

Análisis de gases de combustión

ORSAT v2: Manual de uso



Elaborado por:

Antonio Jesús Rivera Valdés / Francisco Sibón Pereira

Departamento de Máquinas y Motores Térmicos

Universidad de Cádiz

Nota: Las instrucciones para el uso del equipo han sido obtenidas del manual suministrado con el mismo, proporcionado por AFORA (Fábrica de aparatos químicos en vidrio).

Análisis de gases de combustión. Sistema ORSAT

1. Introducción

La obtención de potencia mecánica a partir del calor es el objetivo del diseño de diversos dispositivos, como las máquinas de vapor, motores de combustión interna y turbinas de gas, y esto se consigue mediante la reacción química producida en la combustión.

De las diversas variables que influyen en dicha transformación, vamos a considerar las correspondientes a los gases resultantes de la combustión. Este análisis nos proporcionará determinados valores, indicadores de las proporciones de los elementos participantes en el proceso.

Dentro de los combustibles, destacan los conocidos como hidrocarburos (C_nH_m), cuya composición principal es carbono e hidrógeno.

a. Combustión

Por definición es la acción de arder o quemarse una materia, es decir, la reacción química que se produce entre el oxígeno y un material oxidable, acompañada de desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.

El aire, mezcla de oxígeno (21%), nitrógeno (78%), argón (0,9%) y otros gases (0,1%), participa en casi todos los procesos de combustión. Las proporciones correspondientes al argón y los otros gases se consideran, habitualmente, añadidas al nitrógeno, por lo que se pueden considerar como válidas las proporciones de nitrógeno (79%) y oxígeno (21%).

Cuando todos los componentes de un combustible se oxidan, consideramos que la combustión es completa, a diferencia de la combustión incompleta, de la que resultan restos de combustible.

b. Aire Teórico

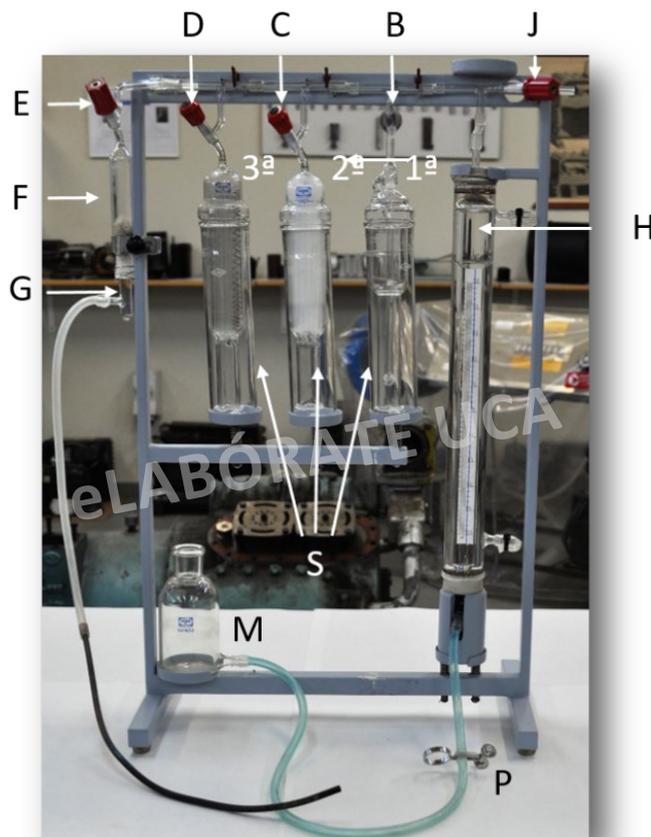
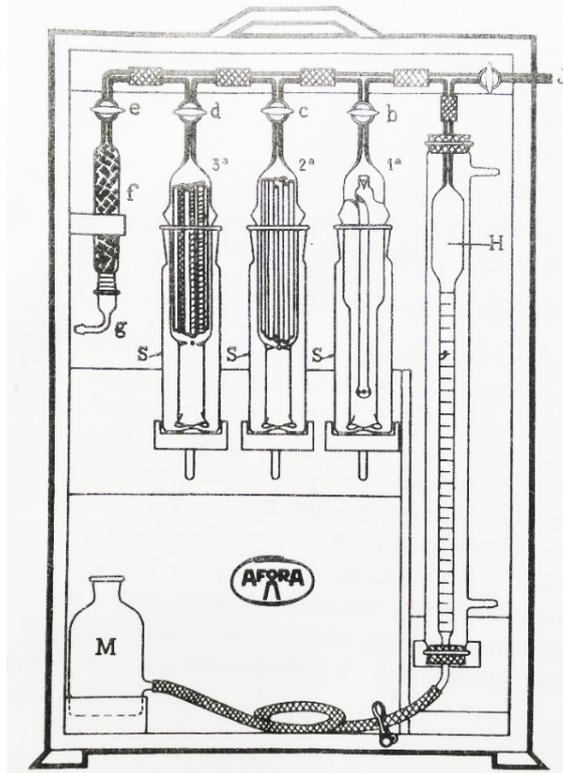
El aire teórico es la cantidad mínima de aire que puede aportar el oxígeno suficiente para conseguir una completa de todos los componentes del combustible susceptibles de ser oxidados. Se suele utilizar para considerar una mezcla homogénea de aire y combustible y conseguir un resultado cercano a la combustión completa.

Dos conceptos a considerar son el *porcentaje teórico*, que es la relación entre el aire real y el teórico, y el *exceso o déficit de aire*, que es la diferencia entre el aire real y el teórico.

c. Aparato Orsat Afora de tres cámaras para análisis de humos

Este aparato está especialmente diseñado para determinar el contenido de anhídrido carbónico, oxígeno y óxido de carbono en los humos procedentes de hogares de hornos y calderas.

c.1. Descripción



- “H”** Bureta de 100 ml con doble numeración ascendente. Los 50 ml superiores entre dos aforos y los 50 ml inferiores graduados en 1/10 de ml.
- Cámara 1ª** de borboteo. Para absorber el anhídrido carbónico con solución acuosa de potasa cáustica al 30%.
- Cámara 2ª** de contacto. Para efectuar la absorción del oxígeno con solución de pirogalato potásico (180 g de ácido pirogálico disueltos en 1 litro de potasa cáustica al 30%).
- Cámara 3ª** de contacto. Para la absorción del monóxido de carbono con solución de cloruro cuproso en ácido clorhídrico. Dicha solución se prepara con 125 gr de cloruro cuproso y ácido clorhídrico 25% has un litro de solución.
- Para conservar la solución es necesario colocar hilos de cobre dentro del frasco que contenga la solución.
- “F”** Filtro de lana de vidrio.
- “M”** Frasco de nivel unido mediante un tubo de goma a la bureta medidora.

c.2. Puesta en servicio

En primer lugar, se debe llenar con agua destilada la camisa o tubo envolvente de la bureta “H”. Se quita el tapón o capuchón de la oliva superior, se llena el espacio entre la camisa y bureta y se vuelve a colocar el capuchón cierre.



El frasco "M" se llena con unos 200 ml de agua destilada coloreada con unas gotas de solución de azul de metilo y ligeramente acidulada con ácido sulfúrico.

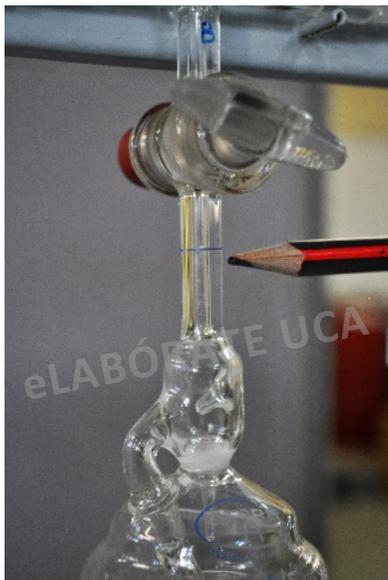


A continuación, se carga cada cámara con el reactivo correspondiente. Para ello se sacan los 3 vasos "s" de las mismas y se cargan con 170 a 200 ml de solución. Se vuelven a colocar según el dibujo, teniendo la precaución previa de conectar a la atmósfera todas las llaves.





Seguidamente se procede a enrasar el líquido de las cámaras en el aforo que va grabado debajo de cada llave. Para ello se incomunican todas las llaves, excepto "e".

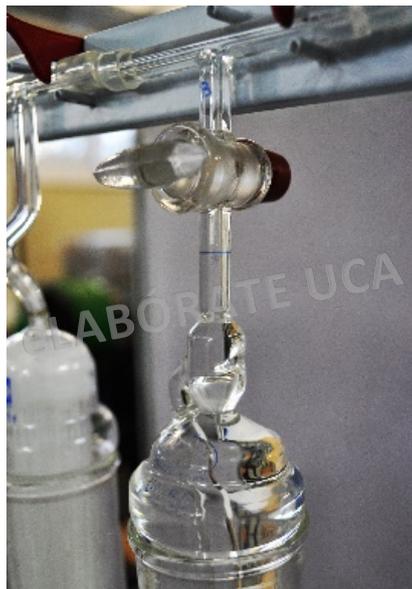


Se levanta el frasco "M" hasta que el líquido de la bureta llegue al aforo superior de la misma.



Se cierra "e" y abriendo la llave de la primera cámara ("b") se baja el frasco y la depresión que se produce en la bureta hace subir el líquido de la primera cámara hacia su aforo superior. Debe estar atento a cerrar la llave "B" en el momento oportuno para que no pase líquido absorbente por encima del aforo, ya que si sobrepasa la llave y va a la rampa se producirían mezclas que deben evitarse totalmente.





Si antes de llegar el líquido de la cámara a su aforo se hubiese vaciado toda la bureta, se cerrará “b” y abriendo “e” se llenará de nuevo la bureta subiendo el frasco “m”, con lo cual se podrá continuar la operación hasta conseguir el enrase de la cámara 1^a. La misma operación u operaciones se repiten con las cámaras 2^a y 3^a.

Una vez las tres cámaras tienen sus líquidos enrasados en el aforo superior correspondiente y las tres llaves están cerradas, se procede a enrasar el líquido de la bureta en el aforo superior a cero de la misma.

Para ello basta abrir “e”, subir el frasco “M” y cerrar en el momento oportuno la llave “e”.

Con el fin de facilitar el manejo del frasco “M” y correr un menor riesgo de mezclar unos líquidos con otros, se recomienda el uso de la pinza de Mohr “P” (de muelle) colocada en el tubo de goma que une el medidor “H” con el frasco “M”.



c.3. Toma de muestra del gas

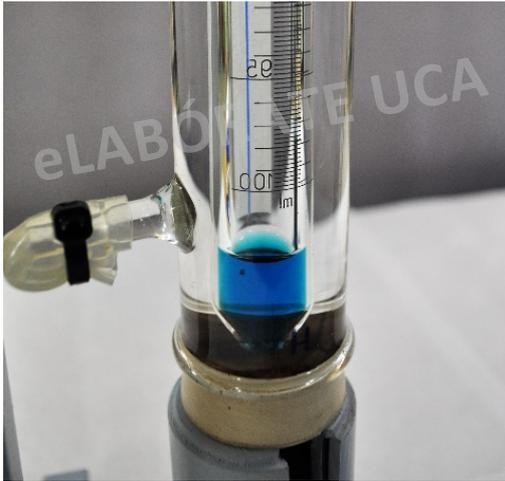
Tanto si se toma el gas directamente del hogar como si se toma de un equipo o botella de recogida, “g” es la entrada del gas, y la llave “j” es la de expulsión para purga.



Un tubo conectado a “g” comunica con el hogar. Se abre la llave “e” y se baja el frasco “M”, con lo que se consigue hacer entrar el gas en la bureta. Como sea que la primera toma será una mezcla no suficientemente representativa, a continuación, se cierra “e” y abriendo “j” se expulsa el gas tomado, levantando el frasco.

Esta operación se repite varias veces más, hasta que se pueda considerar la muestra como representativa.





Al tomar la muestra definitiva de gas se deben recoger más de 100 ml, tanto más cuanto mayor sea la depresión o tiro de la conducción que se analice. Esta precaución es necesaria porque todas las lecturas sobre el tubo graduado se efectúan colocando el frasco "M" junto al tubo "H" a la altura conveniente para que los niveles de líquido sean iguales en ambos recipientes. Esta precaución es necesaria para efectuar todas las lecturas a una presión de referencia constante, igual a la atmosférica.

Tal como ya se ha dicho, se tomarán pues, inicialmente, más de 100 ml, se incomunicará el aparato cerrando la llave "e" y subiendo el frasco "M" se abrirá "J" para dejar salir el exceso de gas necesario a fin de que, estando los niveles igualados en los recipientes "H" y "M", el líquido quede enrasado en el aforo inferior de la bureta o 100 ml. Esta operación debe efectuarse con cuidado para que solo haya salida de gas hacia la atmósfera y no se produzca entrada de aire por efecto de tener el frasco "M" demasiado bajo. El líquido de la bureta no debe retroceder hacia abajo en ningún momento. Una vez efectuando el enrase, se cierra definitivamente "J" y el aparato queda totalmente incomunicado de la atmósfera y listo para proceder a un análisis.



c.4. Análisis del gas

Absorción del anhídrido carbónico. Se abre la llave "b" de manera que quede comunicada la bureta con la primera cámara, se eleva el frasco "M" (abriendo la pinza de Mohr) y se deja llenar de líquido la bureta hasta su enrase superior.





A continuación, se baja el frasco "M" se abre la pinza, se deja que la solución de la cámara llegue hasta el enrase de la misma y se cierra la llave "b".



Teniendo entonces abierta la pinza de Mohr se sitúa el frasco "M" junto a la bureta "H" a la altura conveniente para que los niveles de líquido sean iguales en ambos recipientes. Restando de 100 el volumen R_1 que queda se tiene el porcentaje de anhídrido carbónico.

$$\% \text{CO}_2 = R_1$$



La operación se debe repetir hasta que el volumen no disminuya más y la lectura sea por tanto constante. Con una solución de potasa en buenas condiciones generalmente solo es necesario efectuar la repetición una sola vez.

Absorción del oxígeno. El mecanismo de esta operación es igual que al determinar el carbónico, pero efectuándolo con la 2ª cámara.

En el caso del oxígeno, únicamente se ha de tener en cuenta que el tiempo de contacto entre el gas y el reactivo se ha de prolongar por lo menos 10 minutos y que es mejor que no se realice en reposo, sino en movimiento, subiendo y bajando repetidas veces el líquido.

Si R_3 es el nuevo residuo de gas que queda

$$\% \text{O}_2 = R_2 - R_3$$

Absorción del óxido de carbono. El principio es el mismo que el de las anteriores operaciones, pero utilizando la cámara 3ª.

Sea R_4 el último residuo gaseoso

$$\% \text{CO} = R_3 - R_4$$