

Antiaeronáutica y Guerra Química

La máscara de guerra y su control en el laboratorio

Por **JOAQUIN CACHO, Teniente Farmacéutico de Aviación**
y FERNANDO ARIAS, Teniente de complemento de Aviación

LICENCIADOS EN CIENCIAS

B. PRUEBAS DEL CARTUCHO

a) PRUEBAS FÍSICAS.

1. *Estanqueidad del cartucho.*—El aparato empleado para esta prueba es análogo al que se suele utilizar para la determinación del hermetismo de la válvula de espiración, con la única diferencia de que carece del soporte que allí empleábamos para la válvula, ya que va directamente acoplado el cartucho a un vaso estanco de 400 c. c. de capacidad, mediante un aro de goma.

Debe someterse a una depresión de 100 mm. de columna de agua, y en estas condiciones la pérdida no debe ser superior a un milímetro en un tiempo de un minuto.

2. *Resistencia respiratoria.*—El aparato para esta prueba se compone de los mismos elementos que el que se describió para la determinación de la resistencia de la válvula de espiración, con la única salvedad de que, como en la prueba anterior, carece del soporte que allí se empleaba para la válvula, yendo acoplado el cartucho al vaso estanco mediante un aro de goma.

La resistencia respiratoria máxima que debe presentar el cartucho al paso de una corriente de aire de 30 litros por minuto, no excederá de 22 mm. de columna de agua, cualquiera que sea el estado del cartucho. Se determinará únicamente, como dato comparativo, la resistencia que ofrezca el cartucho a un paso de aire de 50 litros por minuto.

La resistencia respiratoria no debe aumentar aun después de haber hecho pasar, durante una hora, a razón de 20 litros por minuto, una corriente de aire que contenga humo, formado por la unión de dos corrientes de aire que han barboteado, respectivamente, a través de ácido cloro-sulfónico y amoníaco.

b) PRUEBAS QUÍMICAS.

1. *Comportamiento frente al cloro.*—Para esta prueba se emplea una corriente de aire de 20 litros por minuto, valor que corresponde a un trabajo medio respiratorio, conteniendo 0,5 volúmenes por 100 de gas cloro, o sea, penetrará en el cartucho 0,317 gramos de cloro por minuto.

El artificio empleado, según puede verse en el esquema de la figura 11, consta de dos medidores manométricos iguales A y B, un mezclador de bolas M, y un soporte S (no indicado en la figura), para la colocación del cartucho. El cloro necesario para la prueba lo suministra una botella de acero de las de uso corriente en el comercio. El aire se toma de la conducción general, procedente del compresor. Entre

la botella de acero suministradora de cloro y su medidor de corriente se intercala un cuentaburbujas D, cargado con ácido sulfúrico concentrado, y que permite a simple vista darse cuenta de la velocidad de salida.

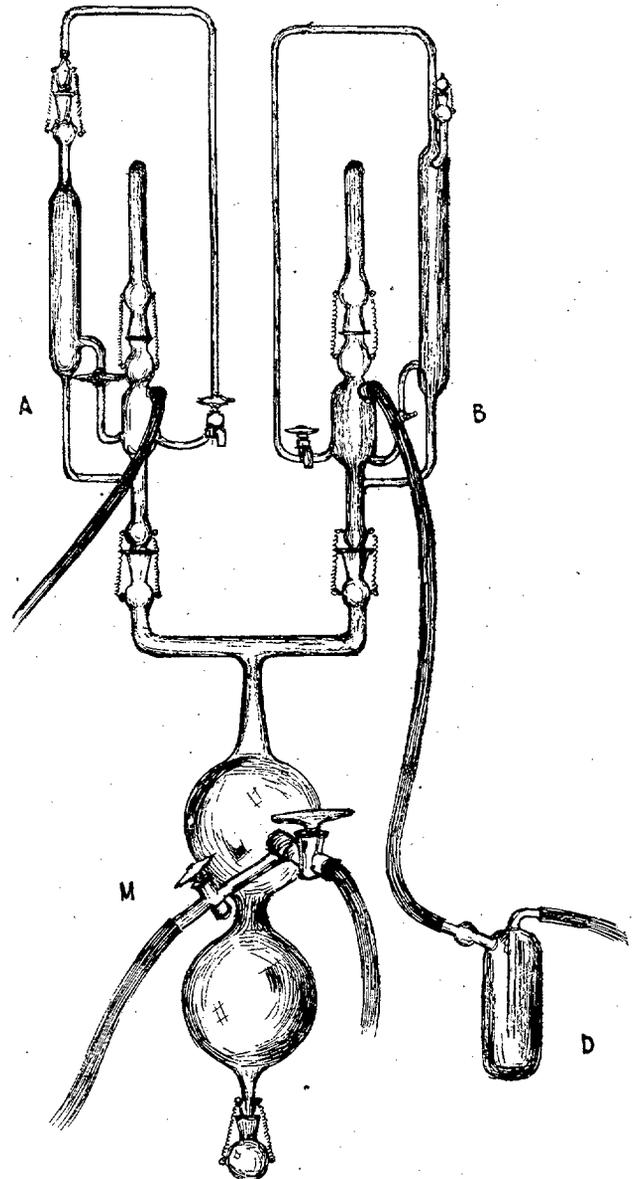


Figura 11.

El medidor manométrico (fig. 12) es la pieza más importante de este artificio; se compone de un ancho recipiente de cristal *a*, que forma una de las ramas del manómetro, y que va atravesado en su centro por un tubo *bc*, en cuya parte superior se enchufa, con junta esmerilada, el tubo capilar recambiable *d*. El recipiente *a* se cierra en su parte superior por medio de la campana *e*, que cubre al capilar; este cierre es de un esmerilado perfecto, y, además, los dos muelles de acero que posee la campana mantienen el ajuste, contrarrestando la presión interior.

De la parte inferior del recipiente *a* sale un tubo acodado hacia la izquierda *f*, que forma la segunda rama del manómetro y que comunica por la parte superior con el depósito *g*, destinado a recoger el líquido que pudiera pasar desde *a*, en caso de un exceso de presión interior eventual. Este depósito se halla en comunicación con la parte inferior del *a* por intermedio de un tubo con llave *h*, con objeto de poder reintegrar el líquido que hubiera pasado. En este depósito *g* penetra también un tubo *i*, que comunica con la parte inferior del *bc*, haciendo así que la presión del otro lado del capilar actúe sobre la rama *f* del manómetro. Por último, la tubuladura *k*, con tapón esmerilado y sujeta con muelles, permite, abriendo la llave *l*, la carga del líquido en el manómetro, mientras la llave *m* consiente su vaciado.

El aire tiene entrada en el recipiente *a* por el tubo *n*, pasa a la campana *e*, penetra en el capilar *d*, y por el tubo *bc* marcha al mezclador de bolas, donde encuentra al gas tóxico, aportado por el otro medidor manométrico.

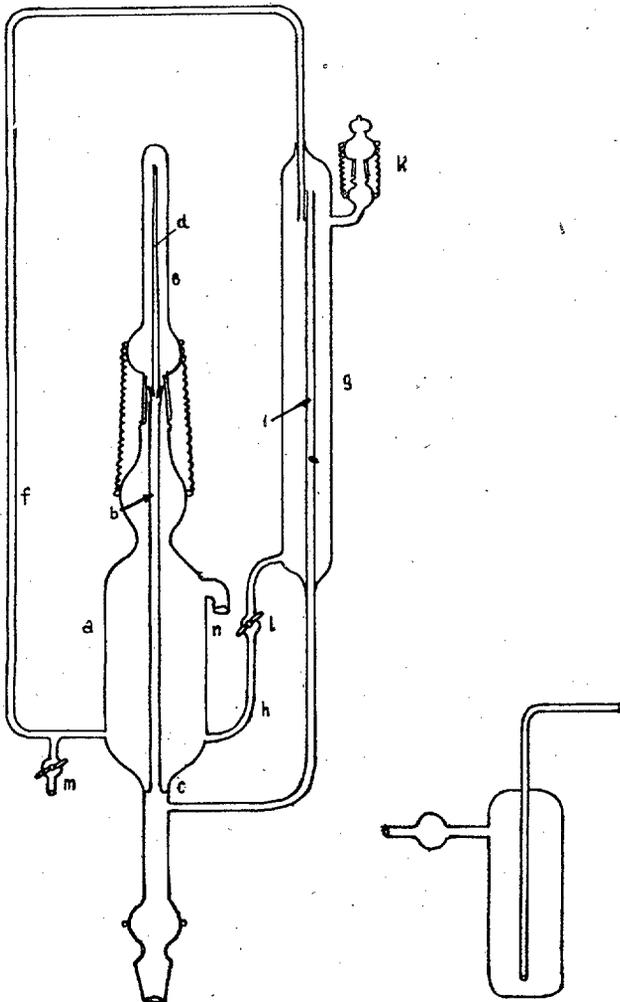


Figura 12.

La diferencia de presiones se mide por la variación de altura del líquido en el tubo *f*. Esta variación es puramente peculiar de cada aparato, de cada capilar y de cada líquido que se emplea en el manómetro. No pudiendo hacer "standard" los dos primeros por la imposibilidad de calibrar aparatos de cristal de esta naturaleza, la graduación del manómetro tiene que verificarse experimentalmente en cada caso, para lo cual el manómetro tiene simplemente una escala provisional de papel cuadriculado (colocada detrás del tubo *f*, y no representado en la figura), donde se anotan los puntos que alcanza la columna de líquido, cuando se hace pasar por su interior corrientes de aire, medidas exactamente con un rotámetro apropiado. Generalmente en esta escala sólo se marca el punto correspondiente al paso del volumen del aire preciso para el ensayo que se ha de efectuar, así como el punto cero, al objeto de poder añadir el líquido necesario y partir siempre del mismo nivel del líquido que se empleó para hacer la graduación.

El medidor A, destinado al aire, se carga con mercurio, y el B, correspondiente al cloro, se carga con ácido sulfúrico concentrado, procurando que sus niveles en reposo coincidan con el cero de la escala. Las paredes de la rama *f* del medidor A, pasado un cierto tiempo, suelen mancharse, impidiendo ver la columna de mercurio *y*, en consecuencia, sobre la escala graduada; para limpiarlas se añaden unas gotas de ácido nítrico (previamente vaciado el depósito *a*) y se deja actuar durante veinticuatro horas.

Colocado el cartucho que se va a probar en su soporte, e intercalando un rotámetro entre el tubo que proviene de la instalación general de aire suministrado por el compresor y el tubo de entrada en el medidor A, se abrirá lentamente la llave del aire hasta que el flotador del rotámetro marque 20 litros. Si el capilar puesto en el medidor es correcto, la presión registrada estará dentro de los límites de la escala. Si, por el contrario, la altura manométrica fuera escasa o excesiva, se modificará el capilar hasta encontrar una altura media conveniente para el buen funcionamiento del aparato. Encontrada esta referencia, se marcará en la escala e irá esta cifra siempre unida al capilar colocado.

Regulado el manómetro del aire, se retira el rotámetro y se procede a regular el del cloro, siguiendo el mismo procedimiento respecto al capilar. Para ello se abre muy lentamente la llave del cloro, que al burbujear en el recipiente D nos dará a simple vista una idea de la intensidad de la corriente de gas que entra en el aparato. La cantidad a medir es tan pequeña, que no puede utilizarse el rotámetro; pero con un poco de práctica se aprecia pronto en el barbotador cuál es la velocidad necesaria para tener una cantidad a los 100 c. c. por minuto, necesarios para la prueba.

Establecida así esta corriente de ensayo, se toma una muestra por el tubo 1 del mezclador (fig. 11, M), y se determina la cantidad de cloro que lleva la mezcla, modificando, con arreglo al análisis, la intensidad de la corriente de cloro hasta llegar a la mezcla deseada. Generalmente, al tercer análisis se logra perfectamente la composición precisa. Se marca entonces la presión registrada en la escala, referencia que, unida al capilar que la produce, nos dará en todo momento la composición tipo para la prueba.

Para verificar el análisis de la mezcla, se recoge ésta en una pipeta de gases. Como hemos dicho, la toma de muestras se verifica por el tubo 1 del mezclador (fig. 11, M), teniendo la precaución de no cerrar la llave del tubo 2 mientras se recoge la muestra, pues si por un descuido, al terminar esta operación, cerráramos la llave del tubo 1 antes de abrir la

llave 2, podría alcanzarse una gran sobrepresión, que traería en consecuencia la rotura del aparato.

Abiertas todas las llaves de la pipeta de gases citada, se une ésta al tubo 1 del mezclador y se deja pasar la mezcla gaseosa durante unos cinco minutos para tener la seguridad de que ha sido desalojado todo el aire atmosférico que contiene en su interior; a continuación se cierran las llaves de la pipeta de gases y se desconecta del aparato. Como es lógico, la pipeta debe estar bien limpia y seca.

Se abre a continuación la llave 1 de la pipeta de gases y se aspira por su embocadura con la trompa para retirar todo el gas que pudiera contener en A. A continuación, mediante una pipeta, se añaden 10 c. c. de solución de yoduro potásico al 1 por 100, se cierra la llave 1, se abre la 2 y se agita (sujetando las llaves con los dedos para que no salten), con objeto de que el líquido se ponga en contacto íntimo con la atmósfera encerrada en B. Se añade agua destilada, se sigue agitando, se abre la llave 3 y se deja caer el líquido en un vaso de precipitados; por último, se lava la pipeta de gases con agua destilada y se recogen las aguas del lavado junto al líquido anterior.

El yodo liberado por el cloro se valora con solución N/100 de tiosulfato sódico.

Conocido el volumen del espacio B de la pipeta de gases por cálculos sencillos, nos es fácil determinar la riqueza en cloro de la mezcla gaseosa.

Una vez regulado el aparato, la ejecución de la prueba no puede ser más sencilla: bastará colocar el cartucho a probar en su soporte, abrir las llaves de aire y cloro hasta que los manómetros respectivos marquen las alturas fijadas, y determinar el momento en que aparecen trazas de cloro en el aire que sale del cartucho, colocando a la salida un papel de yoduro potásico almidonado.

El cartucho que se prueba empleando las concentraciones de cloro indicadas anteriormente no debe agotarse antes de transcurrir una hora.

2. *Comportamiento frente al fosgeno.*—Para esta prueba se emplea el mismo aparato que acabamos de describir en la prueba frente al cloro.

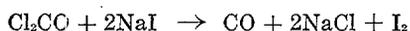
Como las proporciones de gases son diferentes, es preciso encontrar las nuevas alturas manométricas, empleando, si es posible, los mismos capilares o adaptando otros nuevos.

La corriente de aire de prueba es de 20 litros por minuto, con el 0,25 por 100 de fosgeno en volumen, o sea, atravesará el cartucho una corriente de aire que contiene 0,221 gramos de fosgeno cada minuto.

La manera de realizar la prueba es idéntica a la ya descrita anteriormente para el cloro.

Para tomar la muestra de la mezcla gaseosa para análisis, se emplea la pipeta de gases del mismo modo como se hizo en el caso del cloro.

El reactivo empleado para la valoración del fosgeno es una solución de yoduro sódico en acetona al 5 por 100; la reacción transcurre de acuerdo con la siguiente ecuación:



Suelen ser necesarios 10 c. c. de esta solución reactivo. El yodo liberado se valora con solución centinormal de tiosulfato sódico.

La acetona utilizada en la preparación de la solución de yoduro debe ser deshidratada con cloruro de calcio y destilada dos veces sobre permanganato. Como a pesar de este tratamiento aún puede la acetona separar algo de yodo, se debe hacer la corrección correspondiente, valorando 20 c. c. de

una solución centinormal de yodo, con y sin adición, de 10 c. c. de solución de yoduro sódico en acetona. La diferencia encontrada será la corrección buscada.

También puede valorarse el fosgeno descomponiendo el contenido en la pipeta de gases con una solución de amoníaco, según la siguiente ecuación:



el ión cloro se precipita con un exceso de solución centinormal de nitrato de plata, y el exceso de nitrato se determina valorando con solución de sulfocianuro, siguiendo el método clásico de Volhard. Las faltas debidas a la solubilidad del cloruro de plata se corrigen por el método de Rothmund, agitando con éter la solución, con lo cual las partículas de cloruro se reúnen.

El fosgeno adquirido en el comercio contiene siempre cloro y ácido clorhídrico; el contenido del primero debe ser inferior al 4 por 100 en volumen, y el del clorhídrico debe ser aún menor.

Para determinar el contenido del cloro se toma con la pipeta gas diluido, y se agita con solución de yoduro en agua. Otra pipeta, tratada por la solución de yoduro en acetona, nos dará la suma de cloro y fosgeno, y una tercera muestra, descompuesta por el amoníaco, nos dará el total de cloro, fosgeno y ácido clorhídrico.

La investigación de la presencia del fosgeno en el aire que sale del cartucho se verifica por medio de un papel reactivo, obtenido mojando tiras de papel de filtro en una solución de 0,35 gramos de meta-dietilamidofenol y 0,25 gramos de 1-3-6 nitroso-dimetilamido-fenol, en 100 c. c. de xilol. El color del papel reactivo es un amarillo parduzco, que por la acción del fosgeno se transforma en verde sucio o azul verdoso, según la proporción de fosgeno en el aire. En una atmósfera de dos miligramos de fosgeno por m³, se colorea en verde sucio en unos cinco minutos. El olfato percibe la concentración mitad de la expresada.

Puede emplearse también el siguiente papel reactivo, que se obtiene sumergiendo tiras de papel de filtro en una solución de un gramo de para-dimetilamino-benzaldehído, y un gramo de difenilamina en 20 c. c. de alcohol etílico de 95° y dejándolas secar en un lugar oscuro. Exponiendo este papel reactivo en una atmósfera que contenga fosgeno, se produce en pocos segundos una coloración amarilla-naranja, más o menos intensa, según la concentración de fosgeno.

El cartucho que se prueba empleando las concentraciones de fosgeno indicadas anteriormente, no debe agotarse antes de transcurrir una hora. Si se forma ácido clorhídrico y atraviesa el cartucho, la eficacia de éste se considera nula.

3. *Comportamiento frente a la cloropicrina.*—El aparato destinado a esta prueba está indicado en la figura 13. Los dos medidores manométricos se cargan con mercurio. El arreglo de los capilares se hace de la manera explicada para el cloro.

El mezclador, como indica la figura, es idéntico al descrito para el cloro, pero sin la rama en T. El accesorio que sirve de unión a los dos medidores manométricos se indica en el centro de la figura. El matraz que ha de contener la cloropicrina va representado en la figura en su ángulo inferior derecho.

Por el manómetro A se hace pasar una corriente de aire de 15 litros por minuto, medida con el rotámetro colocado a la salida del cartucho puesto en su soporte.

Por el manómetro B se hacen pasar 5 litros de aire por minuto, medidos con el mismo rotámetro. Como las dos co-

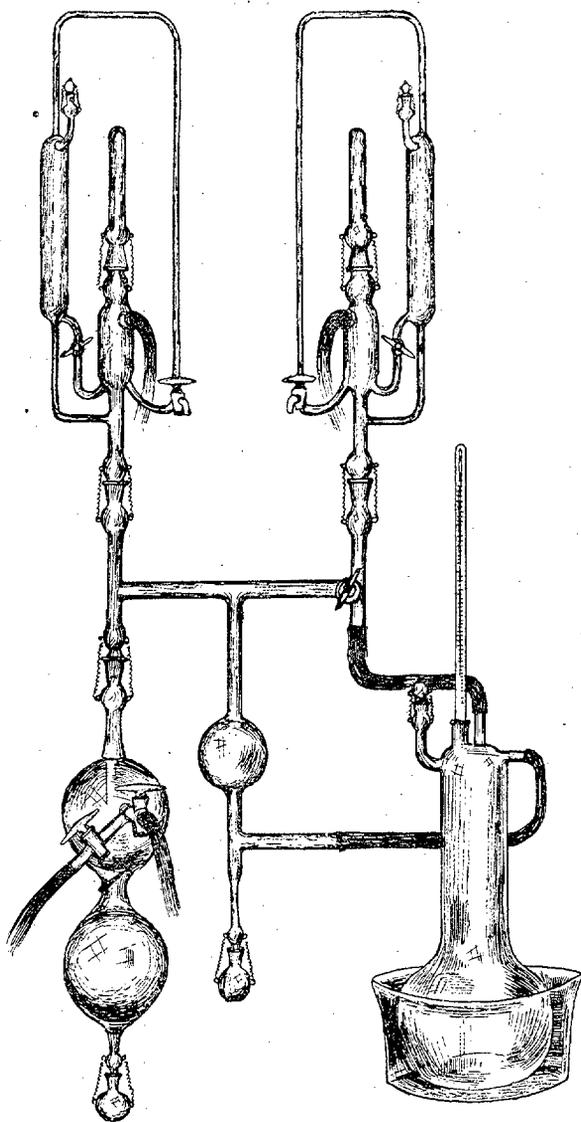


Figura 13.

rientes de aire se influncian mutuamente, como puede verse por las variaciones en las alturas manométricas, es preciso regularla por tanteo, hasta convencerse que pasan los volúmenes deseados, señalando entonces, en las escalas respectivas, las alturas definitivas.

Durante la regulación, para evitar las molestias que pudiera producir un aire cargado de cloropicrina, se pone la llave de tres bocas *a* de modo que comunique la rama medidora B con el mezclador (es decir, que no pase el aire por el matraz de la cloropicrina); regulado el aparato, se cierra la llave de entrada de aire al medidor B; se gira la llave de tres bocas, poniendo en comunicación dicha rama medidora con el matraz de cloropicrina, y se abre entonces la llave de entrada de aire a dicho medidor B, hasta que la columna de mercurio marque en la escala el número fijado anteriormente. De no hacer esto, al girar la llave de tres bocas, como pasa por un punto donde el cierre es total, sobreviene un fuerte aumento de presión y puede saltar el aparato.

La cloropicrina, colocada en el frasco indicado en la figura 20, se mantiene en la temperatura cercana lo más posible a 18°. Operando en estas condiciones, la cantidad de cloropicrina que pasa al cartucho es de 150 miligramos por litro y por minuto.

El final de la prueba se reconoce simplemente por el efec-

to fisiológico, dirigiendo de cuando en cuando el aire que sale del cartucho hacia los ojos del operador; apenas comienzan a pasar las primeras trazas de cloropicrina, se nota la grimeo. Este procedimiento es mucho más rápido y sensible que cualquier prueba química.

• Empleando las concentraciones indicadas al cartucho, no debe agotarse antes de una hora.

En el caso de que se trabaje con una temperatura diferente, lo que representaría una variación en la concentración de la corriente empleada, se puede referir el tiempo obtenido en la prueba a que correspondería en las condiciones tipo por medio de la siguiente fórmula:

$$T_{18} = \frac{T_n \cdot f_n}{f_{18}}$$

en la que:

T_{18} es el tiempo de duración del cartucho a 18°.

T_n el tiempo de duración registrado a la temperatura n .

f_n la cantidad de cloropicrina en gramos por litro que contiene la corriente de aire empleada a la temperatura n , y f_{18} la cantidad de cloropicrina en gramos por litro que contiene la corriente de aire a 18°, y que es igual a 0,155 gramos por litro.

La temperatura de ensayo n se deduce hallando la media de las temperaturas marcadas por el termómetro del frasco al principio y al final de la prueba.

Los valores de f a diferentes temperaturas están dados en la siguiente tabla:

Temperaturas	Valor de f
15°.....	0,126 gramos por litro.
16°.....	0,135 — —
17°.....	0,145 — —
18°.....	0,155 — —
19°.....	0,164 — —
20°.....	0,174 — —
21°.....	0,184 — —
22°.....	0,194 — —
23°.....	0,203 — —
24°.....	0,213 — —

4. *Comportamiento frente al ácido cianhídrico.*—El aparato, como los anteriores, consta de dos medidores manométricos; el de la izquierda, que mide 20 litros de aire por minuto, se carga con mercurio, y el de la derecha, que ha de medir la pequeña cantidad de aire de un litro, que ha de pasar a través del cianhídrico a cero grados, se carga con aceite de parafina coloreado.

El mezclador es exacto al de los anteriores, si bien, por su parte superior, se une a la rama medidora A, y lleva un tubo lateral que permite unirle al tubo de salida del frasco lavador de gases.

El frasco lavador de gases, así como el recipiente que contiene el cianhídrico, están representados en la figura 14.

El frasco que contiene el ácido cianhídrico anhidro se encuentra sumergido en una mezcla de hielo y agua, protegida por un termo, para que la temperatura durante la experiencia sea exactamente de cero grados.

La regulación del aparato se hace tal como se explicó al tratar del cloro, y con las corrientes de aire anteriormente indicadas debe obtenerse una mezcla gaseosa que contiene 1,2 gramos de ácido cianhídrico por metro cúbico.

Para comprobar la exactitud de esta regulación se efectúa el análisis de muestras tomadas a la salida del mezclador, y que, como en el caso del cloro, se recoge en una pipeta de gases. La cantidad de cianhídrico se determina por

yodometría, fundándose en que éste se combina con el yodo dando yoduro de cianógeno, que es incoloro.

Para realizar el análisis se recoge la mezcla gaseosa en una pipeta de gases, operando como se describió en el caso del cloro. Supongamos, para facilitar los cálculos, que hemos recogido un litro de mezcla gaseosa. Se le añaden 75 centímetros cúbicos de solución N/5 de potasa; después de neutralizar con acético, se agrega bicarbonato sódico en exceso y un gramo de yoduro potásico, valorando a continuación con una solución de yodo. Esta última solución se obtiene diluyendo a un litro 74 c. c. de una solución N/10 de yodo. Diez c. c. de la solución empleada equivalen a un gramo de ácido cianhídrico por metro cúbico de aire.

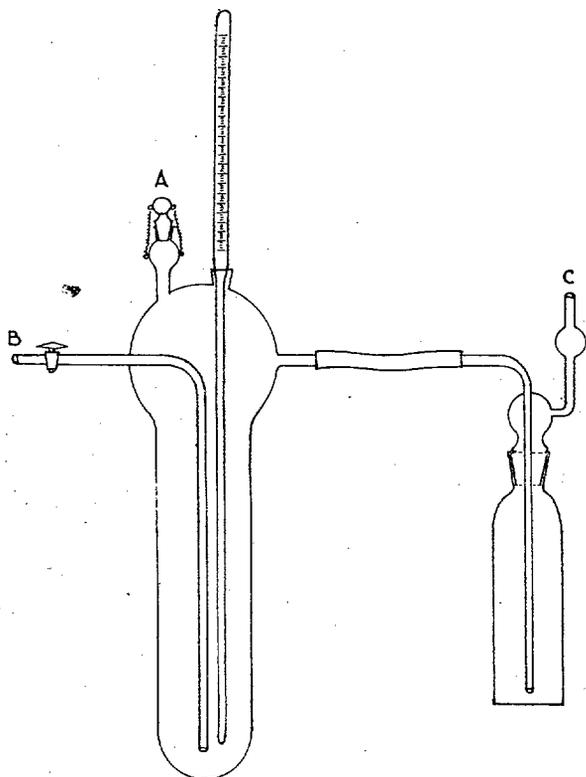


Figura 14.

La aparición del ácido cianhídrico en el aire que sale del cartucho, o sea el final de la prueba, se determina con un papel reactivo preparado del modo siguiente: Se empañan tiras de papel de filtro en solución de sulfato de cobre, y una vez secas se mojan con una solución alcohólica de guayaco y se exponen húmedas aún al paso del aire. El papel se colorea en azul por mínimas cantidades de ácido cianhídrico. La solución de sulfato de cobre es al 1 por 100; la del guayaco se obtiene disolviendo la resina en alcohol y agregando agua hasta que se inicie el enturbiamiento.

También puede emplearse el siguiente papel reactivo: Se prepara en primer lugar una solución de 2,8 gramos de acetato de cobre en un litro de agua; a continuación, 475 c. c. de solución, saturada en frío, de acetato de bencina, se diluyen hasta formar un litro, se mezclan ambas soluciones a partes iguales y se mojan tiras de papel de filtro, que se exponen húmedas a la corriente de aire. La presencia del ácido cianhídrico hace que el papel vire a azul.

En esta prueba, como en las anteriores, el cartucho no ha de agotarse antes de una hora.

Haremos notar que esta prueba del ácido cianhídrico ha

de verificarse con un cuidado extraordinario, ya que su acción tóxica es extraordinaria y de tal rapidez, que no hay tiempo de emplear remedio alguno; además, tiene el peligro de explosiones eventuales. Una coloración ligeramente amarilla indica que es de temer una de estas descomposiciones bruscas. Se le puede estabilizar purificándole por destilación, o bien añadiéndole una pequeña cantidad de ácido fórmico.

5. *Prueba del cartucho frente a los aerosoles (arsinas).* En una cámara de volumen no muy grande (cámara de gases) se crea una atmósfera que contenga 100 miligramos por metro cúbico de difenilcloroarsina, vaporizando esta sustancia mediante el calor suministrado por un hornillo eléctrico; un ventilador, que posee, hace homogénea la atmósfera de arsinas.

Por una de las paredes laterales de la cámara, y a altura conveniente, sobresalen dos tubos metálicos, que mediante tubos de goma se unen a las bases respectivas de los soportes de los cartuchos que se van a ensayar, y que ponen a éstos en comunicación con la atmósfera interior de la cámara, conteniendo arsinas.

El cartucho se adapta perfectamente al soporte mediante un aro de goma, con objeto de evitar fugas de la atmósfera de arsinas, siempre muy molestas, y su embocadura se une al tubo traqueal de la máscara que ha de colocarse el individuo que ha de verificar la prueba.

Para el recambio del cartucho se obtura, en primer lugar, el tubo de goma de salida de la cámara mediante unas pinzas adecuadas; a continuación puede ya cambiarse el cartucho, sin peligro de fuga de la atmósfera de la cámara.

Para realizar la prueba, una vez colocado el cartucho en su soporte, y el portador la máscara, verifica éste la función respiratoria normal, no debiendo percibir ni irritación ni picor en nariz y garganta, por lo menos en el transcurso de una hora.

El procedimiento descrito no es exacto, y se comprende esté sujeto a errores personales; para subsanar este inconveniente se siguen distintos métodos, casi todos ellos con el mismo fundamento. Haremos una somera descripción del francés, por creer es el más sencillo: consiste en someter el cartucho al paso de una atmósfera cargada de aerosoles, recogiendo las partículas no retenidas por aquél sobre un soporte adecuado, y acusando su presencia por medio de una reacción apropiada.

La sustancia que se utiliza para la formación del aerosol es el azul de metileno. En la práctica se confeccionan pastillas, cuya composición es de 50 por 100 de azul de metileno, 35 por 100 de perclorato amónico y 15 por 100 de cloruro amónico, y que se ponen en combustión por la acción térmica de un hilo metálico calentado eléctricamente.

Conseguida de esta forma la atmósfera fumígena, que debe alcanzar una concentración de 0,2 gramos de azul de metileno puro por metro cúbico, se coloca el cartucho que se ensaya en su soporte correspondiente; a continuación se adapta el aparato detector, y por último, el aspirador, que en este caso cumple la misión que realiza el individuo en la prueba anterior. El aspirador crea una corriente de aire de diez litros por minuto, debiendo durar la prueba un tiempo mínimo de tres minutos.

Las partículas de azul de metileno, fijadas sobre un disco de papel de filtro que contiene el detector, se revelan mediante una gota de alcohol etílico de 95° que se deposita en el centro, y que origina después de su evaporación un anillo coloreado, tanto más visible cuanto menor es el poder de la retención del cartucho para los aerosoles.