

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

Estudiaremos en este artículo el objeto de las pruebas a que se someten las máscaras de guerra en el laboratorio, a fin de comprobar si éstas cumplen las normas técnicas dictadas por el Ejército del Aire, y al mismo tiempo describiremos algunos ensayos a que se someten los materiales de la máscara en el curso de su fabricación.

Antes de proceder al estudio de estas pruebas creemos lógico comenzar por describir el objeto de la máscara, misión de cada uno de sus elementos y forma de lograr las condiciones óptimas para la misión que se la exige.

I. LA MÁSCARA

Es un viejo hecho experimental, que se deduce de la historia de las guerras de todos los pueblos y tiempos, que toda nueva arma, en el momento de su aparición, encierra ya en sí misma el germen para su defensa. A veces este germen se encuentra tan escondido y desfigurado, que pasa mucho tiempo antes de que se logre dar con él, y es frecuente que transcurra su desarrollo muy lentamente hasta llegar a un resultado prácticamente positivo. Pero en el hecho que consideramos el germen ha sido encontrado, y en su desarrollo se ha llegado a obtener el medio de defensa eficaz: la máscara.

Al aparecer los gases de combate en la guerra mundial las posibilidades de defensa contra ellos fueron inmediatas; en efecto, se conocían leyes físicas y químicas que podían tomarse en consideración para la defensa; conceptos como la unión física (adsorción) y unión química de los gases o líquidos pulverizados eran familiares. Se trató únicamente de encontrar una forma posible en campaña que permitiese simultáneamente a los soldados protegerse de los agresivos químicos y luchar sin sufrir molestias.

A la ruptura de las hostilidades ninguna de las naciones beligerantes estaba preparada con dispositivos de protección; todo lo que en este dominio se inventó, se introdujo y ha sido desarrollado, ha aparecido por vez primera bajo la fuerza de los medios químicos de combate en el transcurso de la guerra. del año 14, pues no merece tenerse en consideración los aparatos de protección portables que estaban en uso antes de la guerra para trabajos en minas, tanto en Francia y en Inglaterra como en los Imperios centrales; y si bien es cierto el hecho de que ya en el año 1854 el químico inglés doctor Stenhouse, de la Real Sociedad Escocesa de Ciencias y Artes, había presentado un "respirador de carbón de madera" contra la acción de los gases tóxicos, que puede considerarse como la primera forma de máscara contra gases,

este hecho cayó en el olvido, no teniendo ninguna influencia en la aparición y desarrollo de la protección en la Guerra Europea, ya que hasta la terminación de ésta no fué nuevamente conocido.

Fué de una importancia fundamental para el desarrollo científicotécnico de la protección contra el gas, si ésta podía lograrse tomando medidas de protección de orden general sobre el terreno, o bien tenía que ser dotado cada individuo de un aparato de protección adecuado. El desarrollo de la primera cuestión trajo consigo las normas actuales de la defensa colectiva; el desarrollo de la segunda, la protección individual.

En la protección individual estaban abiertos dos caminos: se podía elegir en filtrar el aire atmosférico, contaminado por los agresivos químicos, a través de medios adecuados que lo hicieran apto para la respiración, o bien podían aislarse los órganos respiratorios del medio externo, suministrando al individuo el oxígeno necesario, a la vez que se retenía el anhídrido carbónico espirado. El desarrollo del primer camino ha llevado a la fabricación de la máscara filtrante, casi perfecta, del tipo actual; el segundo camino, a la construcción de los autoprotectores o aparatos aislantes. Nuestra misión se reduce al estudio de la máscara filtrante.

Prescindamos de la historia y desarrollo de la máscara por las diferentes naciones, que nos llevaría demasiado lejos, y pasemos a estudiar las condiciones que debe reunir la máscara filtrante moderna.

La máscara o aparato filtrante actualmente en uso está constituida por dos elementos completamente diferentes: uno es la faz o pieza que ha de adaptarse a la cara, aislando del aire exterior los ojos, nariz y boca; el otro es filtro respirador o cartucho filtrante, que se adapta, bien directamente a la máscara, o bien mediante un tubo flexible.

Podemos resumir las condiciones que debe reunir en los siguientes apartados:

1.º Polivalencia; es decir, lograr la purificación del aire, por la composición química del filtro, de todos los agresivos que puedan usarse en el campo de batalla, con rapidez suficiente y oponiendo la mínima resistencia a la respiración.

2.º Comodidad, de tal forma que no provoque al portador cansancio ni molestia alguna, su colocación sea rápida y obstaculice lo menos posible la visión.

3.º Poco peso y gran resistencia y duración al mal trato de la vida de campaña, recordando que debe formar parte del equipo del soldado.

4.º Construcción con material no poroso, para conseguir

la hermeticidad perfecta y resistencia de este material a los agresivos químicos, particularmente a los vesicantes.

Como puede observarse, la mayoría de estas condiciones se contraponen mutuamente; por consiguiente, han de escogerse con sumo cuidado, y después de numerosos ensayos, los materiales más a propósito para la construcción de la máscara y cartucho que se acerquen al tipo ideal.

Estudiaremos a continuación los problemas planteados y su solución a la práctica.

a) *Pieza de cara.*—Se han empleado diversos materiales para la construcción de la faz o pieza de cara, tales como el cuero al cromo impregnado con sustancias que le hicieran absolutamente impermeable: la goma, la celona, metales, tejidos engomados superpuestos en varias capas, etc.

Si se emplea el cuero, como es difícil hacer estancas las costuras, se recurre a la estampación, con lo que además se logra darle una forma muy semejante a la de la cara del individuo, disminuyendo, por tanto, el espacio muerto y ganando comodidad. Esta máscara, que requiere gran esmero en su construcción, se utiliza en casos especiales; por ejemplo, en la extinción de incendios, por los bomberos.

Las máscaras parcialmente confeccionadas con celona, a pesar de la gran visibilidad que proporcionan, presentan una serie de inconvenientes (poca resistencia a la vida de campaña, rigidez, etc.), por lo que se desecha su empleo en campaña, utilizándose solamente dicho material en la construcción de máscaras para la protección civil.

También para casos especiales se construye la faz en chapa metálica estampada, dándose preferencia para ello, a causa de su ligereza, al aluminio y sus aleaciones.

La confección de la faz a base exclusivamente de caucho, a pesar de las ventajas que se logran con dicho material, tales como la adaptación perfecta que se consigue por la estampación, su gran flexibilidad y la permanencia de su forma a pesar de los malos tratos, presenta desventajas, como su mayor peso, la sofocación que produce en el individuo, debida a la mala conductibilidad del caucho; su difícil conservación a causa del envejecimiento de éste y, sobre todo, su alto precio, que hace que su fabricación sea exclusiva de unos pocos países.

Los países europeos, casi en su totalidad, emplean en la confección de la máscara material constituido por varias capas de tejidos engomados. Este material, como ya es sabido, está compuesto de cuatro capas: la exterior es de lona fuerte; viene a continuación una capa de goma; inmediata a ésta, una tela fina de globo, y, por último, una nueva capa de goma constituye la parte interna. Se logra de esta forma una impermeabilidad completa, y la resistencia, ligereza, flexibilidad y duración son también satisfactorias, obteniéndose un conjunto que se aproxima a las condiciones impuestas. El material, constituido como hemos dicho, se somete a duras pruebas antes de su empleo en la confección, tales como plegados sucesivos (unas 400 veces) por una misma línea para probar que no pierde la impermeabilidad, comprobación de la determinada tensión de ruptura en el dinamómetro Schoper, impermeabilidad a diferentes agresivos químicos, resistencia a los disolventes, etc.

También se hicieron numerosos ensayos, que dieron lugar a la creación de diversos modelos, para lograr la adaptación perfecta de la máscara a la cara; prescindiendo de la descripción de éstos, nos reduciremos a mencionar de una manera somera la confección de la máscara de marco actual.

Del rollo de tejido cauchotado antes mencionado se corta la pieza facial según un patrón determinado, que después

se cose para darle la forma, transversalmente (es decir, colocando los tejidos a tope), mediante máquinas especiales; tras numerosas experiencias se ha conseguido encontrar la forma más perfecta con el menor número de costuras, quedando reducidas a las siguientes: una en cada sien, una horizontal entre los dos oculares, otra en la nariz y una última que corresponde a la parte inferior de la barbilla. Una vez realizado el cosido, se colocan sobre las costuras unas tiras de goma virgen, que a continuación se vulcanizan, logrando así la estanqueidad perfecta.

Confeccionada la faz, se la fija el marco de gamuza que logrará su perfecta adaptación a la cara, la cinta de apoyo de la barbilla y los atalajes.

b) *Atalaje de sujeción.*—Consiste en un sistema de cintas que a la vez que asegure el perfecto ajuste de la máscara impida el movimiento de ésta.

La disposición de las cintas del atalaje en la pieza de cara se comprende, mejor que por una descripción, examinando la figura 1.

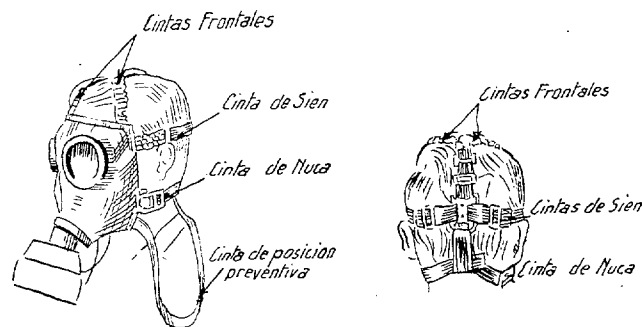


Figura 1.

Se presentaron serias dificultades antes de llegar a una perfecta disposición del atalaje, así como también en la elección del material para la confección del mismo; hoy día se emplean muelles metálicos, introducidos en tubos de cinta más largos. Se cose el muelle en un extremo, se hacen los pliegues necesarios a la cinta para que los otros dos extremos coincidan, y se cosen éstos, pudiendo de esta forma, como es lógico, estirarse los muelles en el interior de la cinta. La resistencia de los muelles a la tensión se controla mediante un dinamómetro, de modo que los valores estén comprendidos dentro de ciertos límites.

c) *Visión.*—Dificultades análogas a las surgidas en la elección del material para la construcción de la faz de la máscara y de los atalajes aparecieron cuando se trató de encontrar el medio que permitiese al portador de la máscara una visión nítida y lo más amplia posible.

El ocular es siempre un punto débil, si se tiene en cuenta la vida a que ha de someterse la máscara en campaña, con el inconveniente grave de que si se rompe, las astillas producidas pueden herir al portador. Aquí tampoco mencionaremos los materiales que se utilizaron en la construcción de oculares, ni la evolución en forma y posición de esta parte importantísima de la máscara en los diversos países; hoy día, en casi su totalidad, emplean en la construcción el cristal triplex y también la celona. El primero, como se sabe, está constituido por dos capas de cristal fino unidas entre sí por medio de celuloide o una sustancia análoga (derivados de la acetilcelulosa). De esta forma se consigue, al mismo tiempo que una visión muy clara, evitar que las astillas producidas por la ruptura del mismo puedan herir los ojos

del portador, ya que éstas quedan pegadas a la capa intermedia; también se logra una perfecta estanqueidad en el caso de ruptura, impidiendo la entrada de la posible atmósfera tóxica en el interior de la máscara. Estos cristales triplex se someten a pruebas de ruptura y a la acción de la luz, humedad y temperatura determinada para comprobar que no se oscurecen y que las capas que los constituyen permanecen siempre unidas.

La celona o acetilcelulosa secundaria, mezclada con diversas sustancias sustitutivas del alcanfor, se emplea en algunos países (Alemania) en la construcción de los oculares; presenta las ventajas de ser irrompible y difícilmente combustible.

Otro problema de la visión lo constituye el hecho de que el aire espirado saturado de humedad a una temperatura de 37°, al chocar con los oculares, que están a la temperatura ambiente, sufre un enfriamiento, y el vapor de agua se condensa en gotitas sobre los oculares, impidiendo, por consiguiente, una visión clara. Para solventar este inconveniente se han empleado diversos procedimientos: conducción del aire exterior frío sobre la parte interna de los oculares, extensión sobre la parte interna de los mismos de una delgada capa de jabones especiales a base de sulforricinato, o bien el empleo de discos de celoluide intercambiables, que por una o ambas caras están impregnados de una sustancia capaz de disminuir la tensión superficial del agua; por ejemplo, la gelatina.

La posición y forma de los oculares en la faz es de gran importancia, tendiéndose a obtener una gran amplitud del campo visual; la máscara alemana del año 1918 conseguía el 24 por 100 del campo visual; la máscara moderna consigue un campo visual que abarca el 73,6 por 100 del campo visual total libre (es decir, del campo visual abarcado sin el empleo de la máscara). En el gráfico adjunto (fig. 2), debido a Ettel, puede observarse el aumento paulatino del campo visual de la máscara desde que ésta empezó a adquirir importancia bélica hasta el momento actual.

d) *Respiración pendular y dirigida: Válvulas.*—En los primeros tipos de máscaras, tanto la entrada como la salida

del aire se verificaba siempre por el mismo camino, es decir, a través del cartucho filtrante; por este motivo recibió este sistema de respiración el nombre de respiración pendular. Este sistema aumentaba la fatiga del portador de la máscara a causa de la resistencia, nunca despreciable, opuesta por el filtro; además el espacio muerto se incrementaba y el paso del aire espirado a través del filtro destruía paulatinamente la capa de absorbentes químicos a causa de la humedad y del anhídrido carbónico que contiene.

Para obviar estas dificultades se dotó a la máscara de un sistema de válvulas que hacen que la circulación del aire sea dirigida en el sentido de que el aire espirado sale al exterior sin atravesar el cartucho filtrante. Las válvulas reciben, respectivamente, los nombres de válvula de aspiración, aquella que está situada en la parte superior del cartucho (o emboCADURA de la máscara al cartucho en otros modelos), y que funciona abriéndose hacia la parte interior de la máscara, admitiendo de esta forma el paso del aire, y válvula de espiración, que, a la inversa de la anterior, se abre de dentro afuera de la máscara cuando el aire es expulsado de los pulmones.

La primera válvula puede decirse que carece de importancia, ya que no necesita que su cierre sea hermético; está constituida, por lo general, por un disco de goma sujeto al soporte por un botón central que éste posee.

La segunda es una de las partes más delicadas de la máscara; ha de funcionar de un modo perfecto, ya que el menor defecto en su cierre haría que el aire exterior tóxico penetrara en la máscara al realizar la aspiración. Podrían, como es lógico, construirse válvulas de cierre hermético, sin presentar ello un gran problema; pero se exige que a la vez que el cierre sea hermético, la resistencia de apertura sea mínima, y estas dos condiciones se contraponen. Se han creado muchos tipos de válvulas: unos fabricados por dos láminas finas de caucho, unidas en algunos puntos de tal forma que por la depresión respiratoria se adhieran mutuamente y se separen, abriéndose, por la presión de espiración. Las variaciones de este modelo en los diversos países sólo consisten en detalles de forma; así los americanos emplean una válvula de espiración constituida por una especie de saco triangular, al cual se le han cortado los vértices, uniéndose uno de ellos a la pieza de boca y dejando los otros dos para dar salida al aire; la italiana tiene forma octogonal, con cuatro lados libres, alternados, para dar salida al aire, etc. Otros modelos difieren esencialmente en su constitución; así la válvula alemana está formada por un disco de mica que por la acción de un muelle de acero se apoya sobre el borde metálico superior de la caja de válvulas, haciendo el cierre hermético; estas válvulas, más económicas que las anteriores, tienen el único inconveniente de que su cierre no es perfecto hasta que el disco de mica no se ha recubierto de una pequeña capa de agua, procedente de la condensación del vapor de agua contenido en el aire espirado.

e) *Espacio muerto.*—No es la cantidad de aire que entra por la boca del aparato respiratorio lo que interesa a la respiración normal, sino la cantidad de aire puro que en un tiempo dado reemplaza un volumen igual de aire viciado en los alvéolos pulmonares. Estas dos cantidades no son iguales, sino que la primera es siempre superior a la segunda, puesto que el espacio alveolar está separado del aire exterior por las vías conductoras: bronquios, tráquea, boca y cavidades nasales, que constituyen un espacio muerto, en el cual no se producen cambios. Al colocarse la máscara hay un aumento de espacio muerto, que equivale al espacio suplementario si-

GRAFICO COMPARATIVO DE CAMPO VISUAL

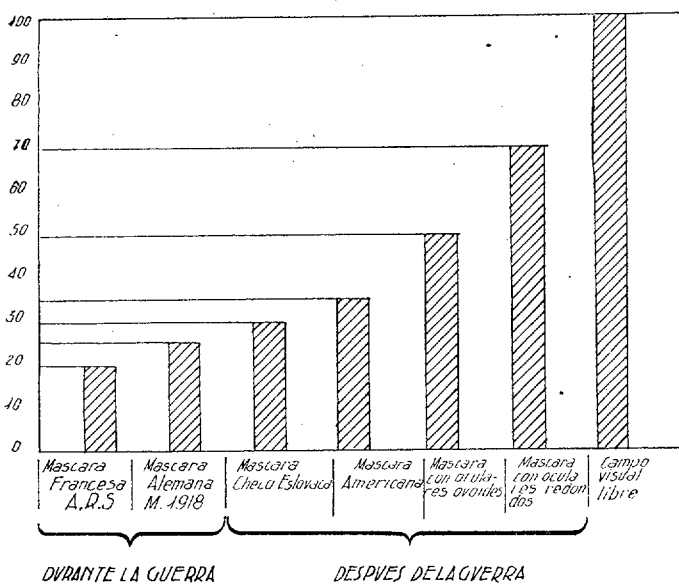


Figura 2.

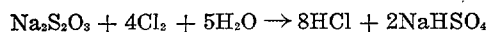
tado entre la parte interna de la máscara y la cara del portador, y que es fijo para cada tipo de máscara; se precisa, por consiguiente, para conservar una ventilación alveolar constante, que el ritmo de los movimientos respiratorios sea aumentado. Este medio, empleado por el organismo para compensar el espacio muerto de la máscara, produce rápidamente una gran fatiga respiratoria, siendo, por consiguiente, importante habituarse a respirar, cuando se lleva puesta la máscara, con amplitud, sin exageración inútil y a un ritmo moderado.

Destacaremos la importancia del espacio muerto con el siguiente ejemplo: Un individuo tumbado ejecuta 14 respiraciones por minuto, aspirando en cada una de ellas 0,570 c. c. de aire, o sea, en total, ocho litros por minuto. Si el espacio muerto es de 445 c. c., necesita introducir en el organismo en cada aspiración 1,015 litros, y durante un minuto, la cantidad total de 14,2 litros de aire. Esta cantidad de aire es la que consumiría si realizase una marcha a la velocidad de 80 pasos por minuto; luego estando tumbado y con la máscara puesta, ejecuta un trabajo muscular que corresponde al que realizaría en la marcha mencionada.

Se deduce de las anteriores consideraciones que el espacio muerto debe ser tan pequeño como sea posible; por esta razón los aparatos sin válvulas son menos ventajosos que los que las tienen, no notándose la presencia de un espacio muerto si el volumen de éste no pasa de 100 c. c.

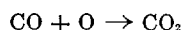
f) *El cartucho filtrante.*—Existen dos procedimientos de filtración del aire: uno de ellos basado en reacciones químicas; el otro, basado en la adsorción física.

El primero consiste en hacer pasar el aire a través de una materia porosa (algodón, tela, esponja, etc.), embebida en un reactivo químico que produzca con el gas tóxico un compuesto fijo; por ejemplo, el tiosulfato sódico fija al cloro, según la reacción



y los compuestos dotados de un grupo $-\text{NH}_2$ fijan al fosgeno con formación de una urea sustituida; se conocen otros muchos fijadores químicos para un gran número de gases tóxicos.

Una variante del principio de fijación química consiste en transformar los gases tóxicos en productos inocuos; así la hopcalita, mezcla de óxidos de cobre, manganeso, cobalto y plata, cataliza la reacción



de forma tan rápida, que se hace completa en el breve tiempo en que el aire atraviesa el cartucho filtrante.

Los anteriores procedimientos de fijación química, muy eficaces en casos particulares, no ofrecen una solución general al problema de la filtración. Se recurre hoy día al segundo procedimiento, basado en la adsorción física, que permite mucho más fácilmente obtener aparatos polivalentes. Utiliza la propiedad que posee el carbón activo de fijar los gases densos, fácilmente liquidables; es decir, aquellos que por sus condiciones tácticas son más probables de encontrar en el campo de batalla.

Como la fijación de los gases y vapores tenía lugar por un procedimiento físicoquímico, fué preciso añadir al sistema filtrante un dispositivo destinado a retener mecánicamente las partículas que constituyen los humos y nieblas tóxicas.

Debido a las anteriores consideraciones, la mayoría de los tipos de cartuchos filtrantes de las máscaras de guerra

modernas están constituidos, como se indica en la figura 3, por estuches metálicos estancos al aire y que contienen en el interior las siguientes capas: en su parte inferior, el filtro mecánico para aerosoles, constituido por celulosa en diversas formas; a continuación, la capa de carbón activo; y, por último, el granulado químico, a base de arcilla porosa u otro material absorbente, impregnado con permanganato potásico, cal sodada, etc., y que tiene por objeto fijar aquellas moléculas del gas que se escapan de la capa de carbón activo.

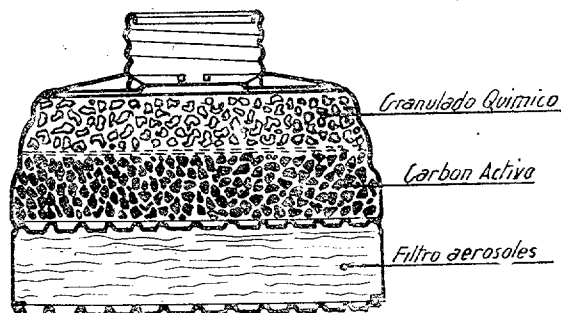


Figura 3.

Parece a primera vista que la fabricación de un cartucho filtrante formado tal como acabamos de indicar carece de dificultades; sin embargo, ha sido difícil encontrar la disposición que consiga simultáneamente una máxima capacidad de adsorción por largo tiempo y mínima resistencia respiratoria con el menor peso posible, pues si bien aumentando las dimensiones del filtro aumenta la capacidad y duración protectora de la máscara, le comunica a ésta mayor resistencia al paso del aire, más peso y mayor precio.

Establecida la cantidad de aire que se ha de filtrar, la resistencia del filtro es tanto menor cuanto mayor sea su superficie, permaneciendo constante el espesor de la capa; este espesor ha de ser tal que en el breve tiempo en que permanece el aire tóxico en contacto con el carbón activo a su paso por el cartucho quede libre del agresivo químico, y la superficie se aumenta de forma que la resistencia total del filtro no sobrepase los 20 mm. de columna de agua. Insistiremos en estas cuestiones al describir detalladamente las pruebas de control.

II. EL CONTROL DE LA MASCARA EN EL LABORATORIO

Dividiremos las pruebas que se llevan a cabo en el laboratorio de control de máscaras en dos apartados: el primero comprende las pruebas de la careta y accesorios, y el segundo, las que se efectúan con el cartucho filtrante, subdividiendo ambos, en razón a su naturaleza, en pruebas físicas y en pruebas químicas.

No mencionaremos aquellas pruebas tales como la determinación de la refracción de los oculares, del número de astillas producidas en la rotura de éstos, resistencia al roce y a la rotura del material de la pieza de cara, etc., que, por efectuarse durante el curso de fabricación con los diversos materiales que han de constituir las máscaras, sería innecesario repetir en los laboratorios de los organismos militares, toda vez que tuvieron que efectuarse en fábrica al hacer el informe técnico sobre pedidos efectuados a las Casas constructoras por las Comisiones nombradas a tal efecto.

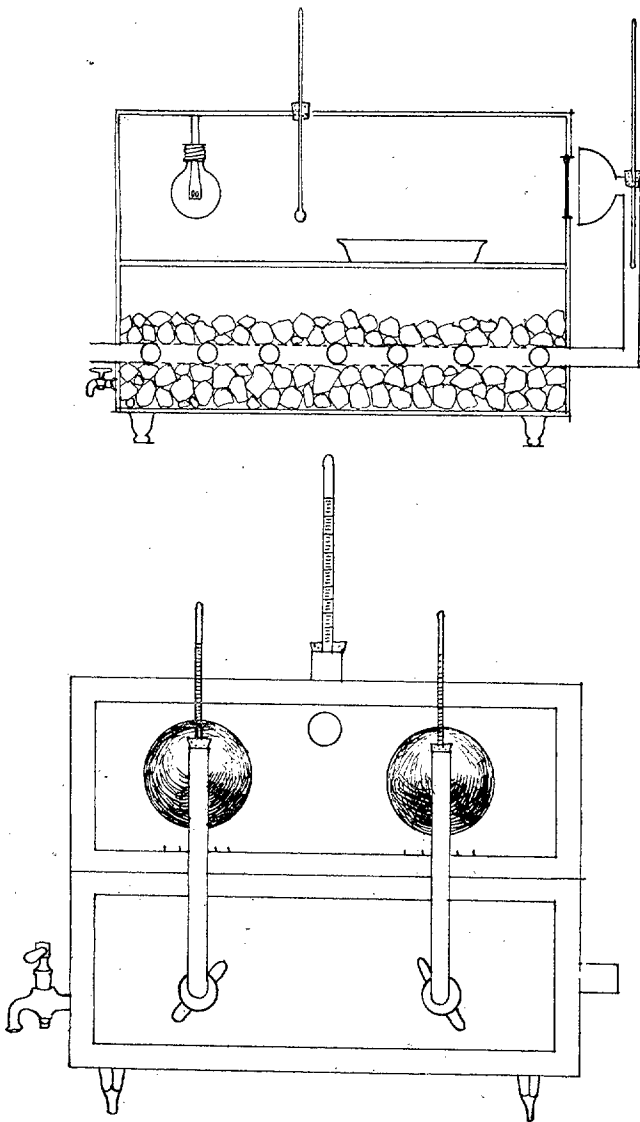


Figura 4.

A. PRUEBAS DE LA CARETA Y ACCESORIOS.

a) PRUEBAS FÍSICAS.

1. *Prueba de los discos antiempañables.*—Existen diversos modelos de aparatos para verificar esta prueba, pero todos ellos tienen el mismo fundamento, es decir: someter al disco antiempañable a una atmósfera semejante a la espirada por el organismo humano (saturada de vapor de agua a la temperatura de 37°), por su parte interna, y a una corriente de aire, enfiada a una temperatura comprendida entre 0 y 5° C., por su parte externa, logrando así las condiciones más favorables para que se produzca el empañamiento. Describiremos uno de los modelos más sencillos.

El aparato se compone de dos cuerpos independientes, como indica la figura 4.

En el superior van instaladas dos pequeñas lámparas eléctricas, que proporcionan el calor y la luz necesarios para la prueba. Una pantalla de cristal esmerilado difumina la luz, que llega a los discos, facilitando de esta forma la observación. Contiene también una cubeta con agua, que mantiene la atmósfera de la estufa en condiciones de saturación; un

termómetro, que indica la temperatura de la experiencia, y dos oculares con sus soportes para los discos antiempañables, semejantes a los que posee la máscara.

El cuerpo inferior contiene un serpentín de modo que pueda ser cubierto por hielo o una mezcla frigorífica. Uno de los extremos del serpentín se une a la conducción de aire a presión, y el otro se bifurca en dos tubos terminados en forma de casquetes esféricos, dispuestos de tal forma que la corriente de aire que sale por ellos choque con los cristales de los oculares, colocados, como hemos dicho, en el frente del cuerpo superior. Unos termómetros colocados en la prolongación de los tubos de salida de aire nos indican la temperatura de éste.

Para efectuar la prueba se recubre con hielo el serpentín y se encienden las lámparas. Cuando la temperatura del agua y del aire en la cámara superior es de 37°, se colocan los discos objeto del ensayo del mismo modo como se realiza en la máscara, teniendo cuidado de que se adapten bien a los cristales. A continuación se le da paso a la corriente de aire, regulándola de tal manera que su temperatura esté comprendida entre 0 y 5° C., y se anota la hora.

La prueba se da por terminada cuando se inicia el empañamiento del disco.

Si durante el ensayo la temperatura interior tendiera a pasar de los 37°, se apagarán las lámparas y se encenderán momentáneamente para hacer de cuando en cuando la observación de los discos. También puede suceder, si los discos no estuvieran bien colocados, que el aire interior, penetrando entre el disco y el cristal, produzca sobre éste un empañamiento que al parecer se verifica sobre el disco, falseando la prueba.

La cifra encontrada en esta prueba indica siempre un valor superior al tiempo de duración del disco en la máscara, ya que en la prueba el disco está sometido continuamente al ambiente húmedo, mientras en la máscara la acción es alternativa, correspondiendo este ambiente sólo al período de espiración.

2. *Determinación del campo visual.*—La importancia de que el campo visual sea lo más amplio posible en todos los sentidos aconseja esta prueba, que se realiza mediante el aparato que muestra la figura 5. Consta de una cabeza me-

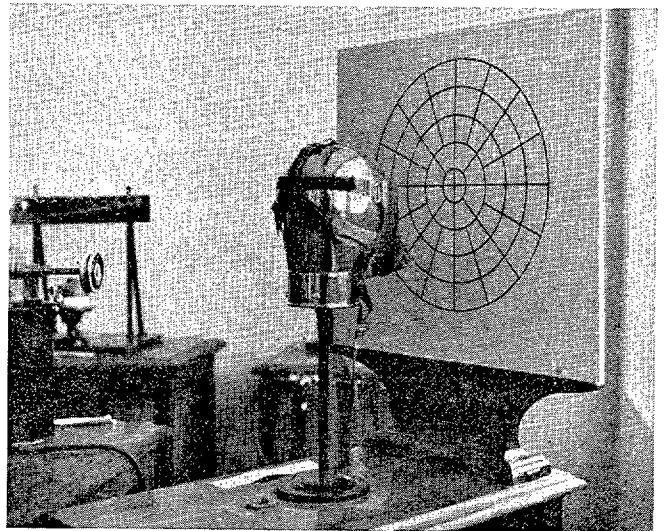


Figura 5.

tática que lleva dos bombillas eléctricas en el lugar de los ojos, separadas por un delgado tabique, que hace que cada bombilla ilumine a través de cada uno de los oculares. Al cerrar el contacto, dichas bombillas iluminan el tablero, colocado a 20 centímetros de distancia, que lleva dibujada la proyección del casquete esférico empleado en otros modelos, siendo la parte iluminada el campo visual de la máscara. Uniendo los puntos extremos del campo iluminado se obtiene una figura semejante a la que se indica en el esquema 6, y que, como hemos dicho, representa el campo visual de la máscara. Para evitar el error personal que aún existe al verificar el traslado de los puntos extremos iluminados del tablero al diagrama, puede utilizarse, en lugar de un tablero como el aparato descrito, un cristal esmerilado, en el que está dibujada la proyección que se indicó en el esquema 6, y detrás de éste una cámara fotográfica, que nos reproducirá exactamente el campo visual.

La distancia de la cabeza al tablero debe ser tal, que, sin colocar la máscara sobre ella, los conos de luz procedentes de las bombillas caigan dentro del plano de visión.

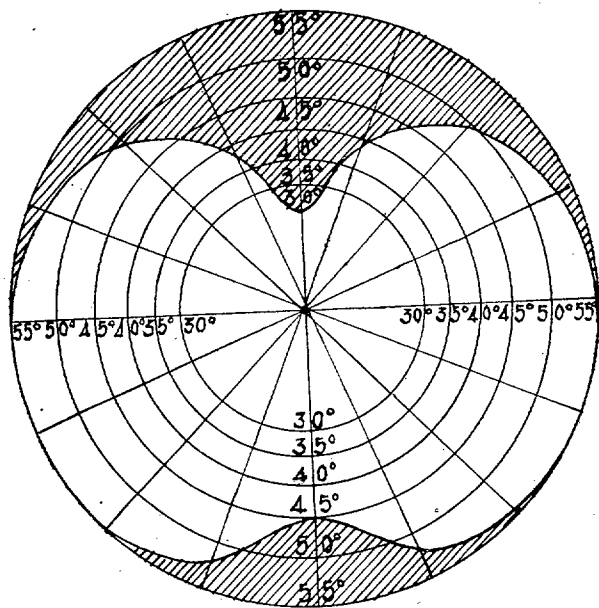


Figura 6.

Los ensayos así efectuados son comparativos, pudiendo variar las condiciones del aparato, tales como distancia de la máscara al plano de visión, etc. Si se quieren calcular los ángulos de visión, se sigue el procedimiento siguiente (figura 7). El punto O, posición del ojo del observador, se encuentra exactamente sobre la perpendicular OA al tablero mencionado. La circunferencia de mayor radio visible determinará el ángulo visual α , cuyo valor se calculará por su tangente, y lo mismo el ángulo α' :

$$\frac{AC}{OA} = \operatorname{tg} \alpha \qquad \frac{AB}{OA} = \operatorname{tg} \alpha';$$

y si tomamos como unidad la distancia al tablero $OA = 1$, tendremos:

$$AC = \operatorname{tg} \alpha \qquad AB = \operatorname{tg} \alpha';$$

es decir, que el radio de la circunferencia que limita la visión nos dará directamente la tangente, obteniendo el ángulo que corresponde merced a las tablas trigonométricas.

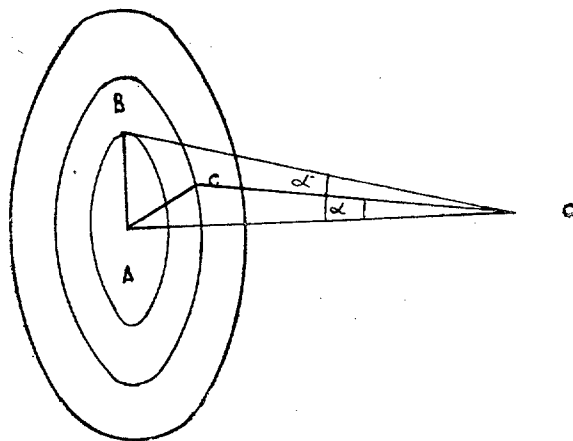


Figura 7.

3. *Determinación de la estanqueidad de la válvula de espiración.*—El aparato destinado a esta prueba va montado sobre un soporte formado por dos tableros de madera unidos perpendicularmente.

El tablero horizontal soporta un dispositivo para la colocación de la válvula, compuesto por un vaso estanco de unos 400 c. c. de capacidad y de un dispositivo especial que permite comprimir la válvula de una manera regular y continua sobre la almohadilla de caucho que rodea la boca del vaso estanco, cerrando así su abertura. Merced al juego de vasos comunicantes colocados en el tablero vertical, se puede conseguir una depresión bajo la válvula de unos 100 milímetros de columna de agua, que señalará el manómetro de agua (teñida ésta con azul de metileno, para apreciar mejor el nivel, o, aún más conveniente, con dicromato potásico, ya que el primero mancha las paredes del tubo), que para medir esta depresión va unido al soporte de la válvula (vaso estanco) por su correspondiente tubo de goma.

Si colocamos la válvula en las condiciones citadas, la depresión se mantendrá constante en tanto no penetre aire a través de la válvula que se prueba. Si ésta se prueba tal y como viene procedente de la fábrica, al cabo de un minuto la depresión no debe disminuir más de 11 mm. de columna de agua para considerarla como buena.

Como las condiciones a que se someten las válvulas en la prueba anterior no corresponden a las condiciones de trabajo, conviene someterlas, antes de la determinación de su estanqueidad, al paso de una corriente de aire de 30 litros por minuto, saturado de humedad a la temperatura de 37° durante cinco minutos. Estas condiciones se consiguen colocando las válvulas durante el tiempo citado en lo que podemos llamar pulmón artificial, por someter a las válvulas a un trabajo semejante al que éstos sufren en virtud del mecanismo de la respiración.

El aparato, cuyo esquema se indica en la figura 8, consta de un distribuidor mecánico de una corriente de aire, medida con un rotámetro, de modo que su velocidad sea de 30 litros por minuto; se encarga de dirigir el aire de una manera alternativa, bien hacia el soporte de las válvulas, pasando a través de un baño de agua calentado a 37° C. por

una resistencia eléctrica regulable, o bien hacia la trompa de aire, con depósito metálico, para el agua condensada.

El aire, saturado de humedad a una temperatura de 37°, sale al exterior a través de las válvulas, que, como es natural, se abren, produciéndose un movimiento inverso al anterior y, por tanto, cerrándose, cuando el aire pasa a la trompa, cuya rama de absorción está unida a las válvulas. Este cambio alternativo en la corriente de aire produce en la válvula colocada en el soporte los movimientos propios de la respiración; es decir, funciona como si estuviera colocada en una máscara en servicio.

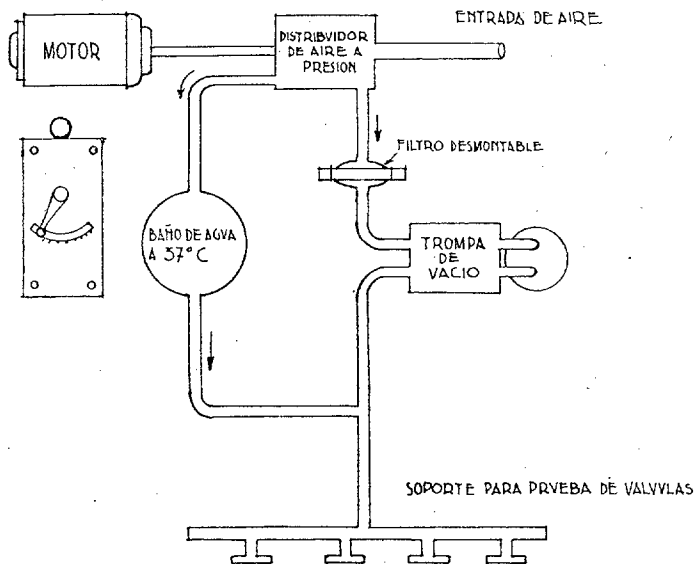


Figura 8.

Colocada la válvula durante cinco minutos en el pulmón artificial, y, por tanto, humedecida, y determinando a continuación su estanqueidad en la forma antes indicada, la pérdida de depresión en un minuto no será superior a tres milímetros de columna de agua.

4. *Determinación de la resistencia de la válvula de espiración.*—Los elementos que componen el aparato para esta prueba van montados de una manera análoga al de la prueba de estanqueidad. El soporte de válvulas es exactamente igual al anterior, como muestra la figura 9, estando unido por dos tubos de goma a la salida de un rotámetro y a un manómetro de gran sensibilidad y precisión, colocados en el tablero vertical.

Con objeto de evitar que una presión accidentalmente mayor que la máxima que puede ser registrada por el manómetro pueda inutilizar este aparato, se intercala entre él y el soporte de válvulas un frasco de seguridad (que no se representa en la figura anterior), con una altura de agua un poco mayor que la presión que se ha de medir. La manera de operar con este aparato es la siguiente: Después de unida la conducción del aire con la entrada del rotámetro, en la cual debe ir un filtro especial, que tiene por objeto separar las gotas de agua y cuerpos extraños que pueda arrastrar la corriente de aire, se coloca la válvula en el soporte y se abre muy lentamente la llave de paso de aire, hasta conseguir que el rotámetro marque 30 litros por minuto; la resistencia que opone la válvula al paso del aire origina una

elevación de presión en el vaso estanco, que le sirve de soporte; presión que se acusa y mide en el manómetro. No debe pasar esta resistencia de 10 mm. de columna de agua.

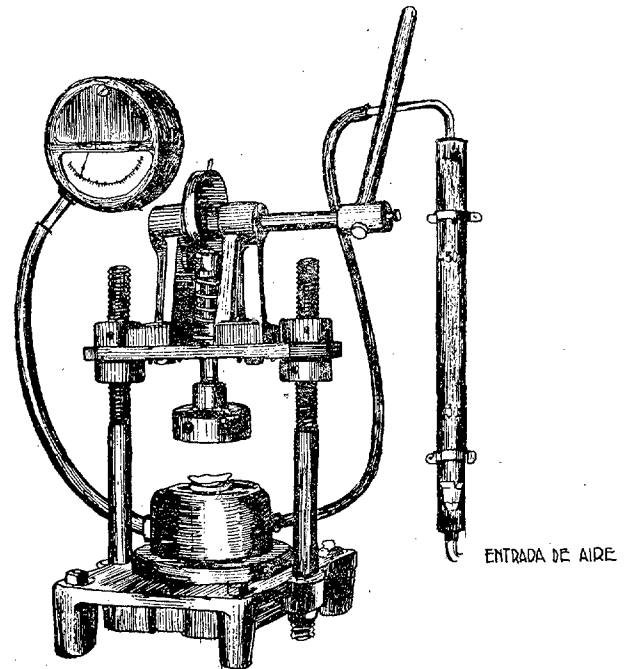


Figura 9.

5. *Determinación de la estanqueidad de la máscara.*—La prueba de unión y perfecto armado de las diferentes piezas que constituyen la máscara se efectúa colocando ésta sobre una cabeza artificial e inyectando entre ambas una corriente de aire que contenga amoníaco a una presión de 25 milímetros de columna de agua. Recubierta la máscara con un paño humedecido con agua que contenga fenoltaleína, no debe producirse ningún enrojecimiento en punto alguno de éste. Para verificar esta prueba se colocarán tapones en sustitución del cartucho y de la válvula de espiración.

El dispositivo para estas pruebas va montado sobre una mesa y de la forma que se indica en la figura 10. El frasco A, de dos bocas, que contiene una solución de amoníaco comercial al 20 por 100, se pone en comunicación con la entrada de aire a presión, procedente del compresor, por un tubo de vidrio que penetra en la solución amoniacal; otro tubo de vidrio pone en comunicación el frasco con el tubo colector de aire saturado de amoníaco.

De este tubo colector parten dos ramas: una va a la cabeza artificial, en la que se coloca la máscara a probar, y la otra a un manómetro de agua. El tubo colector termina en un frasco B, cuya misión es recuperar el amoníaco, y está unido a un segundo frasco C, que contiene una solución de ácido sulfúrico a 40 por 100, con objeto de retener la cantidad de amoníaco que aún puede ser arrastrada por el aire.

La presión que indique el manómetro de agua depende, como es lógico, de la resistencia que se oponga a la salida del aire saturado de amoníaco del tubo colector, y por tanto, de los niveles de los líquidos que contengan los frascos B y C. Regulado el aparato, basta colocar la máscara en el soporte correspondiente y darle paso al aire procedente del tubo colector.

La solución de fenoltaleína con la que se empapa el lienzo que ha de cubrir completamente la máscara se prepara

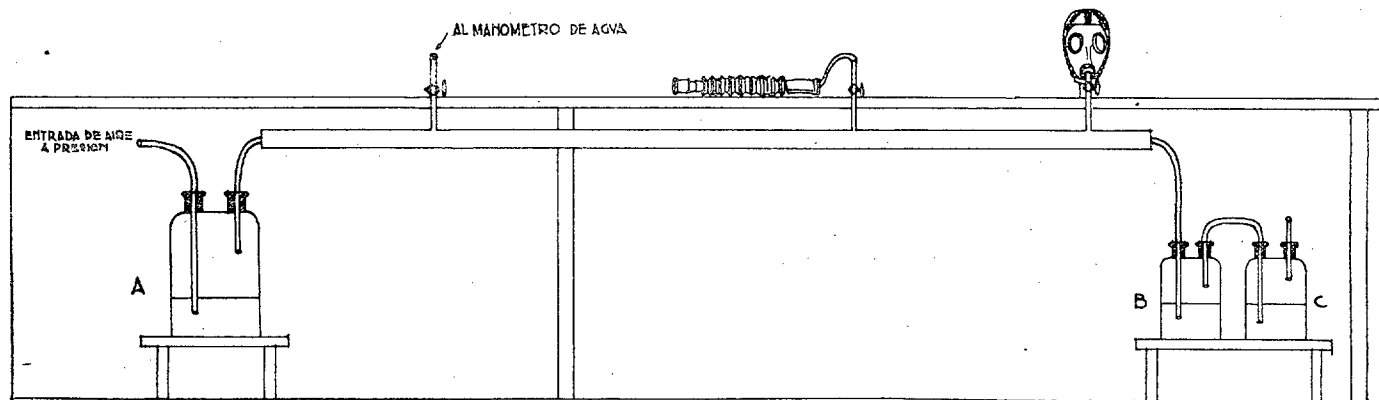


Figura 10.

disolviendo en tres litros de agua 20 c. c. de una solución de fenoltaleína al 5 por 100 en una mezcla de toluol y alcohol metílico a partes iguales.

6. *Determinación del espacio muerto.*—Las máscaras de guerra cuyo estudio comparativo de espacio muerto va a efectuarse se adaptan sobre unas cabezas artificiales, de tal forma que el ajuste sea perfecto; se logra esto obturando la unión del borde de la máscara con el maniquí con latex, caucho u otro mastic. Se hace pasar a continuación anhídrido carbónico puro, de tal modo que éste ocupe todo el espacio interior de la máscara, y una vez que esto se ha logrado, se desaloja este volumen de anhídrido carbónico por medio de una corriente de aire, recogiendo en un vaso que contenga agua de barita, a través de la cual se le hace barbotear; se pesa, por último, el carbonato bórico, que se precipita, con lo que se deduce el volumen de anhídrido carbónico y, en consecuencia, el espacio muerto de la máscara; o bien, si se emplea agua de barita previamente valorada y en cantidad conocida, por un medio volumétrico podemos averiguar la cantidad de agua de barita que queda sin reaccionar después de haber pasado todo el anhídrido carbónico, y por diferencia, la cantidad gastada por el volumen de este gas que corresponde al espacio muerto.

b) PRUEBAS QUÍMICAS.

1. *Determinación de la impermeabilidad del material que constituye la pieza de cara frente al bromuro de bencilo.* El fundamento de esta prueba consiste en determinar el tiempo que tarda en atravesar los vapores de bromuro de bencilo un disco del tejido que tapa el gollete de un frasco que contiene una pequeña cantidad de este producto en estado líquido. El paso se percibe a causa de su olor.

La duración media de las determinaciones de la resistencia al paso del vapor no deberá ser inferior a quince horas.

La forma de efectuar este ensayo no puede ser más sencilla: después de cortados del tejido que constituye la pieza de cara los discos (de un diámetro de 40 mm.) a ensayar, se colocan, fijándolos herméticamente, mediante parafina, sobre la parte superior del cuello de un frasco de boca ancha (diámetro interior útil de la abertura, 35 mm., aproximadamente) de 100 c. c. de capacidad y que encierra 20 c. c. de bromuro de bencilo. Si por ser el tejido demasiado rígido y no perfectamente plano, no se pudiese efectuar con él la anterior operación, se corta en forma de cuadrado, con una longitud de 7 cm. de lado, ajustándolo y atándolo sobre el bocal del frasco antes de proceder a parafinarlo.

El frasco así preparado se mantiene a la temperatura de 15°, y de vez en cuando se procederá a descubrir, por el olor, el paso de vapor de bromuro de bencilo a través del tejido, anotando el tiempo al cabo del cual se hace perceptible el olor característico del producto.

2. *Determinación de la impermeabilidad del material que constituye la pieza de cara frente a la iperita.*—Existen diversos procedimientos para la determinación de la impermeabilidad de las telas de caucho, empleadas en la confección de máscaras y trajes, botas, etc., antivésicantes; pero la mayoría de ellas presentan bastantes dificultades.

Un procedimiento se basa en el hecho de que la iperita, por pirogenación, da lugar a desprendimiento de ácido clorhídrico, exento de cloro, que puede ponerse en evidencia mediante un indicador oportuno. Mediante un dispositivo apropiado se dispone una gota de iperita sobre el tejido que se ensaya; los vapores que le atraviesan son arrastrados por una corriente de aire a través de un tubo de cuarzo calentado al rojo, y, por último, a un aparato recolector de vapores, que posee el indicador. El indicador está constituido por una solución de azul de bromotimol; la presencia de vapores ácidos produce una mancha amarilla neta sobre el fondo del papel impregnado en la solución indicadora, mientras el paso del aire neutro y caliente da lugar a una mancha parduzca inconfundible con la anterior.

Otro de los métodos que pueden emplearse consiste en hidrolizar los vapores de iperita que han atravesado la muestra que se ensaya, y determinar a continuación la concentración de iones hidrógeno por un método potenciométrico.

Sencillo de realizar, pero no exacto, es el método que a continuación describimos, y que se funda en la decoloración de una solución de permanganato potásico por los vapores de iperita. Para realizar esta prueba se coloca en un matraz de 250 c. c. de capacidad, y cuya boca es de 39 mm. de diámetro, 200 c. c. de una solución de permanganato potásico al 0,003 por 100, acidulada con unas gotas de ácido sulfúrico. A continuación se coloca sobre la boca del matraz la tela que se va a ensayar, de forma que ajuste perfectamente; sobre esta tela, mediante una varilla de vidrio de 5 mm. de diámetro, se deja caer una gota de iperita de una riqueza de 95-98 por 100. Por último, se tapa con un embudo.

La temperatura de la habitación durante el ensayo se debe mantener entre 18 y 20° C.

Se mide el tiempo que tarde en decolorarse la solución de permanganato potásico. Este tiempo no debe ser nunca inferior a cinco horas.

(Continuará.)