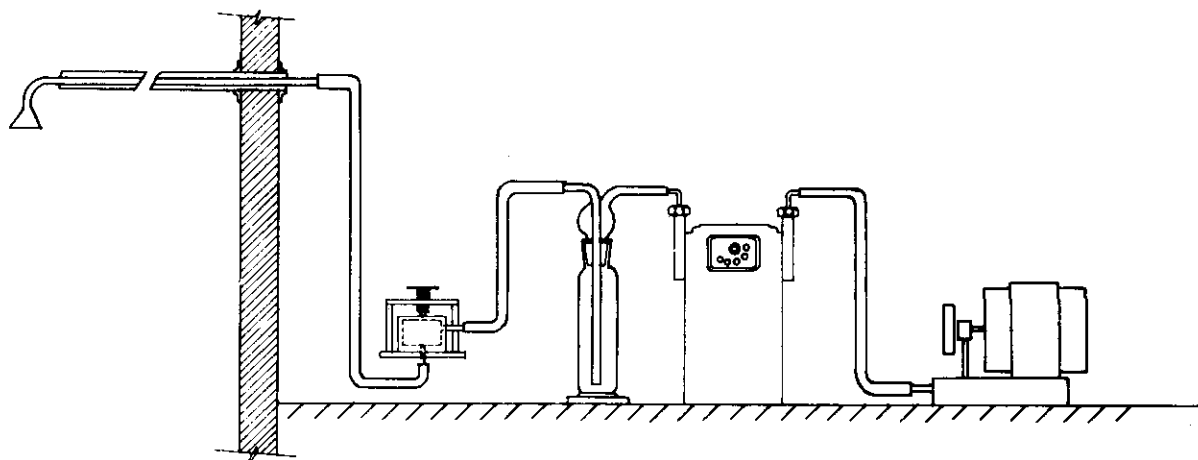


RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO
DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

MANUAL DE OPERACIONES



CEPIS

CENTRO PANAMERICANO DE
INGENIERIA SANITARIA Y
CIENCIAS DEL AMBIENTE



ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD – ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

MANUAL DE OPERACIONES

Segunda Edición

INTRODUCCION A LA SEGUNDA EDICION

La Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire tiene ya más de 2 años de funcionamiento. A la fecha de preparación de esta nueva edición de su Manual de Operaciones cuenta con 23 estaciones en funcionamiento permanente, se está recibiendo el equipo para instalar otras 10 más y se espera agregar en 1970 por lo menos otras 18. Es probable, por lo tanto, que a fines de este año alcance a unas 50 estaciones, muchas de ellas financiadas con fondos nacionales, distribuidas en 25 ciudades de 14 países. El interés que el programa ha sido capaz de despertar en los países miembros y la forma en que se ha ido ampliando constituyen una buena demostración de que está alcanzando sus objetivos fundamentales.

La experiencia de más de 2 años ha sugerido la introducción de algunas modificaciones en las operaciones de la Red, que no representan un cambio importante en sus métodos de muestreo o análisis. Las más notorias son el reemplazo del rotámetro por un medidor volumétrico registrador y el agregado de la medición de la corrosividad atmosférica. Ello ha hecho necesario revisar y corregir el Manual de Operaciones y la publicación de esta segunda edición.

En 1969 la Asesoría Regional de Contaminación del Aire de la OPS se integró al Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), que funciona en Lima, Perú, al que corresponde ahora la supervisión general de las operaciones de la Red. Toda la correspondencia deberá ser enviada, por intermedio de las correspondientes Zonas y Representaciones de País de la OPS, a:

Director CEPIS
Casilla 2117
Lima, Perú

Organización Panamericana de la Salud
Enero de 1970

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

MANUAL DE OPERACIONES

INTRODUCCION A LA PRIMERA EDICION

El problema creciente de la contaminación del aire está afectando en forma cada vez más seria a las principales capitales del mundo. Sub-producto de los avances tecnológicos, es ocasionada por las grandes cantidades de desechos que se vacían a la atmósfera sobrepasando, donde hay elevadas concentraciones demográficas o industriales, su capacidad natural para absorberlos o diluirlos. En toda gran ciudad la actividad doméstica, el tránsito motorizado, los servicios públicos y las industrias emiten diariamente centenares de toneladas de humos, cenizas, polvos finos, gases y vapores que, sea en su forma original o después de reaccionar entre sí, catalizados por la energía solar, constituyen una amenaza para la economía, la salud y la vida del hombre, los animales y las plantas.

En su forma moderna la contaminación del aire comenzó a preocupar a los gobiernos y las autoridades sanitarias en la década del 40, y la segunda mitad del presente siglo ha visto su aumento progresivo en Europa y los Estados Unidos. América Latina, pese a su clima más templado y al menor número de vehículos automotores y fábricas, ha comenzado desde hace ya más de 10 años a experimentar sus efectos.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS), por acuerdo de su Consejo Directivo, desea promover el interés de los Gobiernos Miembros en este problema. Con este propósito ha iniciado un programa de mediciones que permitirá comparar las concentraciones de contaminantes en diversas ciudades y que, se espera, contribuirá a estimular la ampliación de las actividades de evaluación y control. Por otra parte, dado el interés de nuestros países en una industrialización acelerada, es cada vez más urgente contar en todos ellos con profesionales bien preparados, capaces de proponer y aplicar medidas de prevención adecuadas.

Considerando la escasez de los recursos disponibles se ha preferido un programa sencillo que, sin sacrificar la precisión y utilidad de los datos, exija el mínimo de equipo y personal. En la primera etapa se medirán 3 de los contaminantes más importantes - polvo sedimentable, polvo en suspensión y anhídrido sulfuroso - utilizando, después de adaptarlos convenientemente, métodos desarrollados en Inglaterra, actualmente bien difundidos en Europa y en menor grado en los Estados Unidos. El presente Manual de Operaciones tiende a normalizarlos, permitiendo comparaciones válidas entre las distintas ciudades.

Para formalizar las relaciones entre la OPS y los países participantes se han firmado convenios que incluyen la posibilidad de ampliar los programas, estipulan las obligaciones y aportes de la Organización y los Gobiernos y los compromisos que ambas partes asumen. El presente Manual de Operaciones corresponde al que se menciona en estos convenios y debe considerarse parte integrante de ellos.

Antes de imprimirlo se sometió el Manual a varias revisiones con el objeto de hacerlo más claro y específico. Corresponde, sin embargo a la fase inicial de un programa experimental. Su aplicación indicará posiblemente la conveniencia de nuevas revisiones y correcciones. La Asesoría Regional de Contaminación Atmosférica de la OPS, fundada recientemente con el propósito fundamental de promover estas actividades, agradece de antemano cualquier sugerencia para mejorarlo o ampliarlo y las considerará con prontitud. Toda comunicación relativa a este programa deberá dirigirse a:

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y
Ciencias del Ambiente (CEPIS)
Organización Panamericana de la Salud
Casilla 2117
Lima, Perú

Las diversas estaciones de muestreo y análisis de los contaminantes atmosféricos, funcionando con idénticos métodos, integrarán una red continental que permitirá conocer la magnitud del problema y despertar el interés de los Gobiernos y las comunidades. Se alcanzará estos objetivos en la medida en que los profesionales de cada país participante contribuyan con su entusiasmo y capacidad.

Organización Panamericana de la Salud
Junio de 1967

M E T O D O S

1. POLVO SEDIMENTABLE

1.1 Resumen del método

Se deja al aire libre, durante 1 mes, un frasco de plástico. Se traslada luego al laboratorio, se tamiza el contenido para eliminar cualquier trozo grueso, se concentra al baño-maría, se evapora a sequedad y se pesa.

1.2 Instrumental

1.2.1 Toma de muestra:

- a) 2 Frascos de plástico rígido o semi-rígido, de forma cilíndrica o de tronco de cono invertido, con tapa, de aproximadamente 20 cm de \emptyset por 25 cm de altura y unos 6 litros de capacidad. Estas dimensiones no son críticas, pero la altura debe ser superior al diámetro. El tamaño seleccionado permite recoger sin problemas 100 a 120 mm de lluvia al mes; en lugares donde las lluvias sobrepasan habitualmente estos valores debe usarse profundidades mayores, o restringir la boca del frasco en la forma que se indica en 1.6.
- b) 1 Aro metálico, con mango, capaz de sujetar el frasco de plástico.
- c) 1 Soporte para sujetar el aro metálico. Puede ser un poste de madera o metal, el borde de una terraza o tejado, un poste de alumbrado, una antena, etc.

1.2.2 Análisis:

- a) 1 Tamiz, malla N° 20, de 3" de \emptyset .
- b) 1 Embudo, de vidrio o plástico, de 10 cm de \emptyset .
- c) 1 Soporte, con anillo de 6 a 8 cm de \emptyset .
- d) 1 Frasco lavador.

- e) 1 Varilla de vidrio con capuchón de goma, para ayudar a traspasar el material recogido.
- f) 1 Vaso (Pyrex o similar) de 800 ml.
- g) 1 Baño-maría.
- h) 1 Cápsula, de porcelana o vidrio, de 120 ml.
- i) 1 Estufa secadora.
- j) 1 Desecador.
- k) 1 Balanza analítica.

1.3 Selección del sitio de muestreo

Debe elegirse un lugar a cubierto de la interferencia de personas extrañas. Muestras tomadas a diversas alturas pueden dar resultados diferentes, por lo que no siempre son comparables. Se sugiere, convencionalmente, que la altura de la muestra no sea inferior a 3 metros ni superior a 10 metros del nivel del suelo. La horizontal que pasa por el borde superior del frasco debe formar, como máximo, un ángulo de 30° con la línea que lo une con el extremo superior del obstáculo más cercano. Si estas condiciones no pueden satisfacerse, por no contar con un lugar apropiado que cumpla con ambas, se podrá aceptar desviaciones de ellas. Debe tenerse presente, sin embargo, que mientras menores sean estas desviaciones más válidas serán las comparaciones que se hagan entre los resultados de diversas estaciones.

Es indispensable asegurarse de que no existen, en las cercanías del sitio de muestreo, chimeneas u otras fuentes de contaminación que puedan ocasionar perturbaciones serias de los valores obtenidos.

Una vez seleccionado el sitio de muestreo se instalará el aro de soporte asegurándose de que la boca del frasco quedará en posición perfectamente horizontal.

1.4 Toma de muestra

1.4.1 El día 1° del mes en que se iniciará el programa se coloca en el soporte un frasco de muestreo, lavado previamente con detergente y enjuagado con agua destilada.

1.4.2 El día 1° del mes siguiente, de preferencia a la misma hora, se saca el frasco y se reemplaza por otro igual.

1.4.3 Se tapa el frasco con la muestra y se lleva al laboratorio.

1.4.4 Se continúa cambiando los frascos el día 1° de cada mes. Esta fecha puede atrasarse o adelantarse, siempre que se tome nota del día en que se hizo el cambio. Con fines de comparación no es conveniente, sin embargo, que haya variaciones de importancia.

1.5 Análisis

1.5.1 Se lava cuidadosamente las paredes del frasco con agua destilada, utilizando un frasco lavador.

1.5.2 Se traspasa el líquido recolectado a un vaso de 800 ml previamente lavado, filtrándolo para eliminar cualquier trozo grueso, que no se considerará en el análisis, a través de un tamiz de 20 mallas colocado dentro de un embudo de vidrio o plástico.

1.5.3 Se lava cuidadosamente el tamiz, mediante el frasco lavador.

1.5.4 Se lava el frasco, frotando sus paredes con la varilla para liberar cualquier partícula adherida.

1.5.5 Se traspasa el líquido al vaso.

1.5.6 Se coloca el vaso en el baño-maría y se evapora hasta un volumen de 50 ml o menos.

1.5.7 Si por haber recogido aguas de lluvia el líquido total alcanza a más de 500 ml se evapora previamente una parte, agregando posteriormente el resto.

1.5.8 Se prepara de antemano la cápsula de porcelana lavándola cuidadosamente con detergente, enjuagándola con agua destilada, dejándola durante una noche en la estufa a 103/105°C, enfriándola en desecador y pesándola.

1.5.9 Se traspasa el líquido concentrado desde el vaso a la cápsula ya preparada, lavando cuidadosamente las paredes y el fondo del vaso mediante el frasco lavador y la varilla.

1.5.10 Se evapora casi a sequedad en el baño-maría.

1.5.11 Se deja en la estufa a 103/105°C durante toda una noche.

1.5.12 Se enfría en desecador.

1.5.13 Se pesa.

1.6 Restricción del diámetro superior del frasco de recolección

En las ciudades donde sean habituales, en cualquier época del año, lluvias superiores a 120 mm de agua caída por mes, se debe restringir el diámetro superior del frasco de recolección, procediendo como sigue:

1.6.1 Se adquiere en el comercio local un frasco cilíndrico de polietileno, de aproximadamente 10 cm de Ø.

1.6.2 Se le corta para dejar un cilindro, abierto por ambos extremos, de 10 a 15 cm de altura.

1.6.3 Se recorta en la parte central de la tapa de uno de los frascos un círculo de diámetro igual al diámetro exterior del cilindro recortado.

1.6.4 Se une herméticamente el cilindro recortado a la tapa del frasco, cuidando de que quede en posición perfectamente perpendicular.

1.6.5 Se coloca esta tapa sobre el frasco de recolección y se instala. Esto permitirá recolectar lluvias hasta de 300 mm mensuales, niveles que no son habituales en las ciudades de la Región.

1.6.6 Al retirar el frasco, al término del período de recolección, se lava cuidadosamente el cilindro adicional, en el terreno mismo, usando el frasco lavador y la varilla con capuchón de goma. Se coloca la tapa sobre un frasco limpio y se le instala para un nuevo período.

1.6.7 Se coloca una tapa sin perforar sobre el frasco con la muestra y se le traslada al laboratorio para continuar como en 1.5.

1.7 Cálculo del resultado

Se calcula el resultado final mediante la fórmula siguiente:

$$\frac{\text{peso neto del material recogido (mg)} \times 30}{\text{superficie útil de la boca del frasco (cm}^2\text{)} \times \text{días de recolección}}$$

1.8 Expresión de los resultados

Los resultados se expresarán en miligramos por centímetro cuadrado por 30 días (mg/cm²/30 días).

1.9 Formularios

Para cada muestra se llenará un ejemplar del Formulario N° 1 el que se archivará en la institución que toma la muestra. El resultado se anota en el Formulario N° 3, el que se debe llenar por triplicado, conservando una copia en la institución local y enviando las otras a la respectiva Zona o Representación de la OPS, la que hará llegar una al:

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y
Ciencias del Ambiente (CEPIS)
Organización Panamericana de la Salud
Casilla 2117
Lima, Perú

Se deberá tomar contacto con algún observatorio meteorológico con el objeto de consignar el dato sobre agua caída en el mes.

El Formulario N° 3 incluirá los resultados de todo el programa.

1.10 Aportes de OPS

1.10.1 Para iniciar el programa:

- a) 3 Frascos de plástico para toma de muestras.
- b) 1 Tamiz.
- c) 1 Embudo de plástico, de 10 cm Ø.
- d) 1 Soporte.
- e) 1 Anillo metálico de 6 cm Ø, con tornillo.

- f) 1 Frasco lavador.
- g) 1 Varilla con capuchón de goma.
- h) 2 Vasos de 800 ml.
- i) 2 Cápsulas de porcelana.
- j) 15 Formularios N° 1. Se utilizarán también para el Método N° 4.
- k) 50 Formularios N° 3. Se utilizarán también para los cuatro métodos.

1.10.2 Suministro anual de materiales:

- a) 15 Formularios N° 1.
- b) 50 Formularios N° 3.

1.10.3 Asesoría Técnica de acuerdo a las necesidades. Esto se aplica a todo el programa.

1.10.4 Informes. Se prepararán informes comparativos que se entregarán periódicamente a los participantes. Esto se aplica a todo el programa.

1.11 Aportes locales

1.11.1 Materiales:

- 1 Soporte con aro metálico para el frasco de toma de muestras.

1.11.2 Personal:

2 días-técnico en cada mes.

La institución deberá tener acceso a un laboratorio analítico con el objeto de preparar el material y utilizar baño-maría, estufa secadora, desecador y balanza.

2. POLVO EN SUSPENSION

2.1 Resumen del método

Se hace pasar aire, durante 24 horas, a través de un papel filtro. Se determina la reflectividad de la mancha que se forma de la cual, mediante una curva patrón, se deduce la concentración de polvo en el aire, medida en unidades internacionales de humo normalizado.

Las unidades internacionales de humo normalizado corresponden a una cifra promedio determinada, de acuerdo a mediciones realizadas en Francia e Inglaterra, por la Dirección de Asuntos Científicos de la Comisión Europea para la Cooperación Económica. Se prefiere utilizarlas precisamente porque facilitan la comparación internacional. Pueden ser convertidas a unidades absolutas para cada estación mediante un factor de conversión que se determinará en una etapa posterior.

2.2 Instrumental y materiales

2.2.1 Toma de muestra:

- a) 1 embudo de material no absorbente, como cloruro de polivinilo (PVC) o vidrio, de vástago corto, de 3 a 5 cm de \emptyset en la boca y 7 a 8 mm de \emptyset externo en el vástago.
- b) 2 metros de tubería de cobre, fierro o plástico rígido, de 1/2" de \emptyset , con hilo en un extremo.
- c) 1 curva de cobre, fierro o plástico rígido, de 1/2" de \emptyset , doblada en 90°, con radio de curvatura no inferior a 5 cm.
- d) 8 metros de tubería de PVC, de 1/4" de \emptyset interior.
- e) 1 portafiltros.
- f) 1 medidor seco para volumen de gases.
- g) 1 soporte.
- h) 2 pinzas.
- i) 1 bomba de aspiración.
- j) Papel filtro, Whatman N° 1, de 55 mm de \emptyset .

Este instrumental se utilizará también para la determinación simultánea del anhídrido sulfuroso (Método N° 3), para lo que se complementa con un frasco Drechsel para absorción de gases.

2.2.2 Análisis:

- a) 1 Reflectómetro, Evans Electroselenium Ltd., completo.
- b) Curva Patrón.

2.3 Selección del sitio de muestreo y montaje de los instrumentos

Se selecciona el sitio de muestreo eligiendo un punto alejado de fuentes de contaminación, que podrían alterar la muestra, y protegido de la interferencia de personas extrañas. Se instala firmemente, a una altura no inferior a 3 metros ni superior a 10 metros sobre el nivel del suelo, un trozo de tubería rígida, terminada en una curva dirigida hacia abajo, que sobresalga aproximadamente 1 metro hacia el ambiente exterior, pasándola a través de una pared o ventana si fuese necesario. Por el interior de la tubería se hace pasar un tubo de PVC de 1/4" de \emptyset interior, de una longitud máxima de 6 metros, en uno de cuyos extremos, que debe sobresalir hacia el exterior, se acopla un embudo boca abajo, que impida la entrada de la lluvia.

El otro extremo del tubo de PVC se conecta a la parte inferior del portafiltros, cuya salida superior se une a un frasco Drechsel, para la determinación simultánea del anhídrido sulfuroso, acoplando luego el medidor para gases y finalmente la bomba. Este orden no debe alterarse (Fig. 1). Toda curvatura de las conexiones debe tener un radio no inferior a 5 cm para evitar turbulencias excesivas que aumentarían la resistencia, y podrían provocar depósitos de polvo si ocurriesen antes del filtro.

2.4 Toma de muestras

2.4.1 Se coloca en el portafiltros una hoja de papel filtro, en posición tal que el aire penetre por la cara más lisa, ajustando para asegurar un cierre hermético.

2.4.2 Se instala el portafiltros de modo que el papel quede en posición horizontal y el aire penetre por la parte inferior.

2.4.3 Se carga el frasco Drechsel con la solución absorbente de SO_2 (Método N° 3).

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO
DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

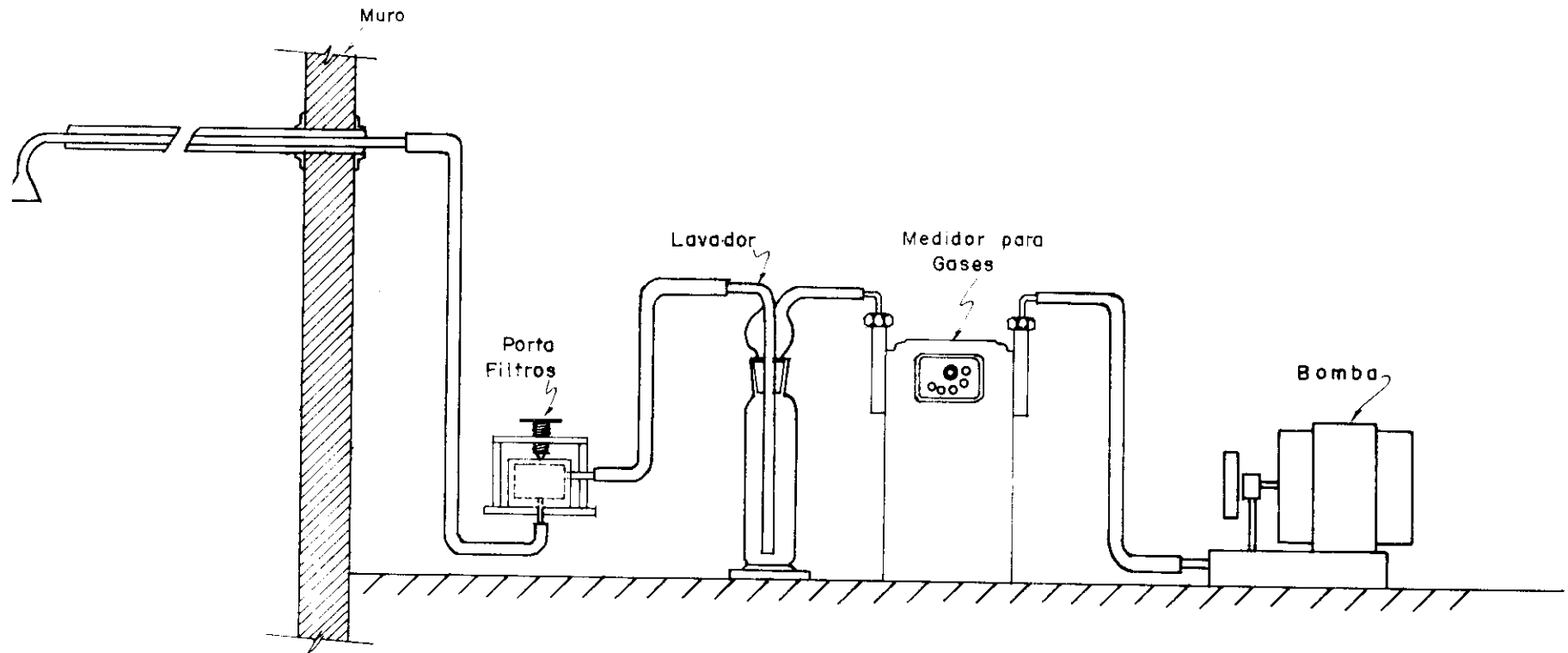


FIG N° 1

2.4.4 La bomba debe estar ajustada para una succión de aproximadamente 7500 litros por 24 horas. Aunque las desviaciones de este valor no tienen demasiada importancia, se debe tratar de evitar que sean superiores a un 10%.

2.4.5 Se anota en el Formulario N° 2, como lectura inicial, lo que esté marcando el medidor para gases.

2.4.6 Se pone en funcionamiento la bomba, de preferencia a las 12:00 horas, anotándola en el Formulario N° 2.

2.4.7 Al día siguiente, aproximadamente a la misma hora, se para la bomba y, se lee el medidor. Se anota esta cifra como lectura final. Se abre el portafiltros y se saca el filtro usado. En el borde libre de polvo se anota la fecha de ese día, cuidando de no tocar la mancha que se habrá formado, y se guarda en una caja cerrada que evite alteraciones.

2.4.8 Se repiten los pasos 2.4.1 a 2.4.7.

2.4.9 Se continúa cambiando el filtro todos los días a la misma hora. Variaciones de algunos minutos carecen de importancia, pero para efectos de comparación no es conveniente que ellas sean muy grandes. Las muestras deberían cambiarse diariamente, incluyendo domingos y festivos. Si esto no fuese posible puede recogerse una muestra integrada de 2 y hasta 3 días, aunque en estos casos pueden formarse manchas demasiado intensas, que inducirían a errores, o evaporarse todo el líquido del absorbedor de SO_2 . Será importante, en todo caso, disponer de algunos valores correspondientes a días sábados, domingos y festivos para analizar las posibles diferencias con los días de trabajo.

2.5 Análisis

2.5.1 Se enciende el reflectómetro con 10 minutos de anticipación para asegurar su estabilidad.

2.5.2 Se coloca una hoja de papel filtro sin usar, con la cara lisa hacia arriba, sobre la parte blanca de la placa de calibración suministrada con el reflectómetro.

2.5.3 Se coloca la máscara del reflectómetro sobre el papel filtro.

2.5.4 Se pone cuidadosamente el detector del reflectómetro dentro de la máscara y se ajusta el control de sensibilidad para una lectura de 100. El detector es la parte más delicada del instrumento y la celda sensible no debería tocarse, mancharse, hacerle marcas de cualquier especie, ni exponerla a la luz directa del sol. Se debe leer cuidadosamente las instrucciones adjuntas al instrumento y familiarizarse con su empleo antes de hacer cualquier medición.

2.5.5 Se retira el detector y la máscara y se reemplaza el papel filtro por el que se utilizó para la recolección del polvo, el que se pondrá igualmente sobre la parte blanca de la placa de calibración, con la mancha de polvo hacia arriba.

2.5.6 Se coloca la máscara sobre el filtro usado, cuidando de que su abertura calce sobre el centro de la mancha de polvo. Se coloca el detector dentro de la máscara y se lee la reflectividad (R), la que será menor mientras más intenso sea el color de la mancha. Si se va a leer más de un filtro, se continúa repitiendo sin interrupción los pasos 2.5.5 y 2.5.6, recalibrando cada 10 lecturas.

2.6 Cálculo del resultado

2.6.1 Se calcula el Índice de Obscurecimiento (I) mediante la siguiente fórmula:

$$I = 100 - R$$

2.6.2 Se aplica este valor a la Curva Patrón (Fig. 2) y se lee en las ordenadas la concentración del polvo recogido por cm^2 de filtro (C).

2.6.3 Se calcula el área (A) de la mancha del papel filtro en cm^2 . Esta es siempre la misma para cada portafiltros y alcanza aproximadamente a 20 cm^2 para los de bronce.

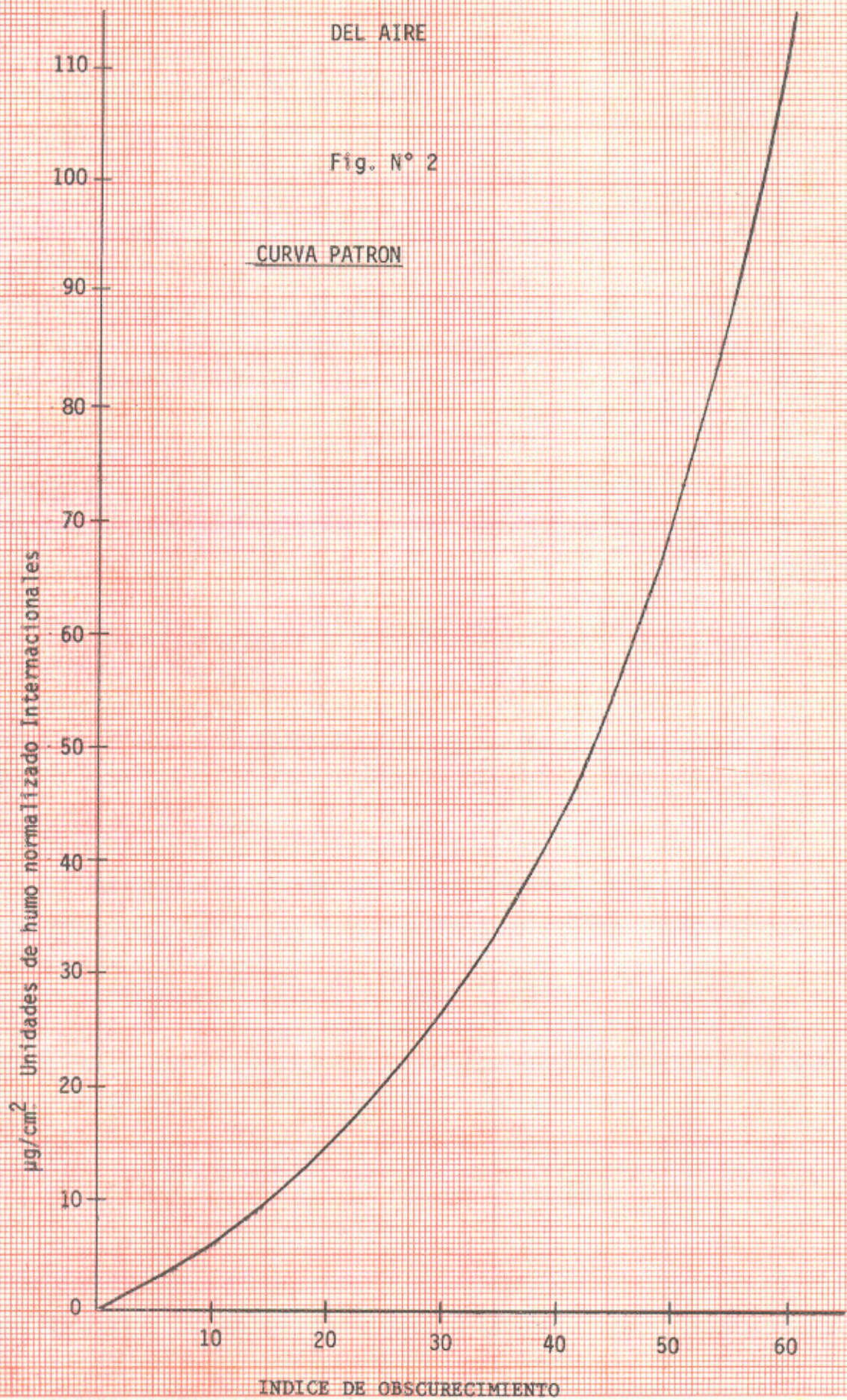
2.6.4 Se calcula el volumen (V) del aire aspirado, en m^3 .

RED PANAMERICANA DE MUESTREO
NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION

DEL AIRE

Fig. N° 2

CURVA PATRON



2.6.5 Se calcula la concentración del polvo en suspensión en el aire (P) mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{C \times A}{V}$$

2.7 Expresión de los resultados

Los resultados se expresarán en microgramos de humo normalizado por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

2.8 Formularios

2.8.1 Convencionalmente se considerará como fecha de cada muestra la que corresponde al día en que ésta es retirada.

2.8.2 Todos los cálculos se anotarán en el Formulario N° 2, que se utilizará también para el Método N° 3 y se archivará en la institución local.

2.8.3 Los resultados diarios se pasarán al Formulario N° 3.

2.9 Aportes de OPS

2.9.1 Materiales para iniciar el programa:

- a) 1 Embudo.
- b) 10 m Tubo de PVC de 1/4" de \emptyset interior.
- c) 1 Portafiltros.
- d) 1 Bomba para aire.
- e) 2 sets Repuestos para la bomba.
- f) 400 hojas Papel filtro.
- g) 1 Reflectómetro.

- h) 1 Lámpara de repuesto para el reflectómetro.
- i) 1 Curva Patrón.
- j) 400 Formularios N° 2.

2.9.2 Suministro anual de materiales:

- a) 400 hojas Papel filtro.
- b) 400 Formularios N° 2.

2.10 Aportes Locales

2.10.1 Materiales:

- a) 2 m Tubería de metal o plástico rígido, de 1/2" de \emptyset .
- b) 1 Curva de metal o plástico rígido, de 1/2" de \emptyset .
- c) Mesones de trabajo.
- d) Energía eléctrica para la bomba y el reflectómetro.

2.10.2 Personal:

1/2 hora-técnico por día, una vez que el programa esté en funcionamiento normal.

3. ANHIDRIDO SULFUROSO

3.1 Resumen del método

Se hace burbujear aire durante 24 horas a través de un frasco Drechsel que contiene una solución diluida de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada). El anhídrido sulfuroso se disuelve en el agua y es oxidado a ácido sulfúrico. Se determina la acidez por titulación con una solución de tetraborato de sodio hasta un pH de 4.5, para evitar la interferencia del anhídrido carbónico.

3.2 Instrumental y materiales

3.2.1 Para la toma de muestra:

- a) El instrumental utilizado para la recolección de polvo en suspensión.
- b) 1 Frasco Drechsel de 125 ml, completo.
- c) 3 Frascos Drechsel de 125 ml, sólo la parte inferior, sin la tapa tubulada.
- d) 3 Tapones para frasco Drechsel, sin tubos.
- e) 1 Probeta de 50 ml.

3.2.2 Para el análisis:

- a) 1 Frasco gotario para el indicador.
- b) 2 Buretas de 25 ml.
- c) 1 Soporte con pinza doble para buretas.
- d) 2 Cubre-buretas de plástico.
- e) 1 Soporte para secar y guardar el material.

3.2.3 Reactivos preparados:

- a) Indicador B.D.H. "4.5". Da color gris a pH 4.5, que pasa a rosa-naranja al aumentar la acidez y a azul si ésta disminuye.
- b) Peróxido de hidrógeno puro, concentrado, para análisis o de uso farmacéutico.
- c) Acido sulfúrico, N/50, en ampollas.
- d) Tetraborato de sodio, N/250, en ampollas.

3.2.4 Reactivos por preparar:

- a) Peróxido de hidrógeno de 1 volumen.
- b) Acido sulfúrico 0.004 N.
- c) Tetraborato de sodio 0.004 N.

3.2.5 Instrumental para preparación y almacenaje de los reactivos:

- a) 1 Botella de vidrio oscuro, de 1000 ml.
- b) 2 Ernlénmeyer de 200 ml.
- c) 1 Matraz aforado de 500 ml.
- d) 1 Botella de vidrio (Pyrex o similar) de 2500 ml
- e) 1 Botella de vidrio (Pyrex o similar) o plástico. de 500 ml.
- f) 1 Embudo.
- g) 1 Frasco lavador.

3.2.6 Acondicionamiento del material de vidrio.

El material de vidrio, aún el de vidrio "duro" (Pyrex o similar) puede ceder algo de álcali cuando está nuevo, lo que podría interferir con la muestra. Es conveniente, por esto, tratar todo el material nuevo en la siguiente forma:

- a) Se lava con detergente, se enjuaga varias veces con agua potable, tibia de preferencia, y luego 3 veces con agua destilada.
- b) Se llena con HCl 1:1 y se deja en esta forma durante 24 horas.
- c) Se vacía el ácido a su botella, guardándolo para volver a usarlo.

- d) Se enjuaga varias veces con agua potable el material que se está acondicionando, luego 2 veces con agua destilada, se llena con agua destilada y se deja en esta forma durante 24 horas.
- e) Se vacia el agua, se enjuaga una vez más con agua destilada, y se pone a secar en posición invertida si es necesario. El material queda listo para su uso.
- f) Es necesario someter a este tratamiento a cualquier nueva pieza de material que se va a utilizar, incluyendo frascos Drechsel, botellas, matraces aforados, buretas, etc.
- g) Las probetas, vasos y otro material con el cual sólo hay contacto muy breve no necesitan ser acondicionados y basta con lavarlos con detergente y agua destilada.

3.2.7 Material y reactivos para el acondicionamiento del material de vidrio:

- a) 1 Botella de vidrio (Pyrex o similar) o plástico de 1000 ml.
- b) Acido clorhídrico (HCl) concentrado.
- c) Acido clorhídrico diluido (HCl 1:1).

3.2.8 Preparación de los reactivos:

(i) Peróxido de hidrógeno de 1 volumen

- a) En una botella de vidrio oscuro de 1000 ml, previamente acondicionada, se ponen 1000 ml de agua destilada, utilizando el frasco aforado de 500 ml, y se indica el nivel del líquido mediante una marca permanente.
- b) Se bota parte del agua, se agrega con una probeta 10 ml de peróxido de hidrógeno de 90 a 100 volúmenes (30%), y se completan los 1000 ml llenando hasta la marca con agua destilada. Se mezcla bien.

- c) Si no se dispone de H_2O_2 de 90/100 vol. se puede utilizar 15 ml de 60 vol. (20%) o 30 ml de 30 vol. (10%).
- d) Se pasa con una probeta 50 ml de la solución recién preparada a un Erlenmeyer de 200 ml. Se agregan 3 gotas de indicador. La solución toma habitualmente color azul. Se lleva a color gris neutro agregando, mediante la bureta correspondiente y midiendo el volumen, ácido sulfúrico 0.004 N. Si toma color rosado se utiliza tetraborato de sodio 0.004 N.
- e) Se agrega a la botella que contiene el resto de la solución de peróxido 19 veces la cantidad de ácido sulfúrico o tetraborato de sodio 0.004 N que se añadió al Erlenmeyer y se mezcla bien. Se pasa otros 50 ml a un segundo Erlenmeyer y se agrega 3 gotas de indicador. El color debería ser gris neutro, con lo que la solución quedaría lista para ser utilizada. En caso contrario será necesario corregir el pH repitiendo el paso anterior y agregando a la botella 18 veces la nueva cantidad de solución de ácido sulfúrico o tetraborato de sodio 0.004 N utilizada.
- f) Nunca se debe agregar indicador al total de la solución porque éste reacciona con el peróxido durante un contacto prolongado.
- g) La solución debe guardarse en un lugar fresco y oscuro, de preferencia en refrigerador. Se mantiene aproximadamente 15 días sin alterarse. Cualquier remanente debe botarse después de ese plazo y preparar una nueva solución.

(ii) Acido sulfúrico 0.004 N

- a) Se coloca un embudo en la boca de un frasco aforado de 500 ml, se corta aproximadamente 1 cm de la parte superior de una ampolla de ácido sulfúrico N/50 y se vacía su contenido en el embudo.
- b) Se lava cuidadosamente con agua destilada tanto la ampolla como la parte superior que se había cortado previamente, enjuagando por lo menos 3 veces con agua destilada y recogiendo todas las aguas de lavado en el embudo.

- c) Se lava cuidadosamente el embudo con agua destilada, recogiendo las aguas de lavado en matraz aforado. Es muy importante que el total del contenido de la ampolla sea recogido en el matraz. Cada gota que se pierda alterará la concentración de la solución final.
- d) Se llena el matraz hasta su marca, se mezcla y se pasa la solución a una botella de 2500 ml, seca o que haya contenido ácido 0.004 N, dejando escurrir bien el aforado.
- e) Se llena otras 4 veces el aforado con agua destilada, enrasando cuidadosamente cada vez hasta su marca, y se traspara el agua a la botella de 2500 ml, dejando escurrir bien en cada caso. Se agita para mezclar con lo que la solución quedará lista para ser utilizada.

(iii) Tetraborato de sodio 0.004 N

Se repite las operaciones indicadas en el punto ii a) hasta d), pero utilizando una ampolla de tetraborato de sodio N/250 y envasando en una botella de 500 ml. La solución estará lista para ser utilizada.

(iv) Acido clorhídrico 1:1

Utilizando el matraz de 500 ml se ponen 500 ml de agua destilada en una botella de 1 litro y se agrega lentamente, y agitando, para evitar calentamientos, otros 500 ml de ácido clorhídrico concentrado. La solución queda lista para ser utilizada.

3.3 Selección del sitio de muestreo y montaje de los instrumentos

Se aplica todo lo dicho en el punto 2.3 del Método N° 2, para polvo en suspensión.

3.4 Toma de muestra

Se aplica a este método lo dicho en el punto 2.4 del Método N° 2, a lo que habría que agregar lo siguiente:

- a) El frasco Drechsel se carga, utilizando una probeta, con 50 ml de solución de peróxido de hidrógeno de 1 volumen.

- b) Se carga simultáneamente otro frasco Drechsel, sin tubuladura, con la misma cantidad de solución, se cierra con tapón y se deja hasta el día siguiente en el mismo lugar donde se está tomando la muestra. Esta solución se utilizará como testigo y patrón de comparación durante el análisis.
- c) Se echa a andar la bomba para tomar simultáneamente las muestras de polvo en suspensión y de anhídrido sulfuroso.
- d) Al parar la bomba al día siguiente se tienen preparados otros 2 frascos Drechsel, sin tubuladura, cargados con 50 ml cada uno de solución de peróxido. Se saca la tapa tubulada del frasco que estaba instalado, se deja escurrir bien el líquido dentro del frasco, y se instala uno de los frascos nuevos, recién cargados.
- e) Se deja como nuevo testigo el otro frasco recién preparado.
- f) El frasco que ha recogido la muestra y el testigo están listos para el análisis.
- g) Se continúa repitiendo las mismas operaciones todos los días a la misma hora. Si los frascos no pueden cambiarse durante los días festivos, o los fines de semana, puede tomarse una muestra integrada de 2 ó 3 días agregando hasta 80 ml de solución de peróxido para asegurarse de que el frasco no se secará por la evaporación. En épocas de calor, y especialmente en climas secos, esto puede no ser suficiente para más de 2 días. Será importante, en todo caso, disponer de algunos valores correspondientes a sábados, domingos y festivos para analizar las posibles diferencias con los días de trabajo, durante los que se desarrolla un mayor número de actividades.

3.5 Análisis

- a) Se agrega suficiente solución de peróxido de hidrógeno de 1 volumen para llevar el total a aproximadamente 50 ml.
- b) Se agrega 3 gotas de indicador al frasco testigo. Debe aparecer un color gris neutro. Si hay un matiz azul o rosado se lleva a gris con solución de ácido sulfúrico 0.004 N o de tetraborato de sodio 0.004 N respectivamente.

- c) Si, de acuerdo al paso anterior, fue necesario agregar cualquier cantidad de solución a la muestra testigo, se agrega exactamente la misma cantidad al frasco con la muestra, añadiendo luego 3 gotas del indicador.
- d) Si aparece un color gris puro, sin matiz, significa que no hay anhídrido sulfuroso en el aire y en el Formulario N° 2 se anotará la cantidad 0.0 ml como total gastado.
- e) Si, como ocurrirá normalmente, la muestra tiene color rosado, se lleva a gris con tetraborato de sodio 0.004 N. Tanto la lectura inicial como final de la bureta se anotan directamente en el Formulario N° 2. Es preferible no utilizar papeles auxiliares.
- f) Si al agregar el indicador aparece un color azul, esto significa que se ha absorbido algún gas o vapor alcalino, generalmente amoníaco. En este caso se anota "Alc." en el espacio correspondiente a "Total gastado". Si esto ocurre con frecuencia en alguna estación, se le enviará indicaciones especiales.
- g) Una vez terminada la titulación se vacían los frascos Drechsel y se dejan boca abajo en los soportes. No es necesario enjuagarlos.
- h) La titulación debe hacerse, de preferencia, a la luz del día o similar, lo que permite apreciar más fácilmente los diversos matices que pueden presentarse.

3.6 Cálculo del resultado

La concentración de anhídrido sulfuroso se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$SO_2 = \frac{128 \times \text{ml de solución de tetraborato } 0.004 \text{ N}}{\text{volumen de muestra en m}^3}$$

3.7 Expresión de los resultados

Los resultados se expresarán en microgramos de anhídrido sulfuroso por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.8 Formularios

3.8.1 Los cálculos se efectuarán diariamente en la parte correspondiente del Formulario N° 2, el que será archivado por la institución local.

3.8.2 Los resultados diarios se pasarán al Formulario N° 3.

3.9 Aportes de la OPS

3.9.1 Para iniciar el programa:

- a) El equipo utilizado en el método N° 2.
- b) 2 Frascos Drechsel, completos, de 125 ml.
- c) 3 Frascos Drechsel, con tapón sin tubuladura, de 125 ml.
- d) 2 Probetas de 50 ml.
- e) 1 Frasco gotario.
- f) 3 Buretas de 25 ml.
- g) 1 Soporte con pinza doble para buretas.
- h) 2 Cubre-buretas de plástico.
- i) 1 Soporte para montar el instrumental de toma de muestra.
- j) 2 Botellas de vidrio oscuro de 1000 ml.
- k) 2 Botellas de vidrio de 1000 ml.
- l) 1 Botella de plástico de 1 galón.
- m) 1 Botella de plástico de 12 onzas.
- n) 4 Erlenmeyer de 200 ml.
- o) 2 Matraces aforados de 500 ml.

- p) 1 Embudo de plástico.
- q) 200 ml Indicador B.D.H. "4.5".
- r) 1 x 6 Ampollas de ácido sulfúrico N/50.
- s) 1 x 6 Ampollas de tetraborato de sodio N/250.
- t) 1 pt Acido clorhídrico concentrado.
- u) 1 Soporte para secar y guardar el material en el laboratorio.

3.9.2 Suministro anual de materiales de acuerdo a las necesidades.

3.10 Aportes locales

3.10.1 Materiales:

- a) El material indicado en 2.10.1.
- b) Peróxido de hidrógeno puro, concentrado, para análisis o uso farmacéutico.
- c) Agua potable y detergente para lavar material.
- d) Agua destilada para enjuagar el material y para preparar reactivos.

3.10.2 Personal:

1/2 hora-técnico por día una vez que el programa esté en funcionamiento normal.

4. INDICE DE CORROSIVIDAD

4.1 Resumen del método

Se expone al aire libre, durante un mes, cilindros de acero de baja altura, normalizados. Se determina el aumento de peso, que

corresponde al oxígeno y otras sustancias combinadas para formar óxidos y sales de hierro.

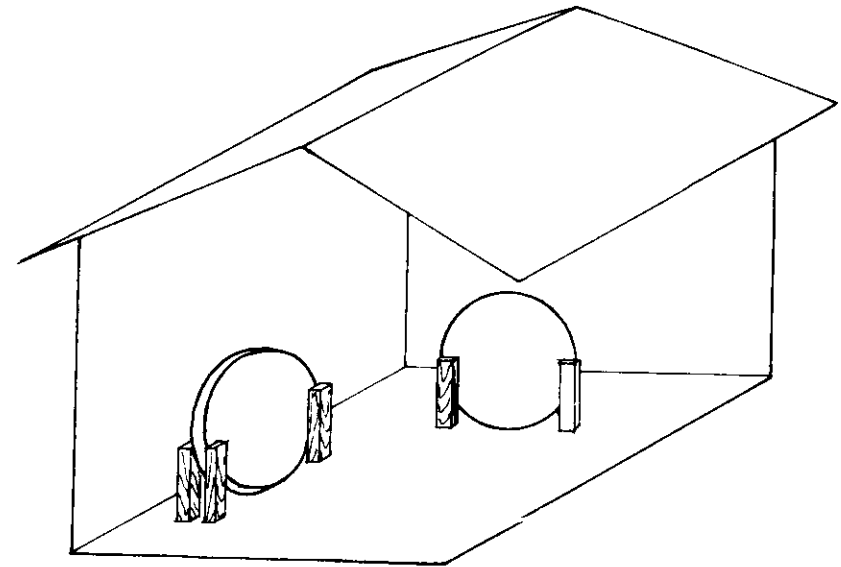
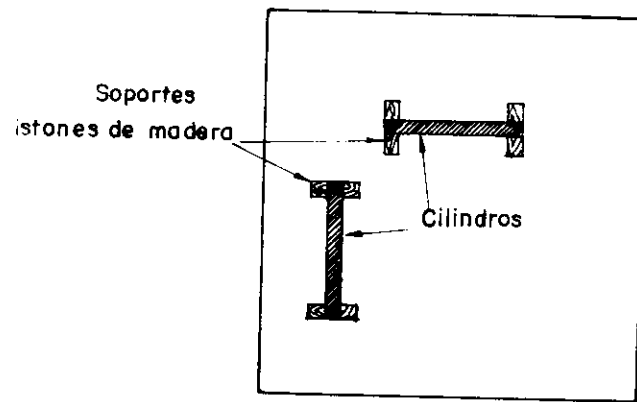
4.2 Instrumental y materiales

4.2.1 Para la toma de muestras:

- 4 Cilindros de acero SAE 1008, pulidos, de aproximadamente 70 mm de \emptyset , 2 mm de altura y 90 gr de peso.
- 1 Pinza.
- 1 Soporte con 2 pequeños marcos de madera, abiertos, montados perpendicularmente uno al otro, de modo que se pueda colocar en ellos los cilindros en forma que queden en posición vertical sobre el canto y se apoyen ocultando el mínimo posible de su superficie. El soporte debe llevar una cubierta que proteja de la lluvia sin impedir la libre circulación del aire (Fig. 3).

4.2.2 Para la preparación y manipulación del material y análisis de las muestras:

- 1 Botella de vidrio de 500 ml.
- Cepillo.
- Estufa.
- Desecador
- Balanza.
- Pincel.
- Regla pequeña.
- Acido sulfúrico de 90 a 92%, técnico, de buena calidad.
- Acido sulfúrico al 10%.
- Detergente abrasivo en polvo.
- Agua destilada.



RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO
DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

FIG. N° 3

Papel absorbente, tipo toalla.

Papel de aluminio, cortado en trozos de aproximadamente 20 x 20 cm.

4.3 Preparación de ácido sulfúrico al 10%

4.3.1 En un vaso de 800 ml se coloca 500 ml de agua destilada.

4.3.2 En una probeta se miden 30 ml de ácido sulfúrico técnico, de 90 a 92%.

4.3.3 Se agrega el ácido al agua, lentamente y revolviendo constantemente con una varilla de vidrio. La reacción entre el agua y el ácido genera bastante calor. Procediendo en la forma indicada se distribuye este calor en una masa grande y la operación puede hacerse sin problemas.

Nunca debe agregarse el agua sobre el ácido.

4.3.4 La solución preparada se guarda en una botella de vidrio de 500 ml. Se mantiene indefinidamente.

4.4 Preparación previa de los cilindros

4.4.1 Se pulen cuidadosamente los cilindros para eliminar posibles partes rugosas. Es conveniente utilizar para esto los servicios de un taller mecánico de precisión. Se aprovecha esta operación para hacerles una pequeña marca, de preferencia en el canto, que permita identificarlos.

4.4.2 Se miden 2 diámetros perpendiculares de cada cilindro. Se calcula y anota el diámetro promedio de cada uno.

4.4.3 Se mide la altura de cada cilindro en 4 puntos de los bordes. Se calcula y anota la altura promedio de cada uno.

4.4.4 Los dos pasos anteriores se repiten cada 6 meses, haciendo las correcciones necesarias cuando se observe alguna diferencia.

4.4.5 Se sumerge los cilindros de acero durante 10 minutos en ácido sulfúrico al 10%.

4.4.6 Se enjuagan con abundante agua corriente.

4.4.7 Se lavan bien con agua, cepillo y un detergente abrasivo en polvo, como los que se utilizan para la limpieza de utensilios de cocina y que se expenden en el comercio bajo diversas marcas registradas.

En las operaciones siguientes los cilindros ya no deben tocarse con las manos, para evitar manchas de grasa y transpiración.

4.4.8 Se enjuagan con abundante agua corriente.

4.4.9 Se enjuagan con abundante agua destilada.

4.4.10 Se secan bien con papel absorbente.

4.4.11 Se dejan en una estufa, a 103/105°C, durante por lo menos una hora.

4.4.12 Se enfrían en desecador.

4.4.13 Se pesan. Este valor será el peso inicial de cada cilindro.

4.4.14 Se envuelven en papel de aluminio y se guardan hasta el momento de ser utilizados.

4.5 Selección del sitio de muestreo

Se aplica lo dicho en 1.3 para las muestras de polvo sedimentable. Se puede colocar ambos muestreadores juntos, utilizando incluso el mismo soporte.

4.6 Toma de muestras

4.6.1 El día primero del mes se coloca 2 cilindros de acero preparados en los marcos del soporte, tomándolos con pinzas para evitar manchas de grasa o transpiración.

4.6.2 Se dejan al aire libre durante un mes.

4.6.3 El día primero del mes siguiente se retiran los cilindros con una pinza, se colocan sobre un trozo de papel de aluminio, se envuelven y se llevan al laboratorio. Debe cuidarse de evitar que se desprendan escamas de óxidos o sales.

4.6.4 Se coloca en el soporte otros dos cilindros preparados.

4.6.5 La operación se repite todos los meses, de preferencia el día primero de cada mes y a una hora aproximadamente similar.

4.7 Análisis

4.7.1 Se abre el papel de aluminio y, sin sacar el cilindro, se le coloca en una estufa a 103/105°C durante por lo menos 2 horas.

4.7.2 Se enfría en desecador.

4.7.3 Se pesa el conjunto del cilindro y papel de aluminio.

4.7.4 Se saca el cilindro, se limpia el papel de aluminio con un pincel para eliminar el polvo o escamas que pudieran haberse desprendido, y se vuelve a pesar el papel.

4.7.5 Se repiten los pasos 4.4.5 a 4.4.14, con lo que los cilindros quedan listos para ser utilizados nuevamente.

4.8 Cálculo del resultado

4.8.1 Se calcula el peso final restando el peso del papel de aluminio del peso del conjunto papel más cilindro.

4.8.2 Se calcula el aumento de peso restando los pesos final e inicial.

4.8.3 Se calcula el resultado final mediante la fórmula:

$$\text{Índice de corrosividad} = \frac{19 \text{ Aumento de peso}}{\text{Diámetro} (\text{Diámetro} + 2 \text{ altura}) \text{ Tiempo de exposición}}$$

4.8.4 Se emplearán las siguientes unidades:

Aumento de peso	mg
Diámetro	cm
Altura	cm
Tiempo	días

4.8.5 El coeficiente 19 (diecinueve) resulta de la combinación de los factores necesarios para el cálculo de la superficie total expuesta y la conversión del tiempo de exposición a 30 días.

4.9 Expresión de los resultados

El índice de corrosividad se expresará en mg/cm²/30 días.

4.10 Formularios

Se utilizará la parte pertinente del Formulario N° 1, que se archivará en la institución que toma la muestra. El resultado final se traspa al Formulario N°3.

4.11 Aportes de OPS

- a) 4 Cilindros de acero SAE 1008.
- b) 1 Pinza.

- c) 1 Botella de vidrio de 500 ml.
- d) 1 Cepillo.
- e) 1 Pincel.
- f) 1 Rollo de papel de aluminio.

4.12 Aportes locales

4.12.1 Materiales:

- 1 Soporte de madera.
- 1 Regla pequeña
- Acido sulfúrico de 90 a 92%, técnico.
- Detergente abrasivo en polvo.
- Agua destilada.
- Papel absorbente, tipo papel-toalla.

4.12.2 Personal:

- 1 dfa-técnico en cada mes.

La institución cooperadora deberá tener acceso a un laboratorio analítico, con el objeto de preparar el material y utilizar estufa, desecador y balanza.

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

FORMULARIO N° 1

A. POLVO SEDIMENTABLE

País Ciudad Estación N°
 Muestra correspondiente al mes de de 19.....
 Frasco de muestreo instalado por con fecha
 Retirado por con fecha
 Agua caída en el mes mm. Días de exposición

Análisis:

Peso de la cápsula y el material recogido g
 Peso de la cápsula g

 Peso del material recogido g = mg
 Diámetro de la boca del frasco cm. Superficie cm²

Cálculo final:

$$\frac{\text{Material recogido (mg)} \times 30}{\text{Superficie (cm}^2\text{)} \times \text{días de exposición}} = \frac{x \ 30}{x} = \dots\dots\dots \text{mg/cm}^2\text{/30 días}$$

B. INDICE DE CORROSIVIDAD

Análisis:

Peso del papel de aluminio y el cilindro mg
 Peso del papel de aluminio mg

 Peso final del cilindro mg
 Peso inicial del cilindro mg

 Aumento de peso mg
 Diámetro promedio (D) cm Altura promedio (h) cm

Cálculo final:

$$\frac{19 \text{ Aumento}}{D(D + 2h) \text{ días de exp.}} = \frac{19 \times}{\left(\frac{+ 2 \times}{} \right)} = \dots\dots\dots \text{mg/cm}^2\text{/30 días}$$

Analizado por Revisado por

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE
FORMULARIO N° 2

POLVO EN SUSPENSION Y ANHIDRIDO SULFUROSO - Informe Diario

País Ciudad Estación N°
Temperatura: Máxima Humedad relativa: Máxima
Mínima Mínima
Promedio Promedio
Agua caída durante el día de iniciación de la muestra

Toma de muestra

Iniciación: Fecha Día de la semana Hora Operador
Término: Fecha Día de la semana Hora Operador
Tiempo de muestreo: horas = minutos

Lectura del medidor de gases:

Final litros
Inicial litros

Volumen de muestra (V) litros

POLVO EN SUSPENSION

Lectura del reflectómetro (R) Area de la mancha de polvo (A) cm²
Indice de obscurecimiento (I) = 100 - R = $\frac{100}{R}$ - =
Concentración de polvo, según Curva Patrón (C) µg/cm²

Polvo en suspensión en el aire:

$$\frac{C \times A}{V} = \frac{x}{V} = \dots \mu\text{g}/\text{m}^3 \quad (\text{Unidades Internacionales de Humo Normalizado})$$

ANHIDRIDO SULFUROSO

Lectura de la bureta:

Anhidrido sulfuroso en el aire

Final ml

Inicial ml

$$\frac{128 \times S}{V} = \frac{128 \times}{V} = \dots \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Total gastado (S) ml

Analizado por Revisado por

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE
 FORMULARIO N° 3
 INFORME MENSUAL

Pais Ciudad Estación N°
 Ubicación de la estación
 Muestras correspondientes al mes de de 19.....
 POLVO SEDIMENTABLE mg/cm²/30 días CORROSIVIDAD mg/cm³/30 días

<u>Fecha</u>	<u>Día de la semana</u>	<u>Polvo en Suspensión</u> (µg/m ³)	<u>Anhidrido Sulfuroso</u> (µg/m ³)	<u>Temperatura Promedio</u> (°C)	<u>Humedad Promedio</u> (%)	<u>Agua Caída</u> (mm)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
Total
Promedio diario

Preparado por Revisado por