

# MANIPULACIÓN DE GASES A PRESIÓN RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN

## 1.- Introducción

**E**n muchos laboratorios de investigación se utilizan gases a presión en actividades como, tratamiento térmico, cromatografía de gases, obtención de atmósferas inertes o reactivas, resonancia magnética nuclear, operaciones de desgaseificación, cámaras de cultivo, etc.

En la mayoría de los laboratorios donde se manejan estas técnicas se dispone de procedimientos escritos donde se explica como realizar los experimentos y cómo manejar estos equipos, sin embargo en muy pocos se encuentran documentos que indiquen como debe conectarse una botella, que operaciones resultan peligrosas o como actuar en caso de emergencia.

El resultado de esta falta de formación, es que muchos de nosotros hemos sufrido y/o presenciado algún accidente relacionado con botellas de gases. En mi caso, podría relatarles, las quemaduras de tercer grado en una mano que sufrió una compañera al sacar muestras conservadas en nitrógeno líquido, la caída de una botella de CO<sub>2</sub> (la cual

salió disparada al romperse el grifo y destrozó todo un cuarto de cultivo), la rotura de una conexión abierta de argón dentro del laboratorio (en aquella ocasión asustados, todos nos tiramos al suelo pensando que se trataba de la botella de hidrógeno que se encontraba junto a la de argón) o el incendio de una nave de residuos junto a la que había una botella de acetileno "sin dueño".

Por desgracia, no soy la única que puede contar este tipo de "batallitas", ya que en la mayor parte de los laboratorios donde se combinan el trabajo con gases a presión y una falta de informa-



**I. Martínez Cabañas**

Servicio de Prevención de Riesgos Laborales. Universidad Autónoma de Madrid.

E-mail:

[servicio.prevencion@uam.es](mailto:servicio.prevencion@uam.es)

ción con relación a este tipo de riesgos (lo que habitualmente va unido a una elevada tasa de renovación de investigadores en formación), se han dado o si nada lo impide, se darán situaciones de riesgo semejantes a las comentadas anteriormente.

Para que nada de esto suceda o vuelva a

suceder, en este artículo intentaré mostrarles los riesgos asociados al manejo de gases comprimidos, los pasos que se deben seguir para conectar sin peligro las botellas de gases a las instalaciones, que actuaciones resultan peligrosas, que hacer en caso de emergencia, de que equipos de prevención deberíamos disponer en nuestro laboratorio, y como deben almacenarse las botellas.

Ya que no existe mayor riesgo que la falta de conocimiento, empezaremos estudiando al "enemigo".

**Componentes de las botellas de gases comprimidos: la botella y su contenido.**

### Botella

Una botella se compone de la caperuza o sombrerete, la válvula o grifo y el cuerpo (ver figura 1). En su diseño y construcción, las botellas destinadas al contenido de gases se someten a una serie de pruebas y ensayos que garantizan su seguridad.

### Contenido

El contenido de la botella es un gas. Según sus propiedades y desde el punto de vista preventivo los gases se clasifican en inflamables, tóxicos, corrosivos,

oxidantes, autoinflamables, criogénicos e inertes (ver tabla I).

Además y atendiendo a su estado físico distinguiremos:

(I) Gases comprimidos, en el caso de que el gas o la mezcla de gases tenga una temperatura crítica inferior a -10°C. En este caso el gas en el interior de la botella está siempre en fase gaseosa. Entre los gases comprimidos de uso común en los laboratorios está el argón, el helio, el hidrógeno, el nitrógeno y el monóxido de carbono.

(II) Gases licuados, en cuyo caso la temperatura crítica del gas o mezcla de gases es igual o inferior a -10°C y en el interior de la botella el gas se encuentra en fase líquida y gaseosa. En los laboratorios de química no es raro encontrar gases licuados como son el dióxido de nitrógeno, el dióxido de azufre, el óxido de dinitrógeno o el amoníaco.

(III) Gases disueltos (acetileno); el gas se suministra por razones de seguridad disuelto en acetona embebida en un material poroso para impedir su polimerización y la consecuente explosión del recipiente que lo contiene.

## 2.- Transporte y ubicación.

Las botellas de gases comprimidos, independientemente del contenido de las mismas (gas tóxico, corrosivo, inflamable, etc.), constituyen en sí mismas una fuente de peligro. Las botellas se clasifican según su capacidad en B1, B5, B10, B15, B20..., en donde la cifra indica el número de litros de agua que cabe en su interior. Para su construcción se utilizan distintos materiales en función de las propiedades físico químicas del producto y en función de la presión que el gas ejerce en su interior.

### Marcas e inscripciones en los recipientes

La correcta identificación del gas comprimido y de las características del recipiente es un requisito imprescindible para manejar con seguridad este tipo de recipientes. El color de la botella nos informa rápidamente del contenido de la misma, razón por la cual nunca deben ser repintadas.

Además del color (ver figura 1), todas las botellas llevan en la parte superior una serie de marcas que indican, el fabricante, el número de fabricación, la presión de prueba hidráulica en Kg/cm<sup>2</sup>, mes y año de la última prueba, nombre del gas, capacidad en litros y peso en Kg (1).

Antes de utilizar una botella debemos asegurarnos del contenido de la misma, leyendo las marcas y etiquetas. Jamás deben ser utilizadas aquellas botellas que se encuentren en mal estado (con abolladuras o golpes) o mal identificadas (repintadas, sin etiquetas o con estas ilegibles).

Las botellas de gases deben de pasar una serie de pruebas periódicas con el fin de comprobar que las condiciones seguridad siguen siendo válidas. Gene-

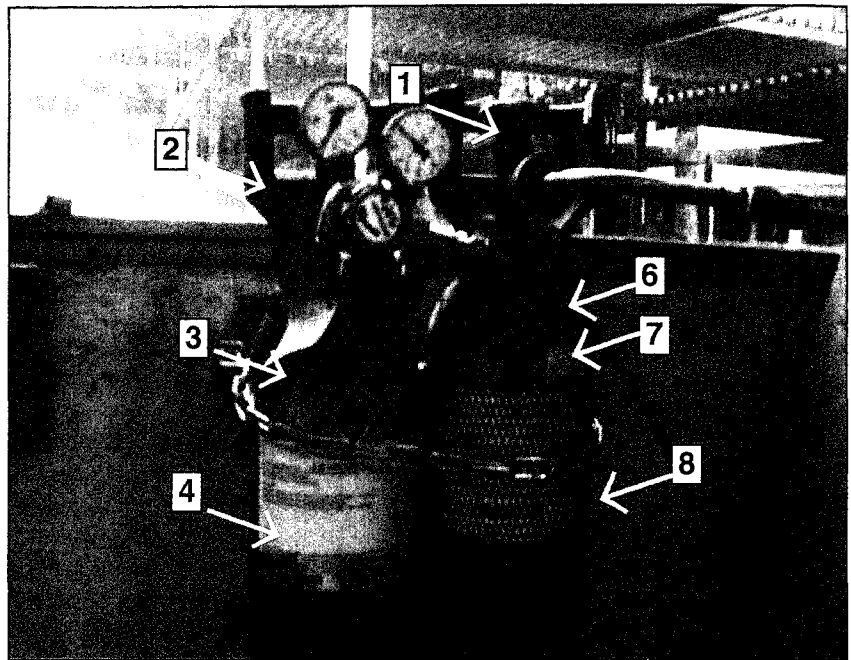


Figura 1: Componentes y etiquetado de una botella de gas. 1: grifo o llave, 2: collarín o tulipa, 3: ojiva, 4: franja, 5: cuerpo, 6: nombre del fabricante, 7: entre otras inscripciones la presión de prueba hidráulica en Kg/cm<sup>2</sup>, fecha de la última prueba, nombre del gas, capacidad en litros etc. 8: etiqueta con indicaciones claras sobre el peligro del producto y consejos de seguridad.

ralmente la prueba de presión hidráulica se realiza cada 10 años, excepto para las botellas de acetileno que son revisadas cada 5. Antes de utilizar una botella debemos cerciorarnos de que la fecha

de la última prueba de presión periódica no está caducada.

En cualquier caso, siempre que exista duda debemos consultar al suministrador antes de manipular la botella y si es

Colores de identificación		CLASIFICACIÓN DE LOS GASES SEGÚN SUS PROPIEDADES
Inflamable	Rojo	Gas o mezcla de gases con un límite de inflamabilidad en el aire inferior o igual al 13% o que tenga su campo de inflamabilidad (LSI-LII) mayor del 12%. Ejemplos: H <sub>2</sub> , CH <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO.
Tóxico	Verde	Aquel con un TLV-TWA (valor límite ambiental para una exposición de 40h semanales y 8 h diarias sea inferior a 50 ppm. Ejemplo: NH <sub>3</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, PH <sub>2</sub> , NO.
Corrosivo	Amarillo	Aquel que produce una corrosión de más de 6 mm/año en acero A-37, a una temperatura de 55°C. Ejemplos: Cl <sub>2</sub> , F <sub>2</sub> , HBr, HCl.
Oxidante	Negro-gris	Si puede soportar la combustión con un oxipotencial superior al del aire. Ejemplo: O <sub>2</sub> , F <sub>2</sub> , aire, N <sub>2</sub> O.
Autoinflamable	Rojo	Si es capaz de inflamarse sin el aporte de una energía externa de activación. Ejemplo: PH <sub>2</sub> .
Criogénico	Negro-gris	Cuando la temperatura de ebullición del gas a presión atmosférica es inferior a -40°C, suministrándose licuado. Ejemplos: Ar líquido, N <sub>2</sub> líquido, He líquido.
Inerte	Negro-gris	Aquel que no se clasifica en ninguno de los apartados anteriores. Ejemplo: Ar, He, N <sub>2</sub> y algunos halones y freones.

Tabla I: El color del cuerpo de la botella se corresponde con lo especificado en la tabla. La inclusión de un gas en un grupo determinado se realiza en función de las características más sobresalientes del citado gas, lo cual implica que algunos gases puedan poseer propiedades de grupos diferentes, (ejemplo CO). Si se trata de botellas con mezclas de gases, el color del cuerpo de la botella indica el componente mayoritario de la mezcla y la ojiva se pinta en forma de cuarterones con los colores de todos los gases que componen la mezcla.

necesario solicitar el cambio por una nueva.

### Transporte

Las botellas deben utilizarse y transportarse tal y cómo son suministradas. Nunca debemos eliminar ninguno de los elementos de protección (tulipa, caperuza, etc.) cuya misión es proteger al grifo frente a una eventual caída.

En cuanto a su transporte, éste debe realizarse siempre con la llave cerrada y la caperuza puesta. Las botellas nunca deben transportarse asiéndolas por la caperuza, arrastrándolas o haciéndolas rodar. Deben utilizarse carretillas adecuadas en las que las botellas son transportadas en posición vertical y sujetas con cinchas. No obstante, para pequeños desplazamientos, por ejemplo para conectar la botella a una línea, se las podrá mover haciéndolas girar sobre su base.

Una vez en su lugar, las botellas deben almacenarse sobre suelos planos, en posición vertical (nunca tumbadas) y fijándolas a la pared por medio de una cadena (ver figura 2).

Con estas medidas se pretende evitar uno de los accidentes más comunes en el manejo de botellas de gases comprimidos, la caída de la botella y el consecuente aplastamiento de personas o cosas, y lo que aún resulta más grave, la rotura de la llave y el escape incontrolado del gas, con lo que además de provocar una atmósfera tóxica, la botella podría salir proyectada a gran velocidad arrasando a su paso todos los obstáculos que encontrase.

### Ubicación

Lo recomendable, sobre todo para aquellos gases cuyo uso es habitual en el laboratorio, es colocar las botellas en casetas de gases exteriores y distribuir desde aquí los gases a los distintos laboratorios (figura 2). En la instrucción técnica MIE-APQ-5 se describe como deben ser estos almacenamientos en función del volumen y de las características de los gases (2-3).

Estos almacenes deben reunir entre otras, las siguientes condiciones:

- Lugares ventilados y alejados de sótanos o recintos subterráneos donde, en caso de escape, puedan acumularse los gases de densidad mayor que el aire.

- Alejadas de los lugares de paso, tanto de personas como vehículos.

- Las botellas de inflamables deben estar separadas de las botellas del resto de gases por una distancia mínima de 6 metros, o bien separadas por un muro de resistencia al fuego adecuada (RF-30).

- Si es necesario instalación eléctrica, esta será antideflagante.

- Riesgos del área señalizados (inflamable, tóxico, prohibición de fumar...)

- La temperatura del almacén no debe exceder de 50°C.

- Equipo de lucha contra incendio adecuado.

- Suministro permanente de agua en cantidad suficiente para poder enfriar las botellas y recipientes en caso de verse sometidas al calor de un incendio.

- Dentro de la caseta, cada botella se colocará en posición vertical, sujeta con una cadena y debajo de un cartel con el nombre del gas.

- En el local no se podrán tener reactivos, grasas o aceites.

- Se colocarán a la vista las instrucciones de manejo de cada gas, los riesgos más importantes y las actuaciones a realizar en caso de accidente.

Si colocamos las botellas de gases en el laboratorio, éste se encontrará adecuadamente ventilado (con rejillas de ventilación dispuestas en zonas altas y bajas cerca de las botellas) y las botellas permanecerán en el laboratorio el tiempo justo de empleo, devolviéndolas al suministrador una vez finalizado su uso. En este caso, en el recinto sólo tendremos la botella de uso y la de repuesto en su caso (ambas sujetas con cadenas).

Nunca se almacenarán (ni se abandonarán) botellas en locales subterráneos o en lugares con comunicación directa con sótanos, huecos de escalera y ascensores, pasillos, túneles etc.

Si se tratase de un gas tóxico (cloro, amoníaco, monóxido de carbono, etc.), se utilizarán botellas de pequeño volumen (B1) y mientras se utilicen, estas se colocarán en las vitrinas de extracción.

## 3.- Utilización de los gases.

Las botellas deben ser manejadas solo por personas experimentadas y previamente informadas. En los lugares de utilización deben encontrarse siem-

pre a mano las instrucciones de uso y mantenimiento así como las de emergencia.

### Manorreductores

Para hacer uso del gas contenido en la botella es necesario acoplar a esta un manorreductor. El manorreductor reduce la presión de salida del gas de la botella hasta la presión de uso.

Básicamente un manorreductor consta de un cuerpo con dos cámaras comunicadas entre sí a través de un orificio o válvula, que hace que la presión de la segunda cámara sea menor que en la primera.

La primera cámara está conectada directamente a la botella y por tanto la presión que alcanza cuando el grifo de la botella está abierto, es muy próxima a la existente en el interior de la botella. La segunda cámara nos marca la presión de salida, es decir la presión con la que vamos a trabajar.

Un manorreductor como el descrito anteriormente se denomina manorreductor simple (ver figura 2). En algunas ocasiones, cuando se necesita una mayor precisión en la presión de salida se utilizan manorreductores de doble cuerpo, en los que se instalan dos manorreductores distintos en serie. En este caso el segundo manorreductor jamás debe ser conectado directamente a la botella, ya que se encuentra diseñado para admitir presiones muy inferiores a las que provienen de la misma.

### Puesta en servicio del gas

Para conectar la botella al circuito debemos seguir cuidadosamente las siguientes instrucciones (4):

I.- Asegurarnos que el grifo, de la botella está cerrado.

II.- Comprobar que también están cerrados todas las válvulas de los manorreductores.

III.- Aproximar la botella al lugar de conexión y fijarla a la pared con ayuda de una cadena.

IV.- Alinear el racor del manorreductor con la boca del grifo.

V.- Comprobar que los acoplamientos de las conexiones de los reguladores con las válvulas de las botellas son coincidentes. Atornillar primero a mano y luego suavemente con ayuda de una llave fija el racor a la boca del grifo.



Figura 2A: *Instalación exterior de gases a presión. (1) Todas las botellas se encuentran sujetas con cadenas. (2) Manorreductor simple. 3) Manorreductor doble. 2B. (4) El primer reloj marca la presión interna de la botella. (5) El segundo reloj marca la presión de salida.*

No intente nunca forzar las conexiones que no ajustan bien, ni utilice piezas intermedias. Nunca se debe engrasar válvulas, reguladores, etc. Los aceites y grasas en combinación con ciertos gases como el oxígeno, protóxido de nitrógeno etc. podría dar lugar a una violenta explosión.

#### Apertura del grifo y del manorreductor.

El grifo de la botella debe abrirse estando el manorreductor completamente cerrado. La apertura debe hacerse lentamente, colocándose el operario en sentido contrario al posible escape de gas. La apertura debe ser completa y debe conseguirse girando suavemente el grifo. En caso contrario, nunca se intentará forzarlo, desmontarlo o engrasarlo. Como en el caso anterior, al menor problema debemos pedir instrucciones al proveedor.

Si todo ha ido bien, al abrir el grifo de la botella el manómetro de alta marcará la presión esperada en la botella. Finalmente abriremos lentamente el manorreductor hasta conseguir la presión deseada.

#### 4. - Verificación de la estanqueidad de la conexión

Una vez conectada la botella conviene verificar la estanqueidad del montaje. Para ello utilizaremos agua jabonosa, jamás una llama abierta aún cuando se trate de un gas no inflamable.

### 5. - Algunos problemas que nos podemos encontrar en la instalación de gases.

#### 1.- No podemos acoplar el manorreductor a la botella.

El reglamento de Aparatos a Presión, en su I.T.C. - M.I.E.- AP7, define los materiales y los acoplamientos de las válvulas a las botellas destinados a contener gases (2). El Reglamento clasifica a los gases en categorías o grupos de características similares y pone a cada uno de ellos una "boca" que se caracteriza por su diámetro, dimensiones, sentido de rosca...

Si nos encontramos ante el hecho de no poder acoplar el manorreductor a la botella, lo primero que debemos hacer es cerciorarnos de que no estamos intentando acoplar una botella equivocada, en cuyo caso debemos desistir de nuestro intento inmediatamente.

Si la botella es la adecuada, comprobaremos el estado de las partes roscadas. Es muy peligroso el utilizar piezas con roscado defectuoso, desgastado o de características parecidas pero no idénticas, ya que en estos casos no sería imposible el acoplamiento, pero se corre el riesgo de la existencia de fugas de gas o de la expulsión inesperada de la conexión, por efecto de la presión.

En ningún caso se nos ocurrirá forzar la conexión, fabricar juntas caseras o

realizar algún que otro tipo de chapuza que pueda poner en peligro a todo el laboratorio. Avisaremos al suministrador y esperaremos pacientemente la reposición de las piezas en mal estado.

#### 2. - Fugas en el sistema

Una manera de comprobar si hay fugas en el sistema consiste en examinar que las lecturas de los manómetros se mantienen constantes durante 10 minutos después de haber cerrado la válvula de la botella, y tener la válvula de entrada al aparato cerrada. Si hay una caída en alguno de los manómetros es que hay una fuga, en cuyo caso debemos cerrar el grifo de la botella y avisar a un instalador autorizado para que revise el sistema (5).

#### 6. - Situaciones de riesgo

El Instituto de Seguridad e Higiene en el trabajo recomienda según el tipo de emergencia realizar las siguientes actuaciones (5):

#### Fugas de gases tóxicos

Como antes se ha dicho, es los laboratorios donde se utilicen este tipo de gases, se deben utilizar únicamente botellas pequeñas y éstas deben ser manipuladas exclusivamente dentro de las vitrinas. Estas botellas nunca deberían almacenarse por un periodo de tiempo superior a 6 meses. Nunca se debe permitir trabajar sólo con este tipo de gases. El personal del laboratorio

debe estar entrenado para actuar en caso de fuga del gas, para ello debe redactarse un plan de emergencia en el que se indique claramente que tareas tiene encomendadas cada trabajador, como debe realizarse la evacuación del personal, rescate y primeros auxilios, como debe descontaminarse el área y cuales son los teléfonos de emergencia a los que se debe llamar inmediatamente.

#### **Llama en la boca de una botella**

En el caso de que se produjese una llama en la boca de una botella, se intentará cerrar el grifo inmediatamente. En el caso de no poder cerrarse las actuaciones a seguir dependerán de donde esté ubicada la botella.

Si la botella se haya en una caseta exterior, se intentará apagar la llama de la botella con un extintor de polvo, se señalará el peligro existente en el área y se enfriará el grifo para tratar de cerrarlo.

Si la botella se encuentra en un laboratorio, el riesgo derivado del escape de gases inflamables en el caso de que se apague la llama, puede ser mayor que el originado por la propia llama. En estas ocasiones hay que tratar de que la llama no provoque un incendio, evacuar el área y dar aviso inmediatamente a los bomberos, al suministrador, al servicio de prevención o al personal especializado en estas emergencias.

Calentamiento de una botella de acetileno

Si notamos que se calienta espontáneamente una botella de acetileno, ésta nunca debe ser movida de su emplazamiento. Inmediatamente intentaremos evacuar el área y si aún es posible (la temperatura alcanzada no es muy alta) intentaremos cerrar el grifo. Inmediatamente se dará aviso a los bomberos, al suministrador y al servicio de prevención.

Mientras llegan los bomberos se debe regar la botella con agua. La botella debe mantenerse bajo riego hasta que el agua deje de evaporarse. Esta operación debe efectuarse manteniendo la manguera lo más alejadamente posible de la botella y resguardándose la persona que la utilice detrás de un muro.

#### **Incendio en el local**

Si en un local en el que hay botellas de gases comprimidos se produjese un incendio, debemos tener en cuenta la existencia de un peligro latente de explosión.

En caso de incendio y siempre que esto resulte posible, se deben desalojar las botellas del local y actuar como en los apartados anteriores. Si no se pueden sacar se debe intentar refrigerarlas regándolas con agua.

En caso de intervenir el Cuerpo de Bomberos, se le advertirá de su existencia, situación y cantidad, así como de los gases que contienen.

## **7. - Medios de protección**

#### **Detectores de gases y equipos de respiración autónoma**

Los laboratorios donde se utilicen gases tóxicos o corrosivos deben disponer de máscaras respiratorias dotadas con filtro específico y/o aparatos autónomos o semiautónomos de respiración. Estos equipos deben colocarse fuera del área contaminable, en lugares próximos y fácilmente accesibles.

Muy importantes son también las precauciones que debemos tener frente gases como el nitrógeno líquido y los gases nobles, ya que al tratarse de gases inodoros, incoloros e insípidos no es posible fisiológicamente detectar su presencia (a diferencia de lo que ocurre con gases tóxicos como el cloro o el amoníaco). La simple inhalación de dos bocanadas de un gas inerte es suficiente para perder la consciencia y en muy pocos minutos producir lesiones cerebrales irreversibles.

En los lugares donde se trabaje habitualmente con volúmenes importantes de nitrógeno líquido y/o gases nobles, uno de los riesgos mayores es el de suboxigenación, por lo que deben colocarse detectores de oxígeno conectados a alarmas acústicas que nos avisen de los posibles escapes (6).

#### **Guantes y gafas**

Las personas que manipulen líquidos criogénicos deben llevar puestas gafas o pantallas de seguridad que les protejan de posibles salpicaduras, así como guantes adecuados que resistan las bajas temperaturas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. - Díaz Moreno L. Gases comprimidos: identificación de botellas. Nota Técnica de Prevención 198. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

2. - Real Decreto 379/2001, de 6 de abril de 2001, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-

5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7.

3. - Instrucción técnica complementaria MIE-APQ-5. Almacenamiento y utilización de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.

4. - Alonso Valle F. Botellas de gas: riesgos genéricos en su utilización. Nota Técnica de Prevención 397. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

5. - Seguridad y condiciones de trabajo en el laboratorio. Editorial Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1998.

6. - Alonso Valle, F. Riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes. Nota Técnica de Prevención 340. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.