZA

**BORNERA SATRONIC MMI 810**



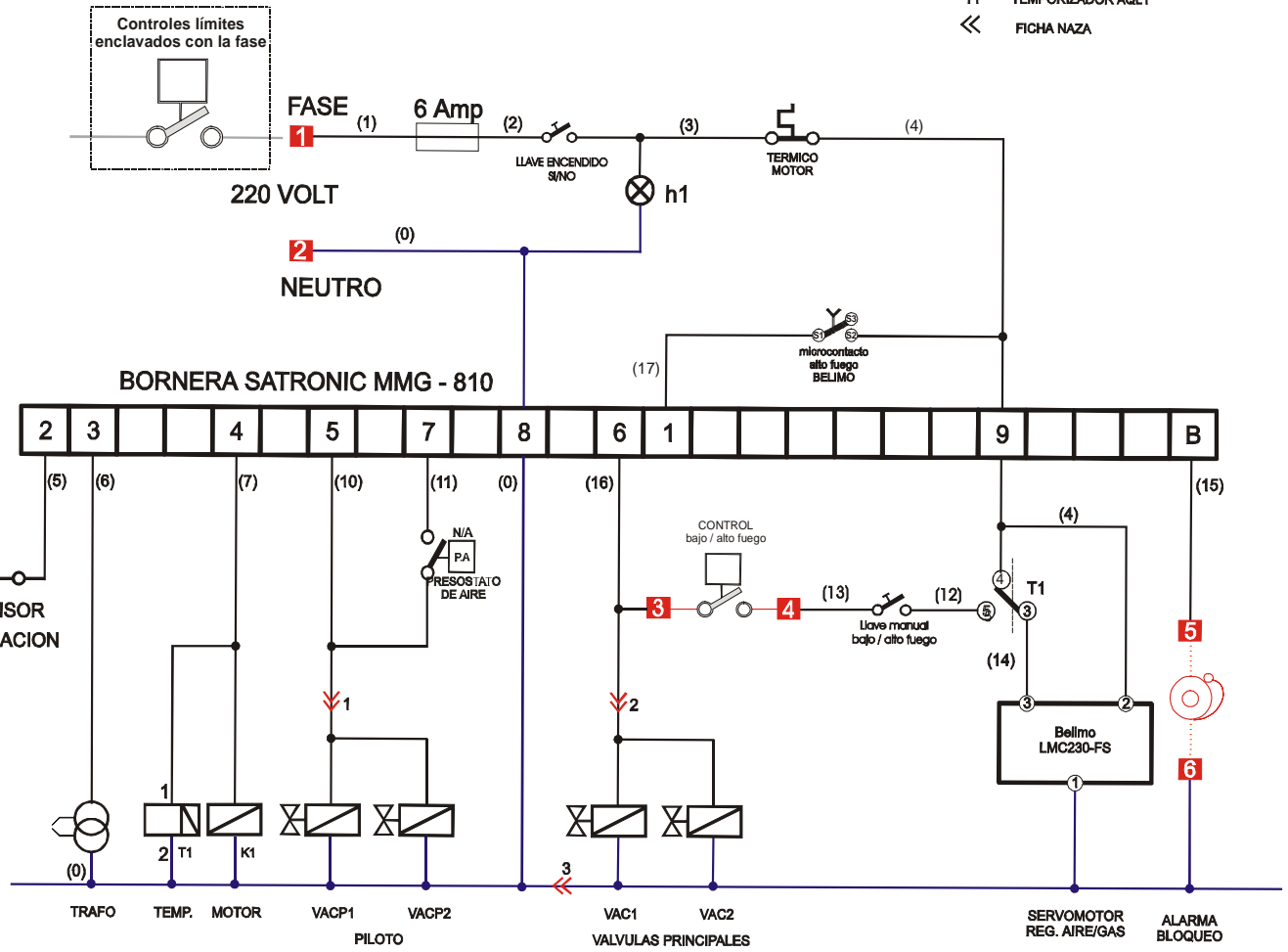
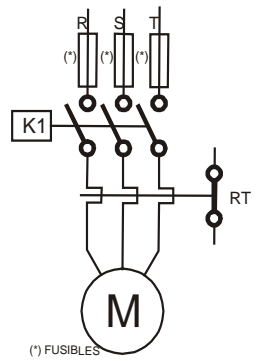
# ESQUEMA ELECTRICO

- Ref:
- BORNERA DEL QUEMADOR
  - ( ) N° DE CABLE
  - T1 TEMPORIZADOR AQL1
  - << FICHA NAZA



ESQUEMA ELECTRICO DE FUERZA MOTRIZ

3 x 380 Volt - 50 Hz  
(Motor trifásico - 2800 RPM)



## **PUESTA EN MARCHA**

### **ACOMETIDAS:**

#### **- Alimentación eléctrica:**

Por lo general, estos equipos deben tener una alimentación de comando y otra de fuerza motriz.

**COMANDO:** Línea de 220 V / 50 Hz de corriente alterna monofásica (+10 %, - 15%), con la fase a través de los controles límites (presostatos, termostatos, niveles de agua, etc.) Es conveniente que el neutro respecto de tierra tenga 0 volt.

**FUERZA MOTRIZ:** Línea trifásica de 3 x 380 V con tierra, que alimenta exclusivamente al motor del ventilador.  
Esta línea debe estar protegida con fusibles acordes al motor y contactor del quemador.

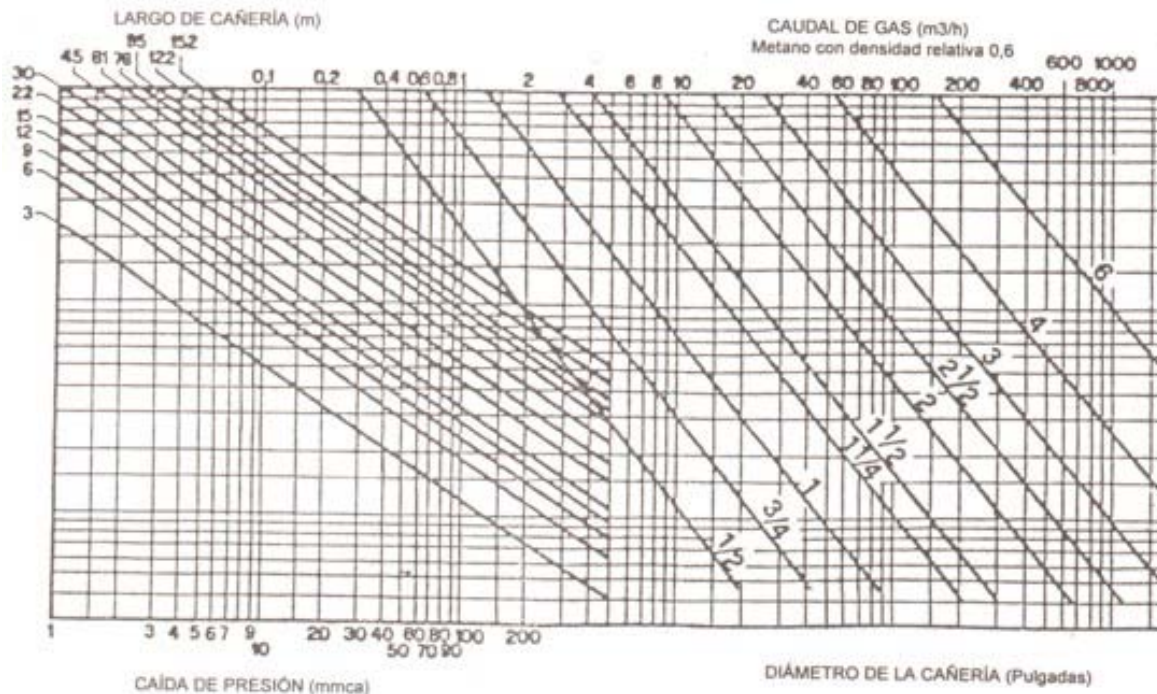
#### **- Alimentación de combustible:**

Para obtener en forma aproximada el diámetro de cañería a utilizar, o bien, la caída de presión que tendrá una instalación existente, se pueden utilizar los siguientes gráficos

para gas y gas-oil

**IMPORTANTE:** Verificar antes de la puesta en marcha, el sentido de giro del ventilador

Para cañería de gas:

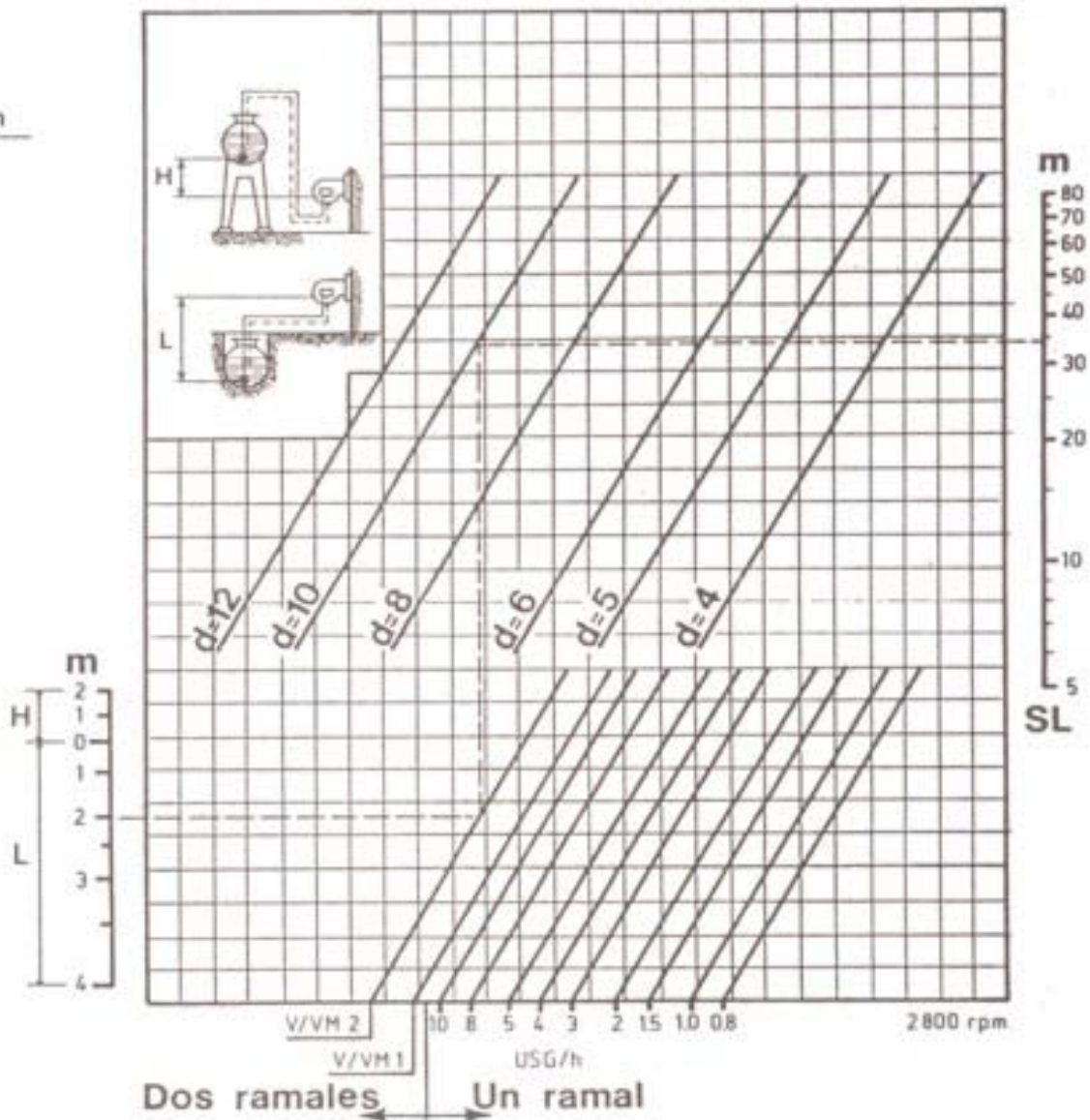
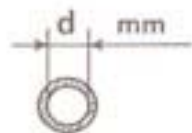


Ejemplo: para un gas con densidad 0,6

Caudal: 20 m<sup>3</sup>/h  
 Diámetro: 2"  
 Largo: 45 m

Caída de presión: 10 mmca

Peso específico de otro gas	Coficiente multiplicador
0,60	1,00
0,65	1,04
0,70	1,08
0,75	1,12
0,80	1,16
0,85	1,28



d: diámetro interno.  
H: altura sobre nivel de la bomba.

L: altura bajo nivel de la bomba.  
SL: largo total del ramal de succión.

## **PURGADO:**

**Si la instalación de gas es nueva, se debe purgar la cañería antes de la puesta en marcha del quemador. Para ello es conveniente realizarla de la siguiente forma:**

- **Cerrar la válvula de bloqueo manual ubicada aguas arriba del filtro del ramal de gas del quemador.**
- **Sacar la tapa del filtro y retirar el elemento filtrante.**
- **Colocar un cartón o algo similar sobre el orificio de salida para impedir que las partículas sólidas que llegaran con velocidad “pasen de largo” y lleguen a las válvulas de seguridad (VAC)**
- **Abrir la válvula de bloqueo en su totalidad por tiempo breve (dependiendo de la ventilación del lugar), esperar con válvula cerrada que se evacúe el posible gas acumulado en el ambiente, y repetir varias veces esta operación hasta notar la presencia de gas sin aire.**

**La operación de abrir o cerrar la válvula de bloqueo, se debe realizar en forma gradual para evitar el GOLPE DE ARIETE y problemas con la válvula reguladora de presión.**



## VERIFICACIONES

Después de controlar que el nivel de tensión sea el correcto, se debe verificar también la presión del combustible:

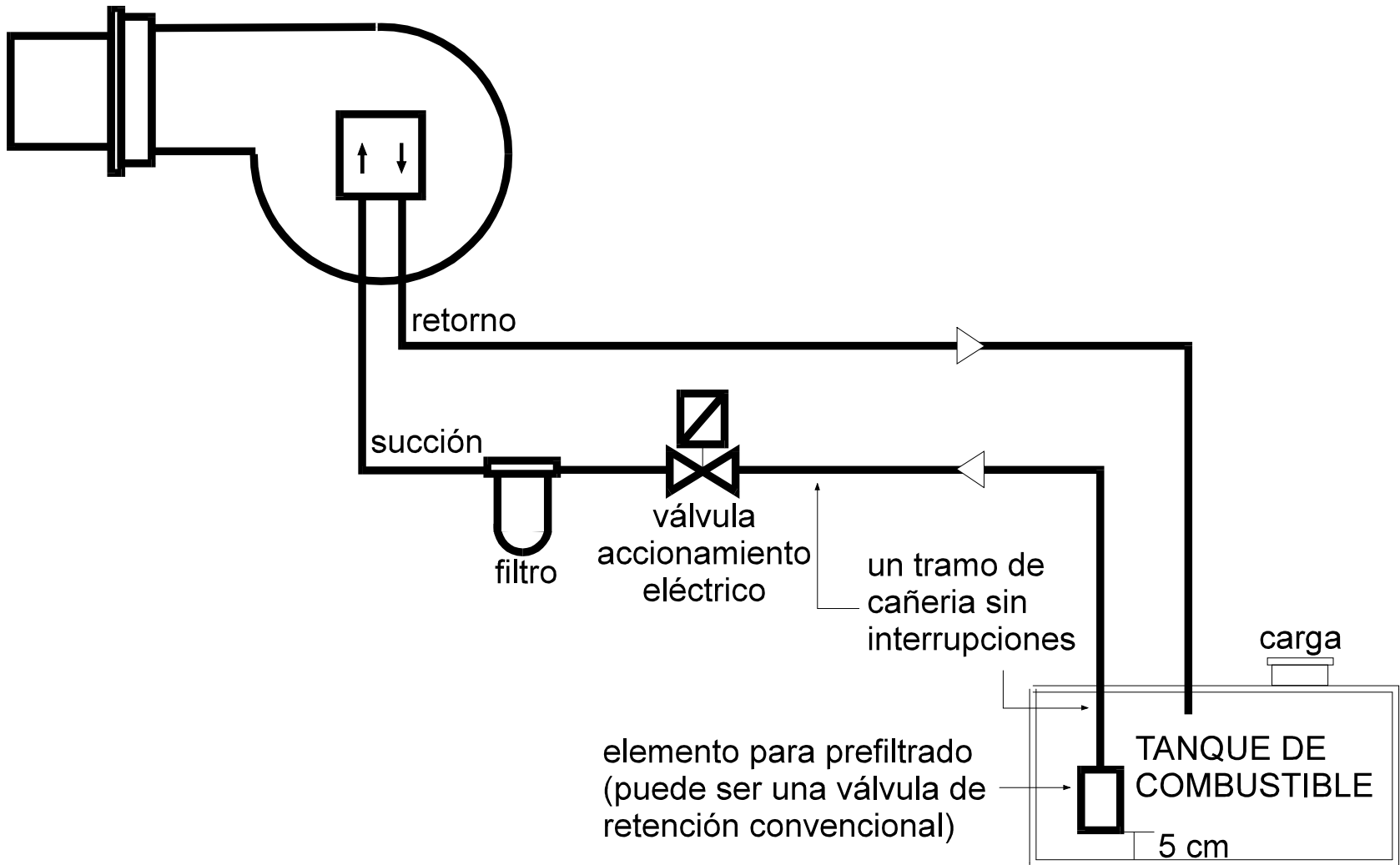
**PARA GAS:** con un manómetro colocado aguas arriba de las válvulas automáticas de cierre (VAC), verificar que la presión cuando el quemador está parado (presión estática) sea la nominal (200 mmca, 1.600 mmca, etc.) y con el quemador funcionando (presión dinámica) no disminuya más del 10 %.

Verificar además, posibles pérdidas de gas en la cañería de alimentación y en el ramal del quemador cuando esté funcionando.

**PARA GAS-OIL:** las bombas para combustible líquido están provistas de tomas de medición de presión. Colocando un manómetro se puede verificar que la presión sea 10 Kg/cm<sup>2</sup>. El rango posible de trabajo para los quemadores AUTO-QUEM es 8 , 12 Kg/cm<sup>2</sup>.

Para la cañería de gas-oil que succiona del tanque, es muy importante que no permita la entrada de aire para que no se “descebe”. Es conveniente un caño directo de la bomba al tanque evitando codos, empalmes, etc., que produzcan filtraciones.

Otro tema importante a controlar es la temperatura a la que serán expuestos los componentes del quemador. Se recomienda que no superen los 60 °C. Si el frente del hogar irradia excesivo calor, se aconseja colocar algún aislante térmico (amianto, refractario, etc.).





## PRESURIZACIÓN

Como se vio anteriormente, para poder combustionar una cierta cantidad de Kcal/h, es necesario que el quemador ejerza una presión mayor a la que se produce en el hogar de combustión (comunmente llamado “contrapresión”). Para ello, estos equipos cuentan con una regulación de la presurización, que consiste básicamente en regular el caudal de aire secundario del inyector del quemador, produciendo una barrera de presión con el difusor de llama. Obviamente, según se pudo ver en las curvas de los ventiladores centrífugos, para mayor presión, menor caudal, o sea menor potencia en Kcal/h que puede entregar el quemador.

### Clapetas de chimenea

Se recomienda colocar siempre la clapeta en la salida a chimenea de la caldera. Con este simple dispositivo se puede obturar la salida de los gases de combustión de 0 , 80 % (recomendado). Como consecuencia de esta regulación, variamos las condiciones de presión del sistema y se pueden reducir oscilaciones de la llama producidas por resonancias mecánicas quemador-caldera.

Por otra parte, en algunos casos, es posible aumentar también el rendimiento de transferencia por mejor aprovechamiento.

### Turbuladores

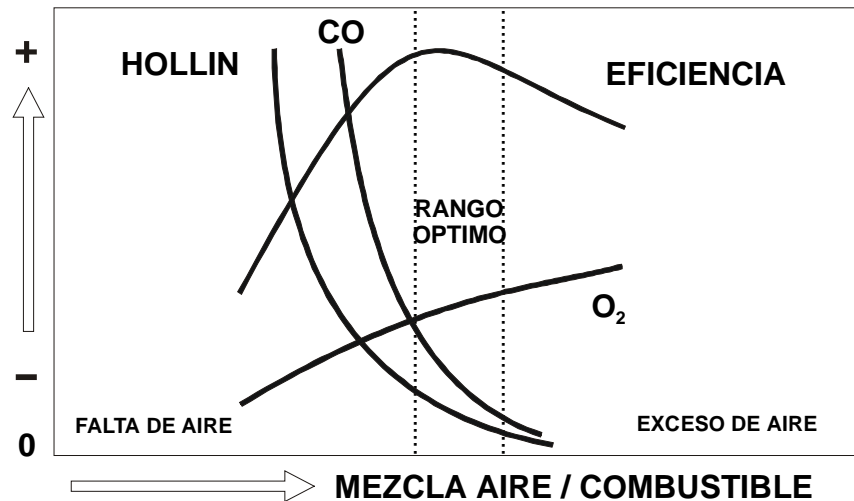
Son elementos que se colocan dentro del quemador con la finalidad de hacer rotar la llama. Tiene forma de turbina y están montados fijos dentro del quemador. Cuando pasa aire por ellos, gira formando la llama ciclónica.

El ángulo de los álabes de estos turbuladores por lo general se pueden variar según la

## Influencia del exceso de aire

El exceso de aire, llamado  $\lambda$  (lambda) representa el aire adicional a la combu para garantizar una combustión completa.

Si el exceso de aire es muy bajo, se reduce el rendimiento por combustión incompleta (combustible sin quemar) y si es muy alto, también se reduce el rendimiento porque ese aire de más “refrigera” la caldera ya que ingresa a temperatura ambiente (~ 20 ó 30 °C) y sale por la chimenea a alta temperatura (~ 200 ó 300 °C), o sea, se lleva calorías de la caldera.



Para grandes excesos de aire, el monóxido de carbono puede aumentar debido a turbulencias que generan puntos de mala combustión en la llama.

## Influencia del turbulador y la boca de llama

El turbulador (antes visto) produce el giro de la llama y varía su longitud, que en algunos casos ocasiona un mayor aprovechamiento para la transferencia de calorías dentro del hogar.

De la misma manera, el largo y forma de la boca produce diferentes tipos de llama para distintos usos.

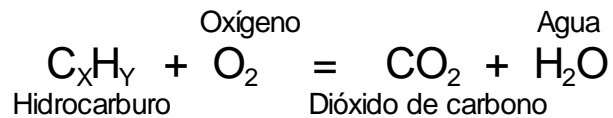
## Influencia del combustible

Cuando se quema combustible líquido, la llama es altamente luminosa (llama radiante). Esto beneficia el rendimiento de transferencia porque además de las calorías que absorbe la chapa por convección, también están las calorías entregadas por radiación. Por el contrario, la combustión del gas natural produce una llama transparente y muy poco luminosa, por lo que casi no tiene transferencia de calorías por radiación. Sin embargo, se debe tender a regular la llama lo más radiante posible sin que se produzcan incrementos de monóxido de carbono y hollín (puntas fuertemente amarillas).

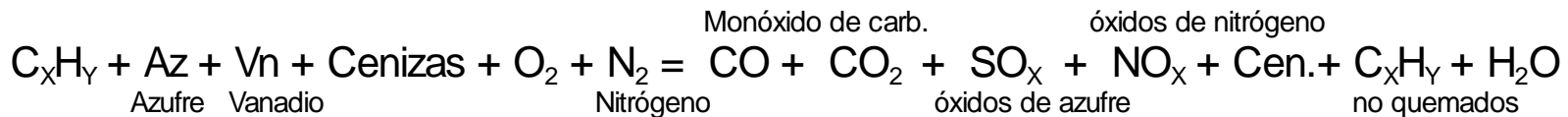
# ANÁLISIS DE GASES DE COMBUSTIÓN

## COMPONENTES DE LA COMBUSTIÓN

La combustión teórica de un hidrocarburo es:



Pero en la combustión real se encuentra:



Para lograr una buena mezcla estequiométrica, es necesario realizar un análisis de gases de combustión. Este es el punto de partida de toda regulación fina de un quemador, y permite ajustar el exceso de aire para lograr máxima eficiencia y mínima emisión de contaminantes.

## PARÁMETROS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE GASES

SÍMBOLO	DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALORES RECOMENDADOS	TOXICIDAD
<b>CO</b>	monóxido de carbono	ppm	lo más bajo posible	venenoso
<b>CO2</b>	dióxido de carbono	%	lo más alto posible	no
<b>NO</b>	monóxido de nitrógeno	ppm	lo más bajo posible	venenoso
<b>NO2</b>	dióxido de nitrógeno	ppm	lo más bajo posible	corrosivo - muy venenoso
<b>SO2</b>	dióxido de azufre	ppm	lo más bajo posible	corrosivo - muy venenoso
$\lambda$	exceso de aire	°/1	1,05 ÷ 1,20	-----
<b>O2</b>	oxígeno	%	1 ÷ 4	no
<b>O3</b>	ozono	ppm	lo más bajo posible	si
<b>Tch</b>	temper. de chimenea	°C	depende del equipo	-----
<b>Ta</b>	temp. ambiente	°C	-----	-----
$\eta$	rendimiento	%	lo más alto posible	-----
$\Delta P$	presión de tiraje	mbar	-----	-----
<b>MP</b>	material particulado	mg/m <sup>3</sup>	lo más bajo posible	si



## PROXIMOS EVENTOS



10 al 14 de junio  
Centro Costa Salguero  
Buenos Aires

visítenos en  
Stand "41"



7 al 10 de octubre / october 7-10  
La Rural · Buenos Aires · Argentina

visítenos en Stand "R 22"

[www.autoquem.com.ar](http://www.autoquem.com.ar)

AUTO-QUEM:  
Te: 54-11-4717-0123  
[servicio@autoquem.com.ar](mailto:servicio@autoquem.com.ar)

Panamá 2344 - Martínez  
Buenos Aires - Argentina  
CP: B - 1640 DKH

DEPARTAMENTO DE SERVICIO TÉCNICO  
Más de 40 años de experiencia

