

PARTE 3:

COMBUSTIÓN DE LOS APARATOS DE GAS

INDICE

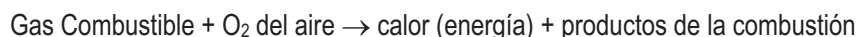
1. CONSIDERACIONES PREVIAS	3
2. TIPOS DE COMBUSTIÓN	4
3. PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN	5
4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA COMBUSTIÓN	6
4.1. Poder comburívoro	6
4.2. Poder fumígeno	6
4.3. Poder calorífico (PC)	6
4.4. Exceso de aire y/o tasa de aireación	7
4.5. Rendimiento de la combustión	8
5. LA LLAMA	8
5.1. Consideraciones previas	8
5.2. Llama sin mezcla previa (llama blanca).....	9
5.3. Llama con mezcla previa (llama azul).....	9
5.4. Velocidad de propagación de la llama	10
5.5. Estabilidad de la llama	10
5.6. Color de la llama.....	11
6. RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS	11
6.1. Generalidades.....	11
6.2. Causas de generación de CO en aparatos.....	11
6.3. Factores para la acumulación de los productos de la combustión.....	12
6.4. Consideraciones generales de seguridad.....	13
6.4.1. Medidas generales de seguridad.....	13
6.4.2. Medidas adicionales de seguridad en caso de que existan indicios razonables de presencia de gas	13
6.4.3. Intoxicación y primeros auxilios.....	13

Tabla 4 15

1. CONSIDERACIONES PREVIAS

La combustión es una reacción química entre el oxígeno y un combustible que desprenden calor (reacciones exotérmicas). El resultado de la reacción es generalmente la formación de llamas con desprendimiento de calor.

Los productos de la combustión son siempre gases. El esquema más sencillo de una combustión sería:



En la práctica, los gases combustibles están compuestos por hidrocarburos de fórmula general C_xH_y . En el caso particular de la combustión completa de un combustible gaseoso, los productos de la combustión están formados por dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O).

Para que una combustión tenga lugar han de coexistir tres factores:

- Combustible.
- Comburente.
- Energía de activación.

Estos factores están representados en el triángulo de la combustión (figura 1). Si falta alguno de ellos, la combustión no puede llevarse a cabo.

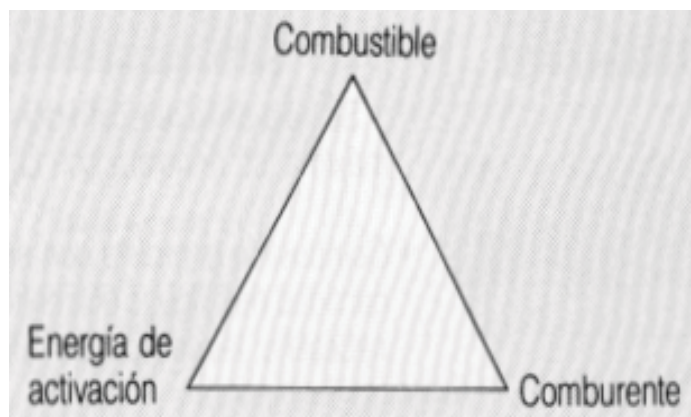


Figura 1 - Triángulo de la combustión

El combustible actúa como reductor en las reacciones de oxidación que tienen lugar. Un material es combustible cuando es susceptible de quemarse bajo unas condiciones determinadas, es decir, tiene tendencia a combinarse con el oxígeno (por ejemplo gas natural, gasolina, etc.).

El otro elemento que se necesita para la combustión es el oxígeno o un gas, como el aire, que contenga oxígeno mezclado. A este elemento le llamamos comburente. El comburente es por tanto todo agente que hace posible la combustión del gas en su presencia, y actúa como oxidante.

La energía de activación es la cantidad de energía puntual que hay que aportar a la mezcla de combustible y comburente para que se inicie la combustión.

2. TIPOS DE COMBUSTIÓN

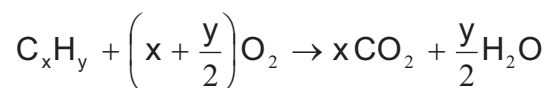
En las reacciones anteriores se ha supuesto que todo el carbono se transforma en dióxido de carbono.

En la realidad ello no siempre es así por diferentes causas (mezcla incorrecta, defectos de aire,...), y se pueden definir cuatro tipos de combustión, en función de los diferentes productos de la combustión.

- *Combustión estequiométrica completa.*

Es aquella en la que se utiliza la cantidad justa y exacta de oxígeno, a fin de oxidar todo el carbono a dióxido de carbono y el hidrógeno a agua.

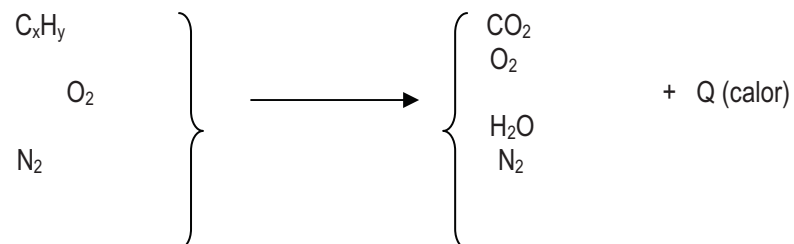
Únicamente produce como productos resultantes dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua.



Sólo se consigue en condiciones de laboratorio.

- *Combustión completa con exceso de aire.*

En este caso, al ser mayor la cantidad de oxígeno que entra en la reacción que la estequiométricamente necesaria, la reacción y productos que se producen son:



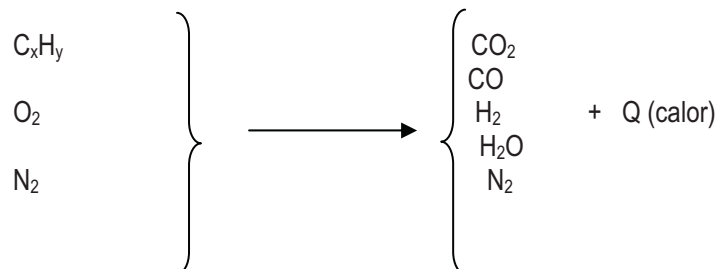
Es la reacción de combustión que se debe de producir en los aparatos con el objeto que no se produzca monóxido de carbono (CO), compuesto caracterizado por su toxicidad.

En esta reacción la cantidad de calor desprendido es la misma, pero al producirse más productos de combustión la temperatura que se alcanza es menor que en una combustión estequiométrica, ya que el calor resultante debe repartirse entre más productos resultantes diferentes.

El exceso de aire debe estar entre los coeficientes 1,5 y 3 (parámetro definido en el apartado 4.4).

- *Combustión imperfecta con defecto de aire.*

Tiene lugar cuando al no existir oxígeno suficiente para oxidar todo el carbono existente en la mezcla, se obtiene, además de los productos de la combustión normales, monóxido de carbono e hidrógeno entre otros:



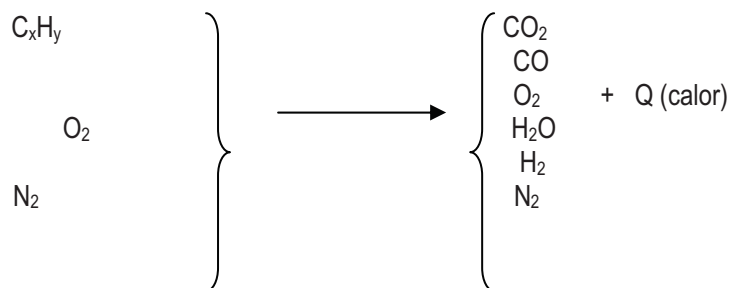
En esta reacción de combustión se produce monóxido de carbono (CO), compuesto caracterizado por su toxicidad.

El calor producido es menor que en caso anterior.

- *Combustión imperfecta con exceso de aire.*

En las combustiones donde no hay una buena mezcla entre el combustible y el comburente existente, se producen reacciones en las que se obtienen inquemados, así como oxígeno sin reaccionar, desaprovechándose parte de la energía.

Su forma general es:



En esta reacción de combustión también se produce monóxido de carbono (CO), compuesto caracterizado por su toxicidad.

El calor producido también es menor que en la combustión completa con exceso de aire.

3. PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

Los productos de la combustión no tienen ninguna utilidad, por lo que deberán ser evacuados hacia el exterior de los locales, por medio de conductos de evacuación o mediante rejillas y otros sistemas autorizados.

Los productos de la combustión completa de un combustible gaseoso están compuestos por dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua (H₂O), aparte del nitrógeno (N₂) 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 CO₂, H₂O y N₂, 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 %.

4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA COMBUSTIÓN

4.1. Poder comburívoro

Es la mínima cantidad de aire necesaria (oxígeno estequiométrico) para asegurar la combustión completa de un metro cúbico de gas. Este valor es útil para los estudios de ventilación y evacuación de productos de combustión. Se expresa por la relación de m^3 de aire por m^3 de gas en condiciones normales.

Aproximadamente se precisan unos $10 \text{ m}^3(\text{n})$ de aire por $\text{m}^3(\text{n})$ de gas natural (según su procedencia), $23,6 \text{ m}^3(\text{n})$ de aire por $\text{m}^3(\text{n})$ de propano comercial y $30,7 \text{ m}^3(\text{n})$ de aire por $\text{m}^3(\text{n})$ de butano comercial.

El poder comburívoro se expresa en $\text{m}^3(\text{n})$ aire/ $\text{m}^3(\text{n})$ gas.

4.2. Poder fumígeno

Es la cantidad de productos de combustión medidos en $\text{m}^3(\text{n})$ que se obtienen en una combustión estequiométrica por unidad de volumen de gas.

El poder fumígeno se expresa en $\text{m}^3(\text{n})$ gases combustión/ $\text{m}^3(\text{n})$ gas. En función de considerar o no el vapor de agua existente en los productos de la combustión, se obtiene el poder fumígeno húmedo y seco, respectivamente.

Aproximadamente se obtienen unos $11,2 \text{ m}^3(\text{n})$ de productos de combustión por $\text{m}^3(\text{n})$ de gas natural (según su procedencia), $25,4 \text{ m}^3(\text{n})$ de productos de combustión por $\text{m}^3(\text{n})$ de propano comercial y $33,1 \text{ m}^3(\text{n})$ de productos de combustión por $\text{m}^3(\text{n})$ de butano comercial, en el caso de poder fumígeno húmedo.

En el caso de poder fumígeno seco se obtienen unos $9,2 \text{ m}^3(\text{n})$ de productos de combustión por $\text{m}^3(\text{n})$ de gas natural (según su procedencia), $21,6 \text{ m}^3(\text{n})$ de productos de combustión por $\text{m}^3(\text{n})$ de propano comercial y $28,3 \text{ m}^3(\text{n})$ de productos de combustión por $\text{m}^3(\text{n})$ de butano comercial.

4.3. Poder calorífico (PC)



Cantidad de calor producido por la combustión completa, a una presión constante e igual a $1013,25 \text{ mbar}$, de la unidad de volumen o de masa de gas, estando tomados los componentes de la mezcla combustible en las condiciones de referencia, y siendo conducidos los productos de la combustión en las mismas condiciones.

Se distinguen dos tipos de poder calorífico:

– El poder calorífico superior: El agua producida por la combustión está supuestamente condensada.

Símbolo: Hs

– El poder calorífico inferior: El agua producida por la combustión permanece supuestamente en estado de vapor.

Símbolo: Hi

Unidades:

– Megajulios por metro cúbico de gas seco tomado en las condiciones de referencia (MJ/m³(ref)).

– Megajulios por kilogramo de gas seco (MJ/kg).

La tabla 1 muestra los valores de poderes caloríficos de diferentes gases combustibles.

Gas	PCS	PCI
Hidrógeno	3.050 kcal/m ³ (n)	2.750 kcal/m ³ (n)
Metano	9.530 "	8.570 "
Propano	24.350 "	22.380 "
n Butano	32.060 "	29.560 "
Gas ciudad	4.200 "	3.710 "
Gas natural	10.200 "	9.200 "
Propano comercial	12.050 kcal/kg	11.080 kcal/kg
Butano comercial	11.880 "	10.950 "

Tabla 1 - Poderes caloríficos de los gases combustibles.

Las unidades habituales son, el kilovatio.hora (kWh) y el kilojulio (kJ). Como unidad en desuso existe la kilocaloría (kcal).

Ejemplo de conversión: 1 kWh = 3,6 x 10³ kJ = 860,112 kcal

Si se expresa por unidad de volumen o de masa de gas, las unidades mas habituales son el kilovatio.hora por m³ (kWh/m³), o el kilovatio.hora por kg (kWh/kg), utilizada para los GLP.

4.4. Exceso de aire y/o tasa de aireación.

En la práctica, las combustiones estequiométricas son difíciles de conseguir, ya que exigirían una mezcla perfecta entre gas y aire de combustión y un aporte exacto de aire.

Usualmente se prefiere que exista un exceso de aire, a fin de asegurar la calidad de la mezcla y la oxidación total del carbono, ya que la pérdida térmica por el calentamiento de este exceso de aire es inferior a la que supondría la aparición de inquemados como el monóxido de carbono (CO) en los productos de combustión, como ocurriría en el caso de combustión incompleta, además de evitar el peligro de toxicidad que comporta este gas.

La tasa de aireación o índice de exceso de aire ($n_{o\lambda}$) es la relación entre el aire real utilizado en la combustión y el aire teórico que se necesitaría en la combustión estequiométrica.

$n = \lambda = 1$	combustión estequiométrica. Exceso o defecto de aire = 0
$n = \lambda > 1$	combustión con exceso de aire. Exceso de aire = $(n-1) \times 100$
$n = \lambda < 1$	combustión con defecto de aire. Defecto de aire = $(n-1) \times 100$

La combustión correcta tendrá lugar para valores de λ entre 1,5 y 3.

Para $\lambda < 1$ se producirá monóxido de carbono (CO).

4.5. Rendimiento de la combustión

Se define como rendimiento de la combustión a la relación entre el calor útil obtenido Q y el calor total que aporta el gas combustible Q_{total} .

$$\eta = \frac{Q}{Q_{total}} \times 100$$

5. LA LLAMA

5.1. Consideraciones previas.

La llama es la manifestación visible y calorífica de la reacción de combustión. En la práctica existen distintos tipos de llama, en función de la mezcla entre el combustible y el comburente.

En la figura 2 se observa un mechero "bunsen", que es un quemador que tiene en su cuello un dispositivo regulable, que permite la entrada de aire el cual se mezcla con el gas antes de su combustión.

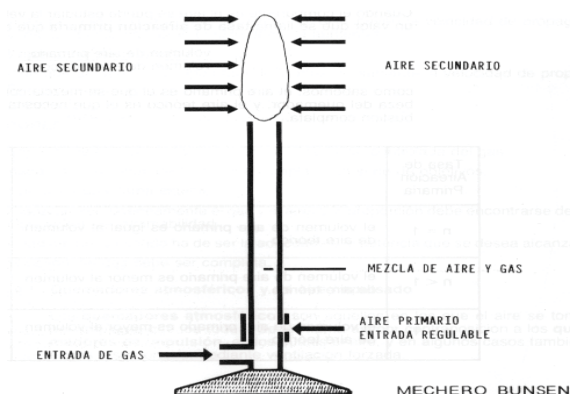


figura 2

El aire que se mezcla con el gas antes de su combustión se llama aire primario (mezcla previa) y el que toma la llama directamente del ambiente que la rodea, aire secundario (sin mezcla previa).

Como quiera que el volumen de aire en una combustión es mucho mayor que el del gas combustible (véase apartado 4.1.), es en último término su control lo que define la forma y dimensiones de la llama.

El quemador tipo Bunsen (atmosférico, con aire primario), es utilizado en los aparatos de iluminación. Su cabeza se encuentra envuelta por una bolsita de tejido de algodón especial. La combustión tiene lugar en su interior y se produce la reacción buscada: intensificar la luz producida.

La bolsa citada está impregnada de nitratos especiales metálicos que, al quemarse el algodón, dan lugar a una estructura formada por óxidos de dichos metales, los cuales, al ponerse incandescentes, producen una luz blanca e intensa.

El conjunto quemador-bolsa se encuentra dentro de un tubo de vidrio que protege a la bolsa, pues una simple corriente de aire la destruiría. El vidrio está esmerilado para evitar deslumbramiento.

Con un caudal de gas consumido de 50 g/h se llega a producir una iluminación equivalente a la obtenida con una lámpara de 100 W.

5.2. Llama sin mezcla previa (llama blanca).

Se trata de una llama de gran longitud pero de baja temperatura.

Se muestra de color amarillo, debido fundamentalmente a la presencia de carbono libre que sólo ha alcanzado la temperatura necesaria para ponerse incandescente sin llegar a oxidarse.

5.3. Llama con mezcla previa (llama azul).

Al existir una mezcla previa entre el combustible y comburente, se obtienen llamas cortas de color azulado y de alta temperatura.

En caso de que el comburente incorporado no sea suficiente para garantizar la combustión completa, se produce una segunda zona de llama incolora, dando lugar a un penacho que recubre la anterior (figura 3).

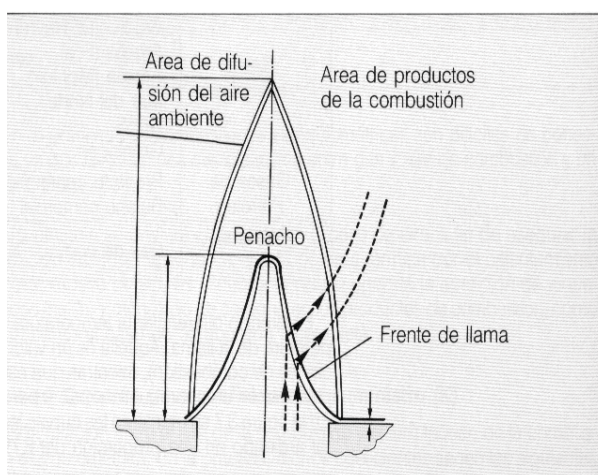


Figura 3 - Esquema de una llama con mezcla previa.

5.4. Velocidad de propagación de la llama

La velocidad de propagación de la llama es la velocidad a la cual se produce la combustión de la mezcla aire-gas que sale por el quemador, y se mide en cm/s. Según va saliendo la mezcla inflamable por la cabeza del quemador, el frente de llama va avanzando y quemando la mezcla.

Este es un aspecto de extraordinaria importancia para la estabilidad de la llama, tal y como se verá en el apartado 5.5.

La velocidad de propagación o avance de la llama depende de:

- la proporción entre el combustible y el comburente con que se realiza la mezcla previa (denominada tasa de aireación primaria).
- las características del gas.
- las características del comburente. Los gases no combustibles como el nitrógeno presente en el aire ambiente disminuyen la velocidad de propagación, al contrario que los gases combustibles como el hidrógeno que la aumentan.
- la temperatura de la mezcla. A medida que aumenta la temperatura de la mezcla, aumenta la velocidad de propagación.

5.5. Estabilidad de la llama

Para que la llama quede adherida al quemador, debe existir un equilibrio entre la velocidad de salida de la mezcla combustible por el quemador y la velocidad de avance de la llama.

La inestabilidad de la llama se produce por:

- Aumento de la velocidad de salida de la mezcla aire-combustible en relación a la velocidad de avance de la llama hasta un límite que pueda producir un despegue o desprendimiento de la llama.
- Disminución de la velocidad de salida de la mezcla aire-combustible en relación a la velocidad de avance de la llama hasta un límite que pueda producir un retroceso de la llama.

Este último fenómeno suele ser frecuente en gases con alto contenido en hidrógeno, debido a su alta velocidad de propagación de llama, tal y como se ha apuntado en el apartado 5.4.

Los diferentes factores que influyen en la estabilidad y aspectos de las llamas son los siguientes (tabla 2):

VARIACIÓN DE UN FACTOR QUEDANDO LOS DEMÁS CONSTANTES	TENDENCIA AL DESPRENDIMIENTO	TENDENCIA AL RETORNO DE LLAMA	APARICIÓN DE LAS PUNTAS AMARILLAS (CALIDAD DE LA COMBUSTIÓN)
Porcentaje de aireación primaria ↑	↑	↑	↓
Diámetro del inyector ↑	↑	↓	↑
Diámetro de los orificios ↑	↓	↑	↑
Profundidad de los orificios / diámetro ↑	↓	↓	nulo
Sección de salida ↑	↓	↑	↓
Separación de los orificios ↑	↑	nulo	↓

Tabla 2

La estabilidad de la llama se encuentra muy relacionada con el comportamiento de la llama en los quemadores, tal y como se verá en la parte 4 de quemadores.

5.6. Color de la llama

En una combustión completa, con correcta regulación de gas y de aire, la llama debe presentar un penacho casi transparente, y en el centro del cual un cono azul o azul verdoso, según el gas, y estable.

Si cerramos totalmente la entrada de aire primario, veremos que la llama adquiere un color amarillento, según 5.2 de esta parte. Esto es debido a que la combustión es incompleta ya que el aire que toma del ambiente que la rodea no es suficiente para el volumen del gas que sale por el quemador. Esta llama se denomina llama blanca debido a su color.

A medida que aumentamos la entrada de aire primario la llama se vuelve de color azul y estable, según apartado 5.3 de esta parte, lo cual nos indica que la combustión se vuelve más completa. Esta llama se denomina llama azul debido a su color.

La llama azul tiene indudables ventajas frente a la llama blanca (tabla 3), pues en los quemadores de llama azul pueden consumirse, de forma óptima, grandes caudales de gas, y la temperatura que se alcanza es superior a la lograda en un quemador de llama blanca.

	Ventajas	Inconvenientes
Llama blanca	Gran longitud, a veces necesaria	Menor temperatura. Produce hollín al contacto con paredes frías.
Llama azul	Mayor temperatura. No produce hollín. Se puede concentrar la fuente de calor	La entrada de aire primario debe ser bastante precisa, para que no se produzca el desprendimiento o retroceso de la llama.

Tabla 3

6. RIESGO PARA LA SALUD DE LAS PERSONAS

6.1. Generalidades

La realización de trabajos en los que puede estarse en contacto accidentalmente con los gases combustibles para los que se está trabajando, obliga a tomar conciencia de los riesgos que implica su respiración momentánea, y en su caso, a disponer de aquellos dispositivos de higiene y seguridad que libre de los posibles efectos nocivos.

6.2. Causas de generación de CO en aparatos

La generación del monóxido de carbono en los aparatos (principalmente calderas, calentadores, encimeras vitrocerámicas) es consecuencia de una mala combustión en éstos. Una mala combustión puede detectarse, si se tiene suficiente práctica, por el olor característico de los humos, semejante al de los gases del tubo de escape de un automóvil cuando su motor está frío y funciona con el "starter" cerrado.

La generación elevada de CO en los productos de la combustión puede ser debida a una serie de causas. Estas causas pueden ser permanentes o puntuales.

- Causas permanentes: (el analizador de la combustión detectará la mala combustión).

- Mal estado del aparato, con presencia de carbonilla y posible obstrucción interna del intercambiador. Detectable ocularmente o al sacar la carcasa del aparato.
 - Exceso de consumo. Para ello debe efectuarse el litrado del aparato y contrastarlo con el litrado indicado en la tabla de adecuación. El exceso de consumo afecta a:
 - tendencia del aparato en generar CO.
 - incremento del volumen de humos generados.
 - Presión incorrecta del gas de llegada al aparato, funcionando éste.
 - Obstrucciones importantes del conducto de evacuación de los productos de la combustión (escombros, nidos, taponamientos, etc).
- Causas puntuales: (el analizador de la combustión sólo detectará combustión incorrecta si se reproducen las circunstancias iniciales).
 - Influencia de las condiciones meteorológicas (principalmente viento) en un conducto a fachada, o en menor medida en un conducto comunitario (shunt o chimenea).
 - Efecto de la campana extractora de la cocina. Caso de existir campana extractora, el análisis de los productos de la combustión debe efectuarse con la campana en marcha y parada. Se debe investigar si durante los hechos estaba en marcha.

6.3. Factores para la acumulación de los productos de la combustión

En el caso de vitrocerámicas a gas, son muy importantes las ventilaciones (su existencia, la ubicación, tipo directo o indirecto, las superficies, etc) del local-cocina y de las características de la galería anexa (caso de existir) y aberturas de puertas y/o ventanas que comuniquen este local con los locales donde estaban las personas afectadas.

En el caso de calderas y calentadores, además de lo anterior, también influyen las características de los conductos de evacuación de los productos de la combustión, tal y como se detalla a continuación:

- Conducto individual conectado a conducto vertical (el tiro lo efectúa el conducto vertical).
 - Tipo del conducto vertical (shunt colectivo, chimenea colectiva o conducto vertical individual).
 - Material, estado y diámetro del conducto individual.
 - Existencia de pendientes no positivas.
 - Sellado de las uniones.
 - Existencia de tramo vertical > 20 cm.
- Conducto individual evacuando al exterior (el tiro lo efectúa el propio conducto individual). Además de lo indicado para el caso anterior:
 - Ganancia total de cota desde collarín a salida deflector.
 - Existencia o no de deflector, tipo de deflector y si sobresale >10 cm de la pared.
 - Existencia de abertura permanente, pared lateral, cornisa o voladizo a menos de 40 cm de salida del deflector.
 - Exterior como fachada, patio interior resguardado o situaciones mixtas.

Cuando se efectúe el análisis de los productos de la combustión, debe verificarse la existencia de "revoco" en el cortatiros.

En definitiva, todo lo explicados anteriormente puede resumirse en el cumplimiento de las condiciones reglamentarias.

6.4. Consideraciones generales de seguridad

6.4.1. Medidas generales de seguridad

Como requisitos generales de seguridad para efectuar trabajos en instalaciones receptoras de gas en servicio, con independencia de otras más concretas que se tomen en consideración para realizar operaciones específicas, se deben tomar las siguientes medidas:

- No fumar durante los trabajos.
- No efectuar trabajos en presencia de fuegos, hogares encendidos o focos calientes, en los locales donde se trabaje.
- No manipular las llaves de la instalación común que se encuentren precintadas, hasta la reparación de la avería.
- Cuando se produzcan interrupciones de los trabajos en curso, se deben tomar las medidas de seguridad adecuadas para asegurar la ausencia de gas y evitar la manipulación por parte de terceros, bloqueando si es posible la llave de corte correspondiente, colocando tapones, etc.
- Cualquier operación en que sea necesario proceder al vaciado de gas del interior de la instalación, se debe hacer de forma que no quede posibilidad de que exista mezcla aire - gas comprendida entre los límites de inflamabilidad.

6.4.2. Medidas adicionales de seguridad en caso de que existan indicios razonables de presencia de gas

Además de las medidas generales indicadas en el apartado 6.4.1, como requisitos específicos de seguridad cuando se efectúen trabajos en zonas o locales donde existan indicios razonables de presencia de gas, se deben tomar las siguientes medidas adicionales:

- No se deben accionar los interruptores eléctricos (se incluye no apagar las luces ni los equipos en funcionamiento), ni generar chispas o llamas, y se debe proceder de inmediato a ventilar el local y a cerrar la llave de paso del gas.
- En trabajos en un recinto cerrado con presencia de gas, se deben verificar las condiciones ambientales mediante el uso de detectores adecuados antes de entrar, y realizar medidas periódicas de la presencia de gas en el ambiente.
- Cuando sea necesaria iluminación complementaria en trabajos con presencia de gas, se deben utilizar lámparas o linternas de seguridad.

6.4.3. Intoxicación y primeros auxilios.

Los efectos sobre el organismo humano pueden ser de dos tipos: asfixia o intoxicación. La asfixia se produce por el empobrecimiento del nivel de oxígeno en el aire ambiente a causa de la presencia de otros gases que lo desplazan, en nuestro caso gases combustibles. La intoxicación (casi siempre por inhalación de monóxido de carbono (CO)) se produce por la respiración de gases que son ya en sí mismos nocivos y perjudiciales para el organismo humano.

En el caso de una fuga de un gas que no contiene CO se produciría asfixia. Si el gas tiene CO se produciría intoxicación, debido a que el monóxido de carbono (CO) que contiene actuaría antes de que se desplazara el oxígeno de la atmósfera.

En ocasiones se confunden ambos efectos, pero ni sus causas ni sus consecuencias son las mismas. Para distinguir ambos efectos (intoxicación o asfixia) puede ser útil saber que los intoxicados por monóxido de carbono suelen presentar un color sonrosado, mientras que los asfixiados tienen un color azulado (cianótico). Cuando un asfixiado se recupera, es posible que no precise de ninguna nueva atención sanitaria, aunque siempre será recomendable que lo reconozca un médico; sin embargo los intoxicados por monóxido de carbono, aunque en muchos casos no lo aparenten, necesitan atención médica, y es posible que requieran ser tratados con oxígeno a presión en una cámara hiperbárica.

- Gases sin CO en su composición → asfixia si el contenido de oxígeno es bajo.
- Gases con CO en su composición → intoxicación por respiración.

Los síntomas de la intoxicación son los siguientes:

- Zumbidos en los oídos.
- Gusto dulce en la boca.
- Mareo.
- Opresión en el pecho.
- Asfixia.
- Vómitos.
- Temblores.
- Aumento de pulsaciones.
- Picor en la nariz y garganta

El gas natural en su composición no contiene monóxido de carbono, por tanto, no es tóxico. Pero sí puede producirlo al arder, como ya se ha estudiado en capítulos anteriores, de forma incompleta.

La intoxicación por monóxido de carbono es una transformación de la hemoglobina de la sangre en carboxihemoglobina, que impide la absorción normal del oxígeno. Esto impide la llegada de oxígeno al cerebro pudiendo ocasionar la muerte.

Los síntomas empiezan con ligeras molestias, continúan con dolores de cabeza, mareos y náuseas, siguiendo con debilidad, pérdida del sentido de la orientación, pudiendo terminar en la muerte.

Las medidas a tomar serán:

1. Apagar el aparato a gas.
2. Abrir puertas y ventanas
3. Salir del local con calma, pero sin dudarlo y no volver al local hasta que no se haya renovado la atmósfera.
4. A la persona o personas afectadas, proporcionarles café, nunca alcohol ni aspirinas.

5. Impedir que duerma.

6. Hacerle la respiración artificial.

7. Si es necesario, solicitar los servicios médicos de urgencia.

A continuación en la tabla 4 vemos un gráfico con los tiempos de reacción del monóxido de carbono en una actividad sedentaria.

CONCENTRACIÓN		TIEMPO DE EXPOSICIÓN	EFFECTOS
%	<i>p.p.m.</i>	<i>horas</i>	Empiezan los primeros síntomas y molestias
0,10	1.000	½	
0,05	500	¾	
0,03	300	1	
0,01	100	3	
0,10	1.000	¾	Dolor de cabeza, mareos y nauseas
0,05	500	1 ½	
0,03	300	2	
0,02	200	3	
0,10	1.000	1	Peligro: Debilidad, pérdida del sentido de la orientación
0,05	500	2	
0,03	300	3 ½	
0,14	1.400	1	Muerte
0,10	1.000	1 ½	
0,05	500	3	
0,04	400	3 ½	

Tabla 4