

**CEDRO**, Centro Español de Derechos Reprográficos, otorga la concesión de la autorización exigida por la Ley 1/1996 para la reproducción de obras publicadas de forma impresa y protegidas por la Ley.

## **PROGRAMA DE REGLAMENTACIÓN PARA INSTALADORES DE CATEGORÍA B**

A continuación se relacionan las disposiciones legales, reglamentarias y normas incluidas en el temario de conocimientos mínimos necesarios para la obtención del certificado de cualificación individual como instalador de gas de categoría B.

- Ley 21/1992, de 16 de julio, de industria (B.O.E. de 23/07/1992).
- Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura de la calidad y la seguridad industrial (B.O.E. de 06/02/1996):
  - Las entidades de normalización. AENOR. "Status" de las normas UNE. Normas de referencia. Normas de obligado cumplimiento. Normas voluntarias.
  - Las entidades de acreditación. ENAC. Acreditación de entidades certificadoras y organismos de control.
- Real Decreto 697/1995, de 28 de abril, por el que se aprueba el Registro de Establecimientos Industriales (B.O.E. de 30/05/1995).
- Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos, Título I "Disposiciones Generales", Título III, Capítulo III "Gases licuados de petróleo" y Título IV, Capítulo I "Disposiciones Generales", Capítulo II "Sistema de gas natural", Capítulo V "Distribución de combustibles gaseosos por canalización", Capítulo VI "Suministro de combustibles gaseosos", (B.O.E. de 08/10/1998, con rectificación en B.O.E. de 03/02/1999), con las modificaciones para este último introducidas por el artículo 7 del Real Decreto-Ley 6/2000, de 23 de junio (B.O.E. de 24/06/2000, con rectificación en B.O.E. de 28/06/2000).
- Reglamento general del servicio público de gases combustibles, aprobado por Decreto 2913/1973, de 26 de octubre, Capítulos III y IV (B.O.E. de 21/11/1973) y Real Decreto 3484/1983, de 14 de diciembre, que modifica el artículo 27 del Reglamento general del servicio público de gases combustibles (B.O.E. de 20/02/1984, con rectificación en B.O.E. de 16/03/1984), en todo lo que no se oponga al Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos.
- Reglamento de la actividad de distribución de gases licuados del petróleo, aprobado por Real Decreto 1085/1992, de 11 de septiembre, Capítulo III (B.O.E. de 09/10/1992), en lo que no se oponga a la Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos.
- Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos, y sus instrucciones técnicas reglamentarias (ITCs):
  - ITC-ICG 06 "Instalaciones de envases de gases licuados del petróleo (GLP) para uso propio"
  - ITC-ICG 07 "Instalaciones receptoras de combustibles gaseosos"
  - ITC-ICG 08 "Aparatos a gas", Capítulos 1, 2, 4 y 5, así como sus anexos 2 y 4.
  - ITC-ICG 09 "Instaladores y empresas instaladoras"

- ITC-ICG 10 “Instalaciones de gases licuados del petróleo (GLP) de uso doméstico en caravanas y autocaravanas”
- El Mercado interior europeo. “Nuevo Enfoque” en la reglamentación europea:
  - Resolución del Consejo de 7 de mayo de 1985.
  - Decisión del Consejo 93/465/CEE, de 22 de julio, sobre el “Enfoque Global” (Marcado CE y Procedimiento de Certificación de la Conformidad).
- Real Decreto 1428/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva 90/396/CEE, sobre aparatos de gas, únicamente los artículos 1, 2, 3 y 9 y los Anexos I y III (B.O.E. de 05/12/1992, con rectificación en el B.O.E. de 23/01/1993 y B.O.E. de 27/01/1993), con las modificaciones introducidas por el Real Decreto 276/1995, de 24 de febrero (B.O.E. de 27/03/1995).
- Norma UNE 60670 sobre “Instalaciones receptoras de gas con una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar”, según la edición recogida en la ITC-ICG 11 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos.
- Norma UNE 60601 sobre “Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos”, según la edición recogida en la ITC-ICG 11 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos.

# ÍNDICE GENERAL

<b>Capítulo 8</b>	
Quemadores .....	347
<b>Capítulo 9</b>	
Dispositivos de protección y seguridad de aparatos .....	359
<b>Capítulo 10</b>	
Dispositivos de encendido .....	373
<b>Capítulo 11</b>	
Aparatos de gas .....	381
<b>Capítulo 12</b>	
Equipos y accesorios de las instalaciones de gas .....	419
<b>Capítulo 13</b>	
Envases de GLP de contenido inferior a 15 kg .....	465
<b>Capítulo 14</b>	
Envases de GLP para uso propio de capacidad superior a 15 kg .....	479
<b>Capítulo 15</b>	
Instalaciones de glp de uso doméstico en caravanas .....	493
<b>Capítulo 16</b>	
Esquemas de instalaciones .....	503
<b>Capítulo 17</b>	
Cálculo de instalaciones receptoras .....	515
<b>Capítulo 18</b>	
Seguridad y emergencias. Operaciones en instalaciones en servicio .....	595



## 8 QUEMADORES

### 8.1. INTRODUCCIÓN

Los quemadores de gas son aparatos diseñados para realizar la mezcla del combustible con el comburente y permitir la combustión controlada del gas.

### 8.2. CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE QUEMADORES

Los quemadores se diseñan de forma que cumplan los siguientes requisitos, en todo el rango de potencias de utilización.

- a) deben producir una **llama estable**
- b) deben mezclar homogéneamente el **gas y el aire**, y la proporción debe encontrarse **dentro de los límites de inflamabilidad**
- c) la **cantidad de gas** quemado ha de ser la **adecuada a la potencia** que se desea alcanzar
- d) la **combustión** del gas debe ser **completa**

Se distinguen dos tipos de quemadores: los atmosféricos y los presurizados.

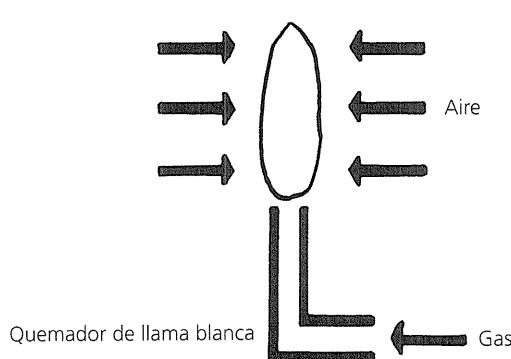
#### 8.2.1. Quemadores atmosféricos

Los **quemadores atmosféricos** son aquellos en los que el aire se toma del ambiente que los rodea. Se les llama así por contraposición a los **quemadores** de impulsión o **con aire presurizado**, en los cuales el aire, y en algunos casos también el gas, es aportado mediante un sistema de ventilación forzada.

##### 8.2.1.1. Quemadores de llama blanca

Quemadores de llama blanca son aquellos en los que no se realiza la mezcla previa de gas y el aire.

Al principio todos los quemadores de gas eran de llama blanca. Consistían en un simple tubo metálico, dotado de orificios por donde salía el gas a la atmósfera. La llama tomaba el aire necesario para la combustión del ambiente que la rodeaba.



Los quemadores de llama blanca se caracterizan por no tener una entrada de aire primario, los orificios del quemador son muy finos, y están calibrados a la presión de suministro, con el fin de obtener la potencia prevista y las llamas estables.

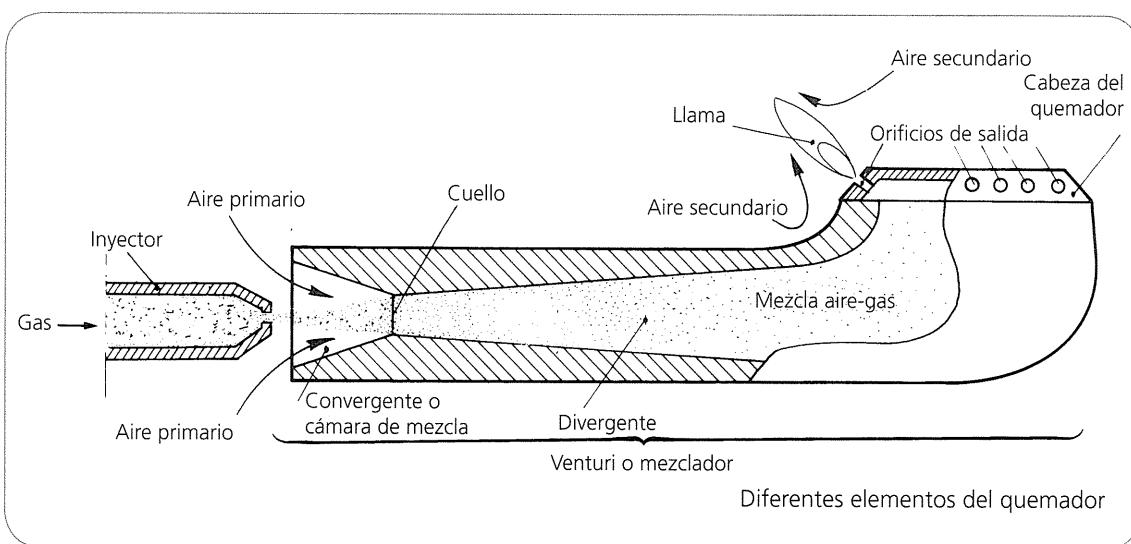
Normalmente los orificios son ranuras a fin de obtener llamas planas, en forma de mariposa, con lo que se aumenta la superficie de la llama de forma que se capte el máximo de aire secundario. En la actualidad no se utiliza este tipo de quemadores.

### 8.2.1.2. Quemadores de llama azul

Para la correcta combustión de los gases de alto poder calorífico se precisa disponer de una gran cantidad de aire que los quemadores de llama blanca no podrían suministrar aunque se aumentara el número de orificios de salida del gas.

Si en los generadores de llamas blancas se emplearan gases de alto poder calorífico se producirían llamas blancas demasiado largas que se desprenderían con facilidad además se correría el riesgo de producir una mala combustión (combustión incompleta).

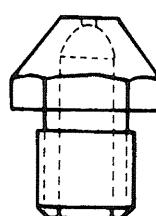
Estos problemas obligaron a desarrollar unos quemadores, como el mechero Bunsen, en los cuales el aire que se precisa para realizar una combustión completa se aporta en dos etapas: en la primera una parte del aire se mezcla con el gas antes de la combustión (**aire primario**) y en la segunda, el resto del aire se aporta a la altura de la llama (**aire secundario**). Las llamas de estos quemadores cuando están bien reguladas son estables y de color azul y la combustión es completa. A estos quemadores se les denomina **quemadores de llama azul**.



Como se puede observar en la figura anterior, el quemador de llama azul está compuesto por varias piezas, las cuales vamos a describir brevemente a continuación.

#### Inyector

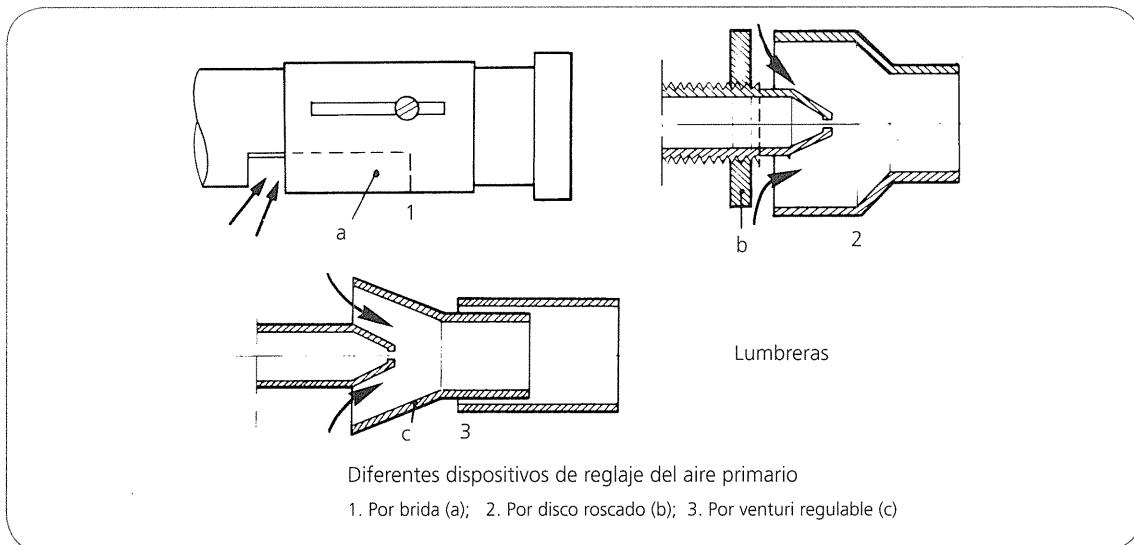
El inyector es la pieza mediante la cual se fija la potencia del quemador. Tiene un orificio que determina el caudal de gas según la presión de alimentación. Cualquier modificación del diámetro del orificio provoca la variación de la potencia del quemador. Si un inyector funciona correctamente, no debe modificarse su calibre ya que podría dar origen a una combustión defectuosa.



Injector calibrado

## Cámara de mezcla

La cámara de mezcla es el espacio donde se realiza la mezcla del aire primario y el gas. El aire primario entra en la cámara por la misma tobera que el gas o a través de unos agujeros practicados en las paredes del tubo, los cuales se llaman lumbreiras. Las lumbreiras pueden tener unos mecanismos que permiten regular la entrada de aire primario.



El aire primario entra en la cámara de mezcla gracias al efecto Venturi.

## Efecto Venturi

Un fluido que circule por un conducto horizontal de sección constante tiene la misma presión en todos sus puntos, ya que al ser horizontal la conducción, no hay diferencias de presión debidas a la altura.

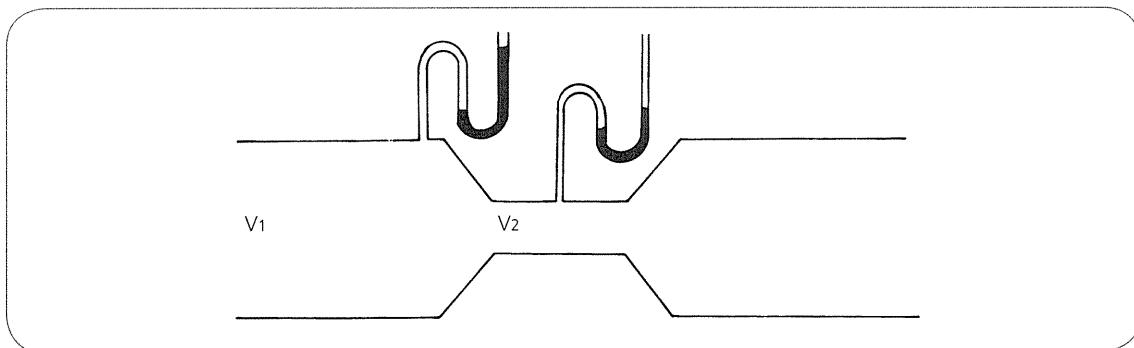
Cuando en una conducción horizontal hay una variación de sección, como el caudal es el mismo en toda su longitud debe cumplir que:

$$\text{Caudal} = S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2$$

Si la sección  $S$  es menor en un punto determinado de la conducción, la velocidad  $V$  aumenta en este punto en la misma proporción, porque el caudal debe mantenerse constante.

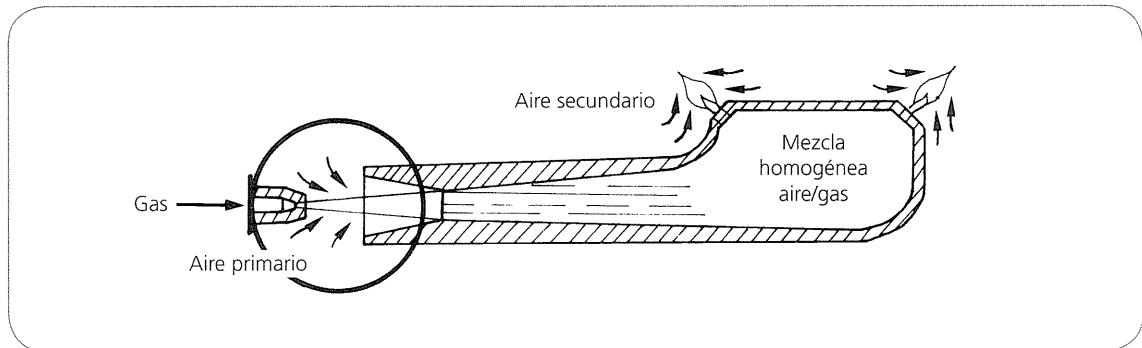
En este caso se produce un efecto muy curioso, contrario a lo que pudiera esperarse por intuición. La presión que el fluido ejerce sobre el tubo en su parte angosta es inferior a la presión que ejerce el mismo fluido en la parte ancha del tubo. Es decir, la presión disminuye allí donde la velocidad aumenta en una conducción en la que no varíe su nivel.

Este efecto puede comprobarse mediante la construcción que se representa en la figura,



en la que se observa que el manómetro que mide la presión en la parte estrecha indica menor presión que la que mide el manómetro instalado en la parte ancha.

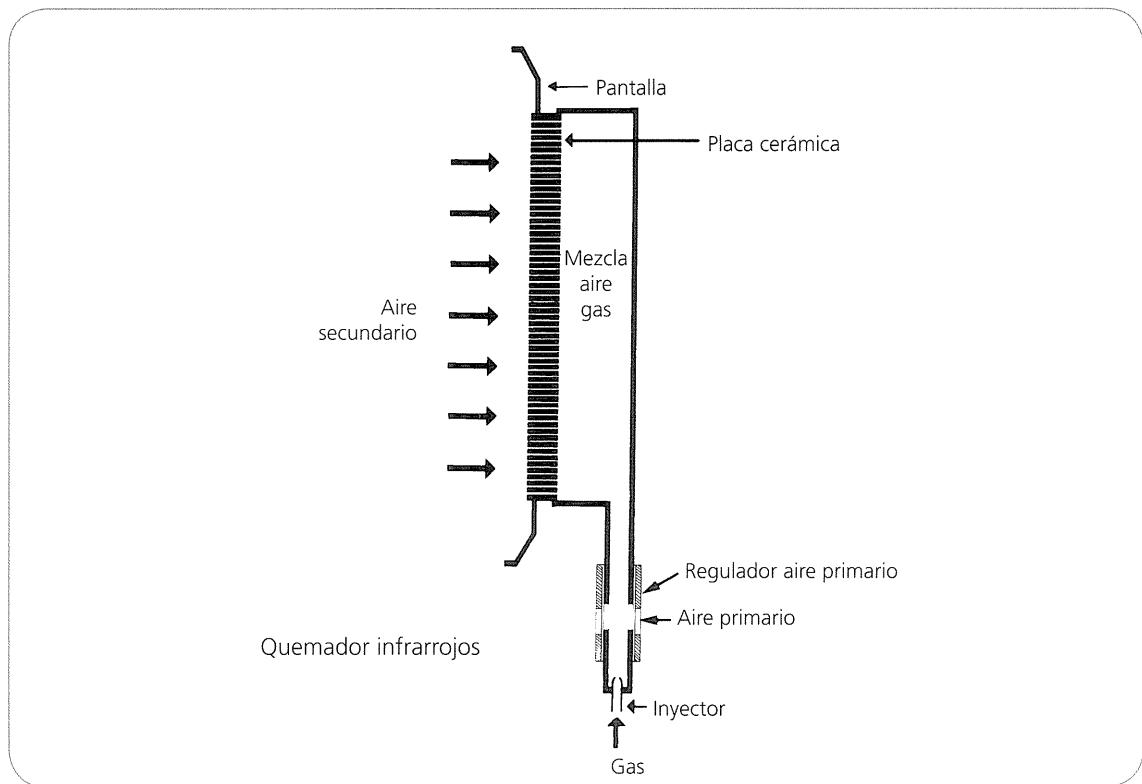
Veamos cual es la aplicación que tiene el efecto Venturi en los quemadores. El agujero del inyector es muy pequeño, y el gas cuando sale por éste lo hace a una velocidad muy elevada, lo que produce una depresión que absorbe aire que entra por las lumbreras mezclándose con el gas dentro del tubo.



### Cabeza del quemador

En la cabeza del quemador se encuentran los orificios de salida de la mezcla gas-aire. Las cabezas de los quemadores pueden tener múltiples formas, las cuales dependen de la aplicación a la que se encuentren destinados. El diseño de la cabeza se realiza de forma que mantenga la estabilidad de la llama y no se produzcan fenómenos de desprendimiento o retroceso.

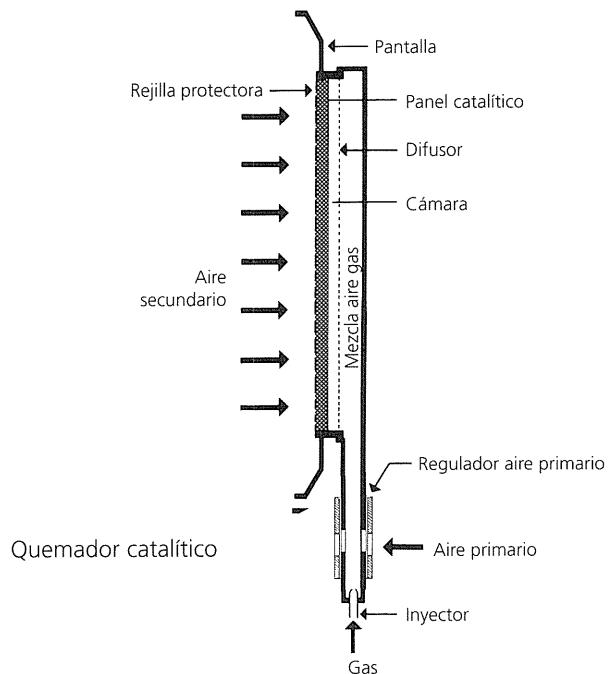
#### 8.2.1.3. Quemadores infrarrojos



El funcionamiento de un quemador infrarrojo es similar al de un quemador atmosférico de llama azul cuya cabeza está constituida por una placa cerámica perforada. La llama se forma en las proximidades del extremo exterior de los pequeños canales que tiene la placa cerámica. Al calentarse la placa se pone al rojo y genera calor en forma de radiación infrarroja.

Estos quemadores, además de su conocida utilización en las estufas domésticas, tienen otras aplicaciones en la industria. Una de las más usuales son los túneles de secado de pintura.

#### 8.2.1.4. Quemadores catalíticos



Los quemadores catalíticos difieren de los anteriores en que la combustión tiene lugar en el seno de una lana ignífuga (que no se quema), la cual se encuentra impregnada con un elemento catalizador, generalmente platino. El catalizador tiene la misión de favorecer la reacción química entre el combustible y el oxígeno del aire. En estos quemadores el proceso de combustión se da a una temperatura sensiblemente más baja que en un quemador normal, sin llama visible, pero con desprendimiento de calor.

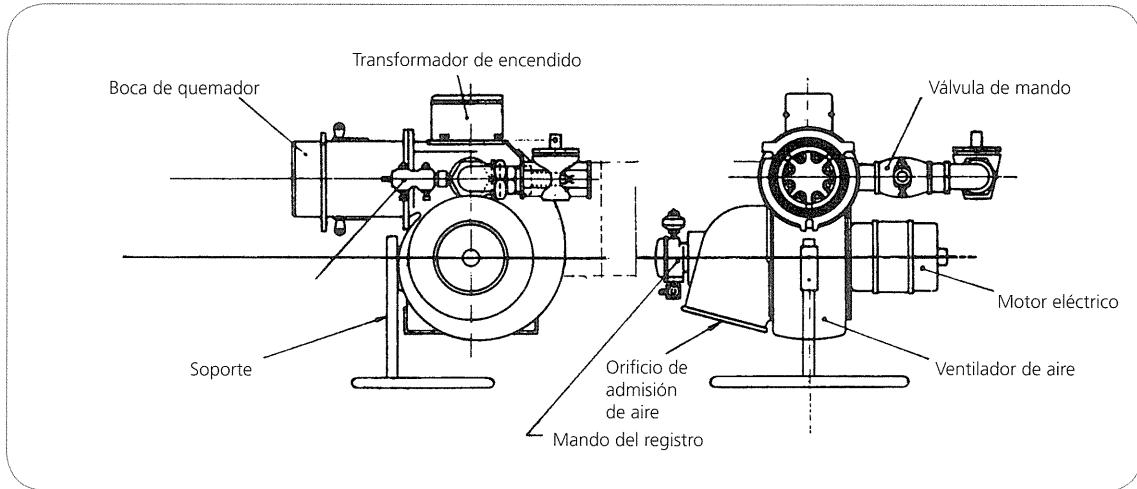
Para iniciarse la reacción química es necesario alcanzar una temperatura de 150 °C.

#### 8.2.2. Quemadores automáticos con aire presurizado (sólo categorías B y A)

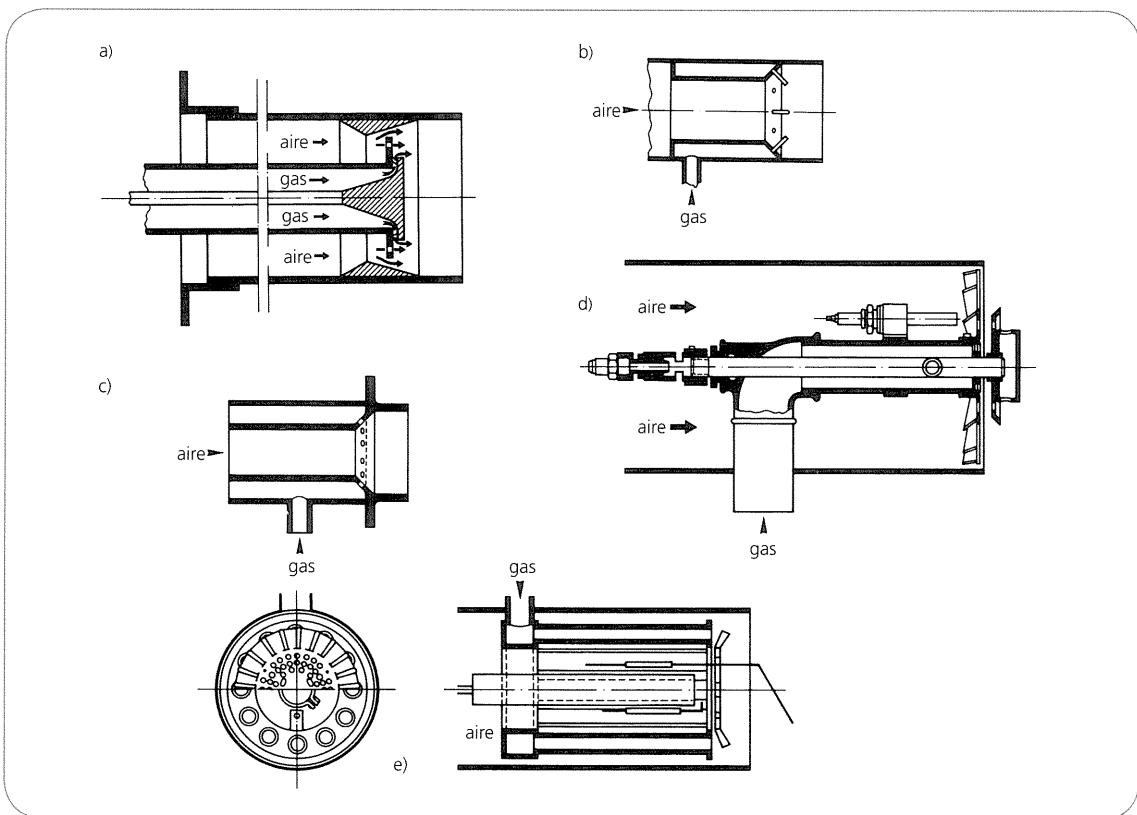
Estos quemadores se caracterizan por disponer de un sistema de alimentación forzada de aire y unos dispositivos de regulación, control y seguridad que los ponen en marcha o paran automáticamente en función de los valores de determinados parámetros (p.e. la temperatura del agua de una caldera). Se utilizan en aparatos que requieran una potencia elevada con hogares presurizados.

##### 8.2.2.1. Tipos

Los quemadores con aire presurizado corresponden, en general, al tipo denominado "mono-bloc" sin mezcla previa. Forman un conjunto compacto, muy utilizados en calderas de calefacción central, calderas para la producción de agua caliente sanitaria o calentamiento de otros fluidos térmicos. También se emplean en aplicaciones industriales tales como hornos, secaderos o generadores de aire caliente. Están indicados especialmente para cámaras de combustión a baja o media temperatura (a título indicativo, inferior a 600 °C) o para cámaras de combustión presurizadas (por ejemplo: Calderas pirotubulares).



En la figura anterior se representa, como ejemplo, el esquema de uno de estos quemadores, destacando sus principales componentes. En la figura siguiente se muestran diferentes soluciones para el diseño del cabezal del quemador para efectuar la mezcla del aire con el gas.



### 8.2.2.2. Descripción

Los quemadores de automáticos con aire presurizado están constituidos generalmente por los siguientes componentes:

- Las conducciones de aire y de gas y una cabeza de combustión provista de dispositivos favoreciendo la mezcla de los flujos de aire y gas, alimentados separadamente.
- Un ventilador de tipo centrífugo que proporciona el aire necesario para la combustión.
- Un sistema de ignición compuesto por un transformador de alta tensión y uno o dos electrodos de encendido. Algunos quemadores disponen de un piloto de encendido.

- Un sistema de detección de llama de respuesta prácticamente instantánea.
- Un sistema automático de maniobra que controla los dispositivos de encendido y seguridad y regula los caudales de aire y de gas, en función de la demanda térmica, manteniendo su proporcionalidad, ya sea de forma modulante (a pequeños intervalos), por etapas de potencia (en general dos o tres) o todo – nada.
- Unos presostatos de seguridad que bloquean el funcionamiento del quemador en caso de falta de presión de aire o exceso o defecto de presión de gas.
- Unas válvulas automáticas de seguridad, normalmente electromagnéticas, de cierre de paso de gas.

La secuencia de las operaciones automáticas de puesta en marcha es la siguiente:

- Autocontrol del estado de los circuitos del sistema de maniobra y del detector de llama (esta operación es opcional).
- Puesta en marcha del ventilador del quemador para efectuar una ventilación previa de la cámara de combustión con aire (llamado "barrido"). Esta operación tiene por objeto eliminar cualquier traza de mezcla de aire y gas que se hubiera podido formar y acumular durante el tiempo de parada. Se estima que este barrido es suficiente cuando se ha renovado cuatro veces el volumen de la cámara de combustión y conductos hasta la base de conexión con la chimenea. Con el caudal nominal de los ventiladores de aire de combustión en cámaras de dimensiones corrientes con respecto a su potencia, la puesta en marcha se realiza en un tiempo que oscila entre 30 s y 1 min. Este tiempo viene determinado por la norma establecida por el constructor. Para instalaciones de aparatos especiales este tiempo puede ser superior.
- Activación del sistema de encendido (chispa eléctrica).
- Apertura del circuito de gas, ya sea el quemador piloto o directamente el quemador principal a plena potencia o a caudal reducido, si fuera necesario.
- Activación del sistema de detección de llama.
- Desactivación del sistema de encendido.
- A partir de este momento, el sistema de regulación realiza automáticamente las sucesivas operaciones de encendido y apagado, repitiéndose toda la secuencia.

Si al arrancar el quemador no se produce el encendido de la llama dentro del margen de tiempo de seguridad (2 ó 3 segundos), se bloquea el sistema impidiendo la llegada de gas al quemador principal hasta que se corrija la anomalía.

Si el detector de llama detecta un fallo en la misma se produce igualmente el bloqueo del sistema.

## 8.3. COMPORTAMIENTO DE LA LLAMA EN LOS QUEMADORES

### 8.3.1. Funcionamiento correcto

#### **Estabilidad de la llama**

La mezcla de gas/aire sale por los orificios de la cabeza del quemador avanzando a una velocidad determinada mientras que su combustión se produce a otra velocidad de sentido opuesto (velocidad de propagación). Para que la llama quede en equilibrio en la cabeza del quemador es necesario que estas dos velocidades sean aproximadamente iguales. En este caso se dice que la llama es estable.

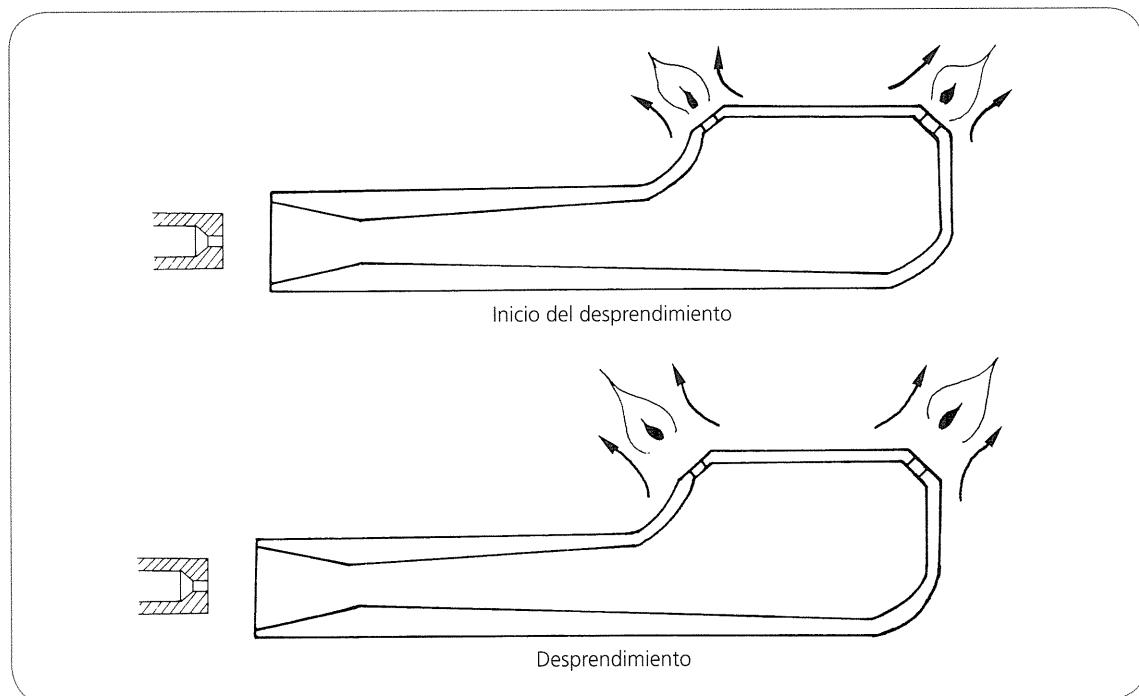
Seguidamente se describen los efectos indeseados que pueden darse en un quemador.

### 8.3.2. Funcionamiento defectuoso

#### *Desprendimiento de la llama*

El desprendimiento de la llama se produce cuando la velocidad de salida de la mezcla aire-gas por los orificios de la cabeza del quemador es superior a la velocidad de propagación de la combustión, se corrige disminuyendo la presión de alimentación o cambiando el inyector o interponiendo un obstáculo a la salida de la mezcla aire-gas (ejemplo: Rejilla en los mecheros Bunsen). También puede darse este fenómeno si existe un exceso de aire primario, en este caso deben ajustarse las lumbreras del quemador. Tienen tendencia al desprendimiento los quemadores que se encuentran alimentados por gas natural, butano propano o sus mezclas con aire debido a su baja velocidad de propagación.

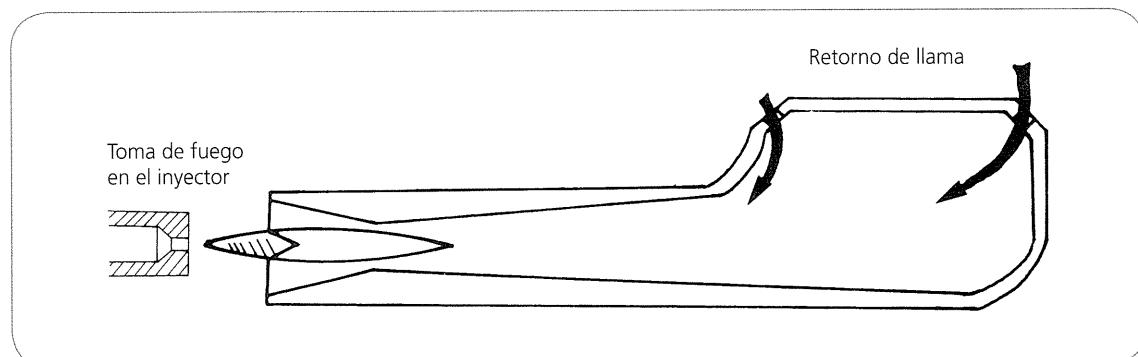
En la siguiente figura se puede observar una llama desprendida.



#### *Retorno de la llama*

El retorno de la llama se produce cuando la llama se propaga al interior del quemador y es debido a que la velocidad de salida de la mezcla aire-gas es menor que la velocidad de propagación de la combustión. Se corrige aumentando la presión de alimentación o cambiando el inyector. Tienen tendencia al retorno los quemadores alimentados con gas ciudad.

La siguiente figura muestra el retorno de la llama o toma de fuego en el inyector.



### Puntas amarillas

El fenómeno de las puntas amarillas se caracteriza por la aparición de flecos amarillos en la cima del cono azul en el interior de la llama. Estos flecos amarillos son debidos a la formación de partículas de carbono en el interior de la llama producidos por una incorrecta combustión de los hidrocarburos que componen el gas combustible. Estas partículas de carbono están sometidas a temperaturas muy elevadas, por lo que, llevadas a la incandescencia dan la coloración amarilla de la llama.

Estas partículas de carbono deben recibir el oxígeno necesario para su combustión antes de que su temperatura sea demasiado baja porque sino se escapan de la llama, pudiéndose depositar sobre superficies frías formando hollín.

La aparición de puntas amarillas es característica de cada gas y se produce cuando hay un exceso de gas combustible o una falta de aire primario.

## 8.4. PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

Los productos de la combustión completa de un combustible gaseoso están compuestos por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), aparte del nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) procedente del aire.

En una combustión defectuosa puede ocurrir que parte del combustible no llegue a quemarse o que se queme mal, formándose monóxido de carbono (CO) y carbono (C) por lo que en los productos de la combustión se encontrarían además del  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{N}_2$ , combustible sin quemar, CO y C.

En la práctica, las combustiones de los combustibles gaseosos se pueden considerar como completas ya que la normativa exige que la producción de CO sea inferior al 0,1 %.

## 8.5. RENDIMIENTO

El rendimiento de un proceso es la relación entre la energía realmente útil que se obtiene y la energía que se emplea. En una combustión es la relación entre el calor útil y la energía del combustible empleada para obtenerlo

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Calor útil}}{\text{Energía del combustible}}$$

El calor útil es la parte de la energía contenida en el combustible que realmente podemos aprovechar, es decir, después de deducir las pérdidas propias del proceso y que a continuación se relacionan:

- Pérdidas por combustión defectuosa
- Pérdidas por transmisión de calor
- Pérdidas debidas a la temperatura de los productos de la combustión evacuados a la atmósfera.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Energía combustible} - \text{Pérdidas}}{\text{Energía del combustible}}$$

Para las calderas murales el rendimiento mínimo ha de ser superior al 82%, en los aparatos domésticos de cocción es del orden del 55% y en los calentadores instantáneos entre el 80 y el 88% considerado sobre el poder calorífico inferior del combustible.

Para un proceso o equipo de producción de calor dado, el rendimiento térmico será mayor a medida que el calor de los humos sea menor. Si suponemos que las pérdidas sólo se deben al calor que se escapa por la chimenea al salir los humos calientes, el rendimiento sería:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Calor útil}}{\text{Energía del combustible}} = \frac{\text{Energía combustible} - \text{Calor que se va en los humos}}{\text{Energía del combustible}}$$

Por ello, para tener un rendimiento térmico alto interesa evacuar los productos de la combustión lo más fríos posible. En los aparatos clásicos, el punto de rocío de los humos, es decir, la temperatura a la que condensa el agua que se produce en la combustión del gas, marca el límite de temperatura de salida de humos ya que esta agua es corrosiva y en poco tiempo deteriora los aparatos. Desde hace pocos años existen equipos especiales, las calderas de condensación, fabricadas con materiales adecuados para soportar esta corrosión, que pueden aprovechar incluso el calor de condensación del agua de los productos de la combustión. Estas calderas de condensación pueden alcanzar rendimientos muy altos, del orden del 95% respecto a PCS del combustible.