
NORMA CUBANA

NC

ISO 9225: 2015
(Publicada por ISO en 2012)

**CORROSIÓN DE METALES Y ALEACIONES — CORROSIVIDAD
DE ATMÓSFERAS — MEDICIÓN DE PARÁMETROS
AMBIENTALES QUE AFECTAN A LA CORROSIVIDAD DE
ATMÓSFERAS (ISO 9225:2012, IDT)**

Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Measurement of
environmental parameters affecting corrosivity of atmospheres

ICS: 77.060

1. Edición Octubre 2015
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 7830-0835 Fax: (537) 7836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 41 de Pinturas y Barnices, integrado por las siguientes instituciones:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| - Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas | - GEIQ |
| - Empresa de Pinturas Vitral | - Ministerio del Transporte |
| - Ministerio de la Industria Alimenticia | - FERCIMEX S.A. |
| - Ministerio del Comercio Exterior | - ABATUR S.A. |
| - Ministerio de Industrias | - ENSUNA S.A. |
| - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias | - Oficina Nacional de Normalización |
| - Ministerio de Energía y Minas | - Corporación CIMEX S.A. |
| - Ministerio de la Construcción | - CTDMC |

- Es una adopción idéntica por el método de traducción de la Norma Internacional de la ISO 9225: 2012 *Corrosion of metals and alloys — Corrosivity of atmospheres — Measurement of environmental parameters affecting corrosivity of atmosphere.*

- Sustituye a la NC 12-01-08:1988 SNPPC. *Determinación del contenido de dióxido de azufre - Métodos de análisis químico* y a la NC 12-01-09:1988 SNPPC. *Determinación del contenido de cloruros en la atmósfera. Métodos de análisis químico.*

© NC, 2015

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

Índice

0	Introducción.....	4
1	Alcance.....	5
2	Referencias normativas	5
3	Principio	5
4	Parámetros de humedad y temperatura.....	6
5	Contaminantes en el aire	7
	Anexo A (Normativo) Determinación de la velocidad de deposición de dióxido de azufre en placas de sulfatación de dióxido de plomo	10
	Anexo B (Normativo) Determinación de la velocidad de deposición dióxido de azufre en cilindro de sulfatación de dióxido de plomo	13
	Anexo C (Normativo) Determinación de la velocidad de deposición de dióxido de azufre sobre superficies alcalinas	16
	Anexo D (Normativo) Determinación de la velocidad de deposición de cloruro por el método de la vela húmeda	18
	Anexo E (Normativo) Determinación de la velocidad de deposición de cloruros por el método de placa seca.....	22
	Anexo F (Normativo) Comparación de las velocidades de deposición de cloruros y dióxido de azufre determinados por diferentes métodos.....	25
	Bibliografía.....	26

0 Introducción

La capacidad de una atmósfera para causar la corrosión de metales y aleaciones es controlado por los siguientes factores: el complejo de temperatura-humedad y la contaminación. Un requisito básico para la estimación de la corrosividad de atmósferas es la medición normalizada de los parámetros importantes que describen la correlación entre la corrosión y las características ambientales.

Los métodos incluidos en esta norma han sido elegidos por su fácil aplicación y buena comparabilidad de los resultados. Es importante destacar que los métodos para la estimación de la corrosividad atmosférica dada en la norma NC-ISO 9223 se basan en los métodos de medición descritos en esta norma.

CORROSIÓN DE METALES Y ALEACIONES — CORROSIVIDAD DE ATMÓSFERAS — MEDICIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES QUE AFECTAN A LA CORROSIVIDAD DE ATMÓSFERAS

1 Objeto

Esta Norma Cubana especifica los métodos de medición de los parámetros necesarios para la estimación de corrosividad utilizados para la clasificación de la corrosividad de atmósferas en la norma NC-ISO 9223.

Esta norma específica los métodos para la medición de los parámetros ambientales para:

— la estimación normativa de la corrosividad basada en el cálculo de la velocidad de corrosión del primer año de metales estándar, y

— la estimación informativa de la corrosividad basada en la caracterización del entorno de la exposición.

Esta Norma Cubana no describe las técnicas analíticas habituales para los parámetros medidos ya que esta depende de las técnicas analíticas disponibles utilizadas en los laboratorios. Los métodos específicos para la medición de velocidad de deposición de SO₂ y Cl⁻ y los factores de conversión para la comparación de los diferentes métodos de medición se presentan en los anexos A, B, C, D, E y F.

Para los métodos relativos a la caracterización del sitio de exposición atmosférica en general, véase la norma NC-ISO 8565.

2 Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, sólo se toma en consideración la edición citada. Para las no fechadas, se toma en cuenta la última edición del documento de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

NC-ISO 9223, Corrosión de metales y aleaciones - Corrosividad de atmósferas - Clasificación, determinación y estimación.

ISO 11844-3, Corrosión de metales y aleaciones - Clasificación de la baja corrosividad de los ambientes interiores - Parte 3: Medición de parámetros ambientales que afectan a la corrosividad de interiores.

3 Principio

Diferentes parámetros ambientales y sus combinaciones afectan la corrosividad de la atmósfera. En la norma NC-ISO 9223 se especifican dos métodos para la estimación de corrosividad (normativo e informativo).

En general, dos grupos de parámetros se obtienen o se miden por procedimientos estandarizados de la estimación de la corrosividad:

- humedad y temperatura;
- contaminantes en el aire.

La estimación de la corrosividad estandarizada se basa en la información sobre los niveles de los parámetros ambientales que dominan: el complejo de temperatura-humedad y la contaminación con SO₂ y cloruros en el aire. Las mediciones de estos parámetros son obligatorias para el propósito de la estimación de corrosividad.

Otros contaminantes diferentes del SO₂ y Cl⁻, tales como NO_x, O₃, H₂S, HNO₃, también pueden ejercer un efecto sobre la velocidad de corrosión. Los componentes activos de corrosión de los depósitos de polvo (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻) reaccionan con los metales en presencia de la humedad. Estos factores son considerados como factores acompañantes (véase NC-ISO 9223). Estos parámetros ambientales, que contribuyen al efecto sobre la corrosión de los metales estándar en situaciones multi-contaminantes, no se incluyen como parámetros obligatorios para la estimación de corrosividad en la norma NC-ISO 9223. La información sobre los niveles de estos parámetros puede ayudar en la estimación informativa de la corrosividad.

Los métodos para la medición de parámetros ambientales que pueden ser utilizados específicamente para la estimación de baja corrosividad de los ambientes interiores (IC) se dan en la norma ISO 11844-3.

4 Parámetros de humedad y temperatura

4.1 Humedad relativa

Los valores medios confiables a largo plazo para la humedad relativa se pueden obtener directamente de las autoridades meteorológicas en el país. Existen varios tipos de dispositivos de medición que se pueden usar si se necesita hacer una recopilación de nuevos datos para la localidad. Hay varios dispositivos de medición continua, como hidrógrafos, termohidrógrafos o higrómetros, disponibles en el mercado.

El período de medición es de preferencia un año a fin de cubrir las variaciones estacionales y porque el sistema de clasificación se basa en los valores medios anuales. Los datos se expresan como valores medios anuales.

4.2 Temperatura

Los valores medios confiables a largo plazo para la humedad relativa se pueden obtener directamente de las autoridades meteorológicas en el país. Existen varios tipos de dispositivos de medición que se pueden usar si se necesita hacer una recopilación de nuevos datos para la localidad. Hay varios dispositivos de medición continua, como termohidrógrafos o termómetros de registro, disponibles en el mercado.

El período de medición es de preferencia un año a fin de cubrir las variaciones estacionales y porque el sistema de clasificación se basa en los valores medios anuales. Los datos se expresan como valores medios anuales.

5 Contaminantes en el aire

5.1 Principio

La concentración de gas o la velocidad de deposición se pueden medir utilizando varias técnicas:

- medición instrumental continua de la concentración de gas;
- medición de la concentración media de gas con un muestreador activo y una bomba de aire;
- medición de la concentración media de gas con un muestreador difusivo (pasivo);
- equipos de velocidad de deposición media.

Los resultados de las mediciones de concentración se dan típicamente en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y, para las mediciones de deposición, en miligramos por metro cuadrado por día [$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$].

5.2 Colocación de los equipos de medición

5.2.1 Instrumentos de medición continuode concentración de gas

El instrumento debe encontrarse en un lugar que esté cubierto de la lluvia y protegido de personas no autorizadas. Preferiblemente, el instrumento debe estar colocado en el interior de un tubo por el cual fluya el aire ambiental. Se recomienda un tubo polietileno o PTFE y la longitud de la tubería no debe exceder de 2 m. La entrada deberá estar orientada hacia abajo con una capucha más ancha en la entrada para reducir el riesgo de aspirar partículas hacia el tubo.

5.2.2 Instrumentos de medición con muestreador activo

El equipo muestreador activo se colocará de acuerdo con las mismas normas que el instrumento de medición continuodegas.

5.2.3 Instrumentos de medición con muestreador de difusión

El dispositivo de muestreo se colocará con el extremo abierto hacia abajo bajo abrigo adecuado. El flujo de aire influye en la difusión de gas en el muestreador.

5.2.4 Equipos de velocidad de deposición

El equipo deberá estar protegido de partículas del ambiente y del lavado por la lluvia para la medición de los depósitos al aire libre. El flujo de aire influye en la velocidad de deposición.

5.3 Métodos de medición y duración

5.3.1 Medición continua

Las mediciones se llevan a cabo preferentemente por un año con el fin de registrar la variación

estacional de los gases contaminantes. Los datos de los instrumentos de medición continua se registrarán como valores medios mensuales. Para la estimación de la corrosividad, los datos se expresan como valores medios anuales.

Los instrumentos estándar tienen límites de detección en un rango de 4×10^{-5} fracciones de volumen a 1×10^{-6} fracciones de volumen.

5.3.2 Medición con muestreador activo

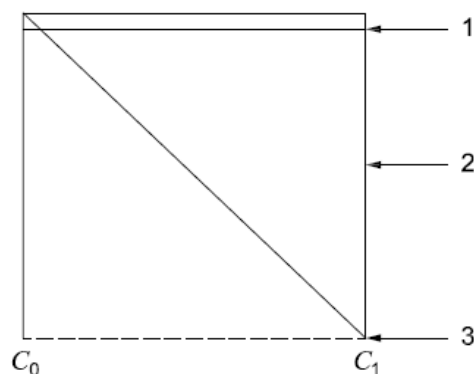
Los métodos se basan en el bombeo de aire a través de una unidad de absorción con una superficie reactiva o líquido, con el subsiguiente análisis de laboratorio de la cantidad absorbida. El período de muestreo será de una semana. Los datos se recogerán durante los períodos de muestreo y se resumirán los valores medios mensuales. El resultado será dado como la concentración promedio para el período de medición.

El período de medición será de preferencia un año o por lo menos un mes para cada estación del año. Para la estimación de la corrosividad, los datos se expresarán como valores medios anuales.

NOTA Los límites de detección para concentraciones en el aire dependerán de la sensibilidad de los instrumentos de análisis y la duración de la toma de muestras. Para un instrumento analítico con sensibilidad normal, es posible obtener valores promedio semanales con un límite de detección mejor que $0,1 \text{ g / m}^3$.

5.3.3 Medición con muestreador de difusión

La media de las concentraciones de gases pueden calcularse utilizando dispositivos de muestreo de difusión. El principio utilizado para el muestreo difusivo se esquematiza en la Figura 1. El período de muestreo recomendado es de un mes, pero se puede extender a tres meses, correspondiente a una medición para cada estación del año. El período de medición es, preferiblemente, de un año.



Leyenda

- 1 absorbente
- 2 tubo
- 3 pantalla permeable para gases
- C_1 Concentración ambiental de gas
- C_0 Concentración de gas en el absorbente igual a cero

Figura 1 — Principio del cálculo de la concentración de un muestreador de difusión

NOTA La sensibilidad normal para los valores medios semanales se ha reducido a $0,1 \text{ mg/m}^3$ de SO_2 , pero mayor para otros gases. Generalmente, el límite de detección disminuye con el aumento del tiempo de muestreo.

El modelo general de cálculo se especifica en la norma ISO 11844-3.

Los datos se expresan como valores medios anuales.

5.3.4 Medición de la velocidad de deposición de la contaminación

La deposición se lleva a cabo sobre un absorbente o una superficie similar colectora a las superficies utilizadas para dispositivos de muestreo difusivos. En el método de deposición estandarizado para las mediciones de deposición de SO_2 , el gas reacciona cuando llega a la superficie de dióxido de plomo o superficie alcalina (véanse los Anexos A, B y C). En los métodos estandarizados para las mediciones de salinidad en el aire, partículas (aerosoles) se depositan sobre una superficie húmeda o seca diseñada para recoger este contaminante (ver Anexos D y E). Dado que el sistema de recogida está abierto, la velocidad de deposición depende del movimiento del aire.

NOTA El uso de compuestos de plomo puede estar restringido en algunos países.

Las mediciones de deposición de SO_2 realizadas por las placas de dióxido de plomo y por el cilindro de dióxido de plomo difieren con respecto a la clase y la forma de la superficie de deposición. Ambas mediciones dan valores con baja correlación para períodos de muestreo mensuales debido a la mayor variación en las características climáticas. Existe una alta correlación de los valores medios anuales (véase el anexo F). Puede ocurrir la captura de aerosoles de ácido sulfúrico y de compuestos portadores de azufre de la precipitación y la deposición de sal marina.

Los valores de deposición de SO_2 utilizados para la derivación de las funciones dosis-respuesta que figuran en la norma NC-ISO 9223 están basados en mediciones de deposición sobre superficies alcalinas o valores convertidos en base a las mediciones de concentración.

La velocidad de deposición de cloruros, determinados por el método de la placa seca y por el método de la vela húmeda, difieren porque el tipo y la forma de la superficie de deposición son diferentes (superficies húmedas / secas, formato cilíndrico / placa de la superficie de deposición). Hay poca diferencia en las velocidades de deposición determinados por los dos métodos en lugares con muy bajas velocidades de deposición, es decir $<10 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. Por otro lado, a altas velocidades de deposición de cloruro, el método de la vela húmeda da velocidades de deposición que son aproximadamente dos veces más altas como las dadas por el método de la placa seca. Ambas mediciones dan valores con baja correlación para períodos de muestreo mensuales debido a la gran variación en las características climáticas. Existe una alta correlación de los valores medios anuales (véase el anexo F).

Los valores de deposición de cloruro utilizados para la derivación de las funciones de dosis-respuesta que figuran en la norma NC-ISO 9223 están basados en mediciones con el método de la vela húmeda. Si la deposición de cloruro se mide con el método de la placa seca (véase el anexo E), es necesario que el factor de transformación dado en el anexo F sea aplicado antes de utilizar las funciones de dosis-respuesta.

Anexo A (Normativo)

Determinación de la velocidad de deposición de dióxido de azufre en placas de sulfatación de dióxido de plomo

A.1 Principio

El dióxido de azufre atmosférico (SO_2) reacciona con el dióxido de plomo (PbO_2) para formar sulfato de plomo (PbSO_4). Las placas se retiran después de la exposición y el análisis de sulfato se realiza en el contenido para determinar la extensión de la captura de dióxido de azufre. La velocidad de deposición de dióxido de azufre se expresa en miligramos por metro cuadrado por día [$\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$].

El reactivo de dióxido de plomo utilizado en este método también puede convertir otros compuestos portadores de azufre, tales como sulfuro de hidrógeno (H_2S) y mercaptanos ($\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$), al sulfato.

La posición invertida del disco está destinada a minimizar la captura de azufre a partir de la precipitación con ácido o aerosoles de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

A.2 Aparato de muestreo

A.2.1 Placa de sulfatación

Las placas de sulfatación se pueden adquirir listas o se pueden preparar para la exposición. Se recomienda el siguiente método para la preparación de placas de sulfatación.

Acople círculos de papel de filtro a la parte inferior de una placa de Petri de poliestireno, cuyos diámetros pueden ser de 50 mm o 60 mm. La unión se lleva a cabo mediante la colocación del papel de filtro con el lado rugoso hacia arriba en la parte inferior de la placa. El papel de filtro debe caber dentro del plato sin arrugas. Chorree cuidadosamente acetona en la placa de manera que el filtro quede saturado. Presione el papel de filtro firmemente con una varilla de vidrio para que se adhiera completamente a la placa. Deje que la acetona se evapore.

Coloque un lote de placas unidas (varias decenas de cualquiera de las placas de $\varnothing 50$ mm ó $\varnothing 60$ mm) en una parrilla y enjuague con agua destilada o desmineralizada. Llene las placas con agua de nuevo y deje reposar durante 1 h. Vierta el agua de las placas y vuélvalo a llenar entre un cuarto y la mitad del volumen con agua destilada o desionizada.

Añada 3,5 g de goma tragacanto y 900 ml de agua destilada o desionizada a una licuadora de alta velocidad. Ajuste a una velocidad baja y mezcle durante 2 h.

Vierta el contenido de la licuadora en un vaso de precipitados de 1 L y reincorpore 350 mL de la solución de nuevo en la licuadora. Desmenuce 3,5 g de papel de filtro y añádalos a los 350 mL de solución de goma y agítelo en la licuadora a velocidad moderada hasta que la mezcla esté fluida y uniforme.

Añada 400 mL de la solución de goma previamente preparada en la licuadora y mezcle una velocidad moderada durante 1 min.

Ajuste la licuadora a alta velocidad y añada 112 g de dióxido de plomo. Mezcle durante 2 minutos y luego ajuste de nuevo la batidora a una velocidad baja.

Pipetee 10 mL de la mezcla y añádalo en cada placa de $\varnothing 50$ mm ó 15 mL en cada placa de $\varnothing 60$ mm. Asegúrese de que la mezcla se extienda de manera uniforme hasta el borde de cada placa.

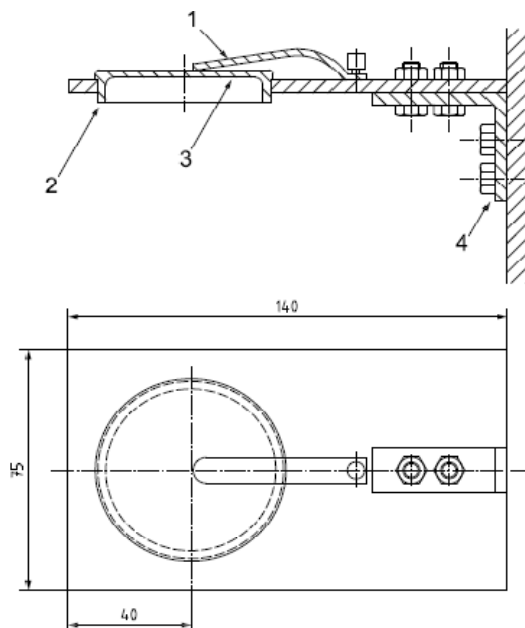
Coloque las placas preparadas en un horno a 40 °C a 50 °C durante 20 h.

Retire las placas del horno, déjelas enfriar y séllelas con tapas ajustadas para protegerlas hasta que comience la exposición.

Numere las placas y expóngalas dentro de los 120 días a partir de su preparación. Conserve al menos tres placas de cada lote como referencia.

A.2.2 Soporte de exposición

Los soportes deberán ser usados para sostener las placas de forma segura en posición invertida para que la mezcla de dióxido de plomo esté orientada hacia abajo. Las placas deberán estar dispuestas horizontalmente y no deben estar obstruidas de los vientos normales y corrientes de circulación de aire. Los soportes deben estar contruidos de un material que tenga una resistencia adecuada a la corrosión atmosférica. Se incluirá además un clip de sujeción u otro dispositivo para proteger la placa en caso de vientos fuertes. En la figura A.1 se muestra un diseño típico de soporte.



Leyenda

- 1 retenedor
- 2 placa Petri de plástico $\varnothing 60$
- 3 pasta de dióxido de plomo (PbO_2)
- 4 soporte

Figura A.1 — Soporte de la placa de sulfatación

A.3 Toma de muestras

Al monitorear los sitios de exposición, debe utilizarse un mínimo de tres placas para cada período de muestreo.

Las placas deben colocarse, si es posible, en los niveles más altos y más bajos de la exposición de muestras de ensayo de corrosión.

Se recomienda un período de muestreo de (30 ± 2) días. Al final del período de muestreo, las placas deben retirarse del soporte y recubiertas herméticamente para evitar una sulfatación adicional. El análisis de las placas debe realizarse dentro de los 60 días de terminada la exposición. Una vez finalizada la exposición, se harán constar la identificación de placa, la ubicación de la exposición y las fechas de inicio y terminación de la exposición.

A.4 Análisis de Sulfato

Los contenidos de la placa de sulfatación deben ser retirados y se disolverán, por ejemplo, utilizando una solución de carbonato de sodio. A partir de entonces, se empleará el análisis de sulfato convencional, por ejemplo, por métodos turbidimétricos o espectrofotométricos.

A.5 Expresión de los resultados

La velocidad de sulfatación se calcula en términos de dióxido de azufre (SO₂) capturado por la placa. La masa de SO₂ obtenida del procedimiento de análisis de la placa se convierte en masa neta SO₂ restando el valor del blanco obtenido a partir del lote de las placas en cuestión.

La velocidad de deposición de dióxido de azufre (SO₂), expresado en miligramos por metro cuadrado por día [mg/(m²·d)], $P_{d,p}$, viene dada por la ecuación (A.1):

$$P_{d,p} = \frac{m_1 - m_0}{At} \quad (\text{A.1})$$

donde:

m_1 es la masa total, en miligramos, de dióxido de azufre en la placa expuesta;

m_0 es la masa total, en miligramos, de dióxido de azufre en la placa no expuesta;

A es el área, en metros cuadrados, de la parte expuesta de la placa de ensayo (es decir, 0,03 m²);

t es el tiempo de exposición, en días.

Anexo B (Normativo)

Determinación de la velocidad de deposición dióxido de azufre en cilindro de sulfatación de dióxido de plomo

B.1 Principio

El dióxido de azufre atmosférico (SO_2) reacciona con el dióxido de plomo (PbO_2) para formar sulfato de plomo (PbSO_4). Los cilindros se retiran después de la exposición y se realiza el análisis de sulfato en el contenido para determinar la extensión de la captura de dióxido de azufre. La velocidad de deposición de dióxido de azufre se expresa en miligramos por metro cuadrado por día [$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$].

El reactivo de dióxido de plomo utilizado en este método también puede convertir otros compuestos portadores de azufre, tales como sulfuro de hidrógeno (H_2S) y mercaptanos ($\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$), al sulfato.

B.2 Aparato de muestreo

B.2.1 Cilindro de sulfatación

Se recomienda el siguiente método para la preparación de los cilindros de sulfatación.

Se corta un amplio paño limpio, de título del hilo 60 a un tamaño de 10 cm × 10 cm y se adhieren a la parte media de un cilindro (con una periferia de 10 cm y una longitud 15 cm) hecho de cerámica o de plástico (véase la Figura B.1).

Se disuelven 2 g de goma tragacanto en polvo en 10 mL de etanol, se añaden 190 mL de agua desionizada mediante agitación y se mezcla bien hasta preparar la solución de goma de tragacanto.

Se amasa bien una mezcla de 5 mL de solución de goma tragacanto con 5 g de dióxido de plomo cuyas partículas contienen menos de 149 micras de tamaño y en particular un contenido bajo de sulfato hasta obtener una pasta.

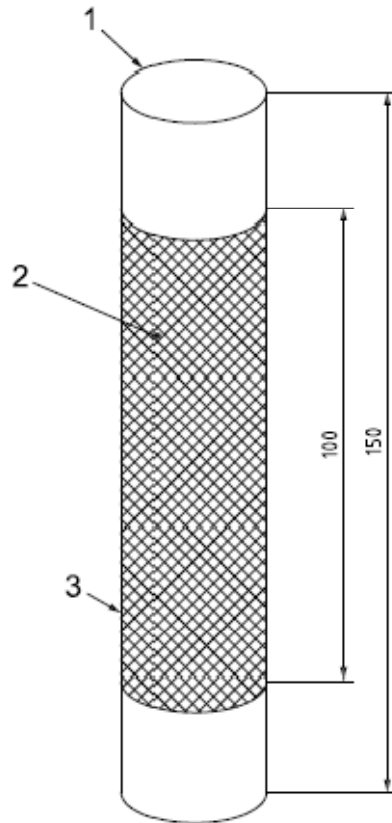
Recubra uniformemente con esta pasta la superficie de la tela pegada en la superficie del cilindro usando un cepillo o un guante de goma limpio para uso quirúrgico, y se pone a secar en una desecadora. Se conserva el cilindro de dióxido de plomo ya seco en una desecadora o un recipiente adecuado hasta la exposición.

B.2.2 Caseta de exposición

La deposición de dióxido de azufre, así como las partículas de aerosol depende de la forma y dimensiones de la cubierta que se utiliza para proteger el tomamuestras (cilindro de dióxido de plomo) de la lluvia.

Deben ser usadas casetas para sostener los cilindros y evitar que se mojen por la lluvia y la nieve, las cuales no deben obstaculizar los vientos normales y la circulación de aire. Se pueden utilizar

también casetas meteorológicas. Las casetas deben ser construidas de un material que tenga una resistencia adecuada a la corrosión atmosférica.

**Leyenda**

- 1 cilindro (periferia 100) hecha de cerámica o plásticos
- 2 paño amplio de título del hilo 60
- 3 pasta de dióxido de plomo (PbO_2)

Figura B.1 – Cilindro de dióxido de plomo

B.3 Toma de muestras

Los cilindros de dióxido de plomo deben ser expuestos verticalmente dentro de una caseta de instrumentos y se colocan en el lugar apropiado para el ensayo de exposición, el cual debe asegurar que los cilindros no sean afectados por la lluvia y el sol en un lugar bien ventilado.

El período de muestreo será de un mes, a partir del primer día de cada mes y terminando en el primer día del siguiente mes.

Un cilindro expuesto deberá almacenarse para evitar una sulfatación adicional.

B.4 Análisis de Sulfato

El análisis de sulfato debe ser realizado dentro de los 60 días de completada la exposición.

El paño de dióxido de plomo retirado del cilindro se coloca en un vaso de precipitados de 500 mL con 100 mL de agua desmineralizada, se añaden 5 g de carbonato de sodio y todo el contenido se mezcla hasta que se disuelva. La mezcla se pone a hervir durante 30 min, manteniendo el volumen de agua aproximadamente en 100 mL mediante la adición de agua. A continuación, la mezcla se debe enfriar a temperatura ambiente, se filtra y se lava usando un papel de filtro. A partir de entonces, se realizará el análisis de sulfato convencional, por ejemplo, por el método gravimétrico o turbidimétrico.

B.5 Expresión de los resultados

Los resultados se expresan como la velocidad de deposición de dióxido de azufre (SO₂), en miligramos por metro cuadrado por día [mg / (m²·d)], $P_{d,c}$, viene dada por la ecuación (B.1):

$$P_{d,c} = \frac{m_1 - m_0}{At} \quad (\text{B.1})$$

donde

m_1 es la masa total, en miligramos, de dióxido de azufre en el cilindro expuesto;

m_0 es la masa total, en miligramos, de dióxido de azufre en el cilindro no expuesto;

A es el área, en metros cuadrados, de la parte expuesta de la tela de prueba (es decir, 0,01 m²);

t es el tiempo de exposición, en días.

Para obtener el valor de $P_{d,p}$, se aplicará el cálculo correspondiente que se muestra en el Anexo F.

Anexo C (Normativo)

Determinación de la velocidad de deposición de dióxido de azufre sobre superficies alcalinas

C.1 Principio

Los óxidos de azufre (SO_x) y otros compuestos de azufre de carácter ácido se recogen en las superficies alcalinas de las placas de filtro porosas saturadas por una solución de carbonato de sodio o de potasio (Na_2CO_3 o K_2CO_3). Se determinan los compuestos de azufre convertidos en sulfatos. La velocidad de deposición de dióxido de azufre (SO_2) se expresa en miligramos por metro cuadrado por día [$\text{mg} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$].

C.2 Aparato de muestreo

C.2.1 Placa de sulfatación

Las placas de sulfatación se prepararon utilizando el método siguiente.

Sumerja las placas de papel de filtro de 150 mm × 100 mm × 3 mm, durante 2 min en una solución de 70 g / L de carbonato de sodio o potasio. (Se puede aceptar la utilización de placas de papel de filtro cromatográficos u otros materiales de propiedades similares.)

Retire las placas de la solución, escúrralas y deje secar durante unas horas a una temperatura de 70 °C a 90 °C con una tolerancia de ± 2 °C hasta que las placas están secas. Después del secado, se sellan las placas en bolsas de plástico (polietileno, polipropileno). Se toman cinco placas de cada serie procesada y se determina el contenido de sulfato como ensayo en blanco.

C.2.2 Caseta de exposición

Las placas de ensayo se exponen en un estante de exposición de tipo caseta (véase la Figura C.1) en una posición vertical de manera que sus superficies estén dispuestas paralelamente a la dirección predominante del viento. Los bordes inferiores de las placas deberán estar a una altura de 1,8 m a 2 m por encima del suelo. El techo de la caseta debe evitar que las placas sean lavadas por la lluvia, pero debe permitir la libre circulación de aire alrededor de las placas.

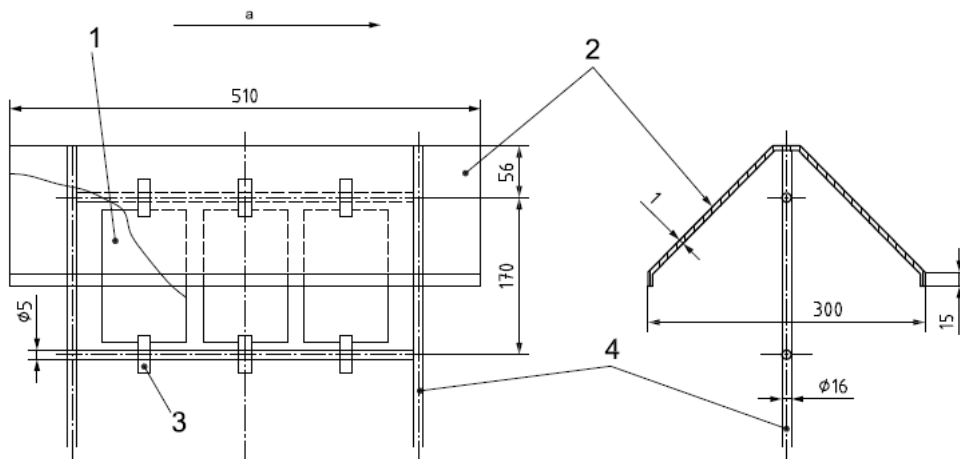
C.3 Toma de muestras

En el lugar del ensayo (sitio de exposición) se instalarán tres placas de ensayo con elementos de fijación en el bastidor. El período de muestreo de las placas de ensayo es (30 ± 2) días, a menos que el carácter del ensayo o el nivel de contaminación requiera un tiempo diferente (60 días ó 90 días). Después de la exposición, se retiran las placas de ensayo sin dañar la capa superficial y se sellan por separado en bolsas de plástico. Se marcan los recipientes de plástico con el nombre del lugar del ensayo y las fechas de comienzo y terminación de la exposición.

C.4 Análisis de Sulfato

El análisis de sulfato debe ser realizado dentro de los 60 días de completada la exposición.

La placa expuesta se extrae mediante 400 mL de agua desmineralizada con la adición de 1 mL de solución de peróxido de hidrógeno para oxidar el sulfito restante. La mezcla se hierve durante 10 min. Después de 24 h se filtra la mezcla y se pasa a un volumen conocido (por ejemplo, 500 mL). A partir de entonces, se realizará el análisis de sulfato convencional, por ejemplo, por el método gravimétrico o espectrofotométrico.



Leyenda

- 1 placa de sulfatación
- 2 techo
- 3 elemento de fijación
- 4 marco
- a dirección predominante de los vientos.

Figura C.1 – Estante de exposición para las placas de sulfatación alcalinas

C.5 Expresión de los resultados

Los resultados se expresan como la velocidad de deposición de dióxido de azufre (SO₂), en miligramos por metro cuadrado por día [mg / (m²·d)], P_{d,a}, y se calculan utilizando la ecuación (C.1):

$$P_{d,a} = \frac{m_1 - m_0}{At} \quad (\text{C.1})$$

donde

m_1 es la masa total, en miligramos, de dióxido de azufre en la placa expuesta;

m_0 es la masa total, en miligramos, de dióxido de azufre en la placa no expuesta;

A es el área, en metros cuadrados, de la parte expuesta de la placa de ensayo (es decir, 0,03 m²);

t es el tiempo de exposición, en días.

Anexo D (Normativo)

Determinación de la velocidad de deposición de cloruro por el método de la vela húmeda

D.1 Principio

Una superficie textil húmeda protegida de la lluvia con una superficie conocida se expondrá durante un tiempo determinado. La cantidad de cloruros depositada se determinará por análisis químico. De los resultados de este análisis se calcula la velocidad de deposición de cloruros, expresado en miligramos por metro cuadrado por día [mg / (m²-d)].

D.2 Aparato de muestreo

D.2.1 Vela húmeda

La vela húmeda se forma a partir de una mecha que se inserta en una botella. La mecha se compone de una varilla central de alrededor de 25 mm de diámetro hecha de material inerte (polietileno) sobre la que se estira o se enrolla una doble capa de gasa quirúrgica tubular o una banda sencilla del mismo material. La superficie de la mecha expuesta a la atmósfera será de aproximadamente 100 cm², lo que se corresponde con una longitud de mecha de aproximadamente 120 mm. El área expuesta debe conocerse con precisión. Un extremo de la mecha se inserta en un tapón de goma. El tapón tiene dos orificios adicionales a través de los cuales los extremos libres de la gasa pasan (si se usa una gasa tubular, el extremo inferior se corta a lo largo de la longitud de la gasa y se dejan hasta unos 120 mm sin cortar). Los bordes de los tres agujeros están conformados en forma de embudo de modo que corra hacia abajo el líquido por el desagüe a través del tapón de gasa (ver Figura D.1). Los extremos libres de la gasa tendrán que ser suficientemente largos para llegar a la parte inferior de la botella.

El tapón se inserta en el cuello de una botella de polietileno o de otro material inerte, con un volumen de aproximadamente 500 mL. La botella contiene 200 mL de una solución de glicerol. La solución está compuesta por mezcla de 200 mL de glicerol [CHOH (CH₂OH)₂] con agua destilada hasta un volumen de 1 000 mL. A esta solución se añaden 20 gotas de ácido octanoico (C₈H₁₆O₂) para evitar el crecimiento de hongos tales como el *Aspergillus niger*.

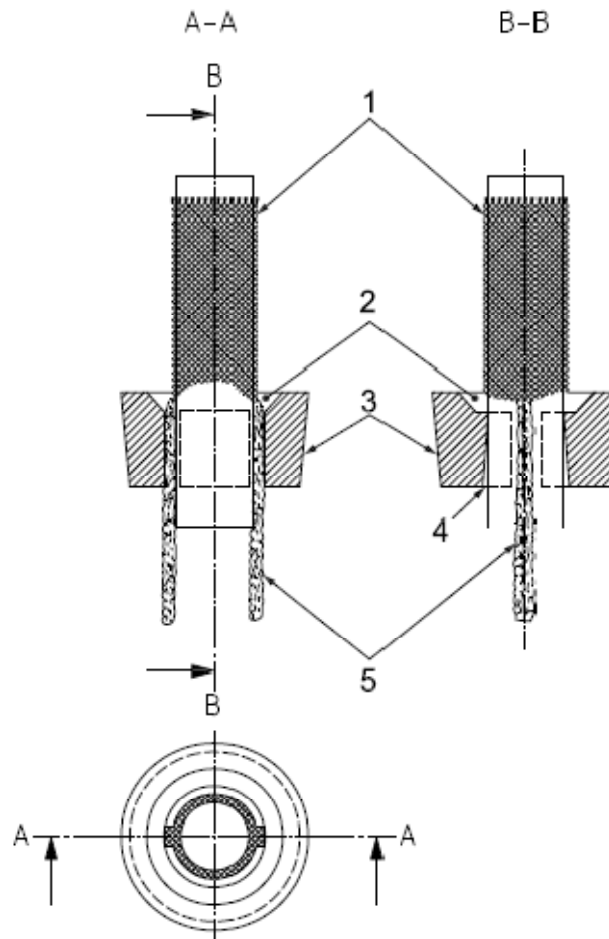
En situaciones de temperaturas extremas prolongadas, es decir, mayores que 25 ° C o menores de -25 ° C, puede ser necesario aumentar el contenido de glicerol a una fracción de volumen de 40% para evitar la congelación o evaporación excesiva, o reemplazando la solución de glicerol por etilen-glicol en una fracción de volumen de 20%.

D.2.2 Caseta de exposición

La vela húmeda se expone en el centro de una caseta bajo techo como se muestra en la Figura D.2. El techo debe ser un cuadrado cuyos lados tendrán 500 mm de longitud, de material inerte y opaco. La vela debe estar ubicada de modo que la distancia desde el techo hasta la parte superior de la mecha sea de 200 mm y de manera que se encuentre colocada en el centro del techo. La distancia entre la botella y el nivel del suelo debe ser de al menos 1 m. La vela debe exponerse hacia el mar u otra fuente de cloruros.

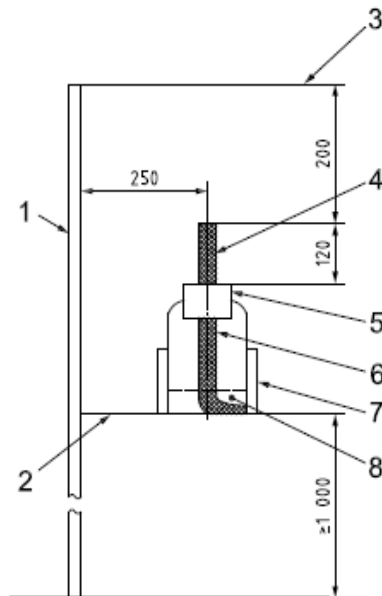
La fuente de incertidumbre se deriva de una combinación de la lluvia y fuertes vientos (con

velocidades por encima de 10 m/s a 12 m/s), que puede conducir a que gotas de lluvia caigan en el colector (gasa) y puedan influir significativamente en la medición de la velocidad de deposición de cloruros.

**Leyenda**

- 1 mecha
- 2 agujeros adicionales (en forma de embudo) para los extremos libres de gasa
- 3 tapones
- 4 agujero central para la mecha
- 5 extremos libres de gasa

Figura D.1 – Detalles del tapón de goma

**Leyenda**

1 caseta	5 tapón de goma
2 soporte	6 extremos libres de gasa
3 techo (500 × 500)	7 portabotellas
4 mecha cilíndrica	8 solución

Figura D.2 –Ensamblaje del aparato de muestreo**D.3 Toma de muestras**

La vela prefabricada se instalará en el lugar de ensayo y se llevarán a cabo los pasos siguientes:

- la longitud de la parte expuesta de la mecha deberá ser ajustada al valor deseado;
- el tapón y la mecha se retirarán de la botella, los extremos libres de la gasa y la botella se lavarán con agua destilada;
- se colocan en la botella 200 mL de la solución de glicerol y agua (véase D.2.1);
- se vuelven a montar la mecha y la botella;
- la vela se colocará en la posición expuesta de acuerdo con la Figura D.2.

La solución de glicerol y agua se cambiará a intervalos mensuales de la siguiente manera:

- se afloja el tapón en la botella;
- se lava cuidadosamente la mecha con al menos 200 mL de agua destilada, asegurando que el agua corra a través de los orificios de drenaje del tapón y, posteriormente, a la botella;

- se quita el tapón y la mecha de la botella y se lavan los extremos libres de la gasa, a medida que son retirados de la botella;
- se coloca el tapón y la mecha en un nuevo frasco que contiene 200 mL de glicerol fresco y solución de agua, asegurando que los extremos libres de la gasa estén bien inmersos en la solución; reemplace nuevamente la vela en su soporte;
- enrosque de forma segura la tapa de la botella para que no se suelte.

La botella se marcará claramente con el nombre del sitio de ensayo, la ubicación y las fechas de comienzo y terminación de la exposición. La solución contenida en la botella se prepara para el análisis.

D.4 Análisis de cloruros

Se puede emplear un método convencional para el análisis de cloruros de la gasa expuesta y no expuesta (como una muestra en blanco).

D.5 Expresión de los resultados

Los resultados se expresan como la velocidad de deposición de cloruros (Cl^-), en miligramos por metro cuadrado y por día [$\text{mg} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$], $S_{d,c}$, y se calcula utilizando la Ecuación (D.1):

$$S_{d,c} = \frac{m_1 - m_0}{At} \quad (\text{D.1})$$

donde:

- m_1 es la masa total, en miligramos, de iones cloruro en la solución de la muestra;
- m_0 es la masa total, en miligramos, de iones cloruro en la solución preparada a partir de la gasa no expuesta de igual área que la gasa de muestreo;
- A es el área, en metros cuadrados, de la superficie expuesta de gasa (ver nota);
- t es el tiempo de exposición, en días.

NOTA El área de la superficie expuesta de gasa puede ser calculado multiplicando el diámetro de la varilla soporte de la mecha por π (3,14) y por la longitud de la mecha que sobresale del tapón.

Anexo E (Normativo)

Determinación de la velocidad de deposición de cloruros por el método de placa seca

E.1 Principio

Se expone una gasa en capas dobles con una superficie conocida protegida de la lluvia. La cantidad de iones cloruros depositados sobre la superficie de la gasa se determinan mediante análisis químico. De los resultados de este análisis, se calcula la velocidad de deposición, expresada en miligramos por metro cuadrado por día [mg / (m²-d)].

E.2 Aparato de muestreo

E.2.1 Placa seca

Las placas secas se prepararan usando el siguiente método.

La placa seca se forma a partir de una gasa montada en marcos o bastidores de madera de recolección conformados por un marco interior de madera que tiene dimensiones externas de 120 mm × 120 mm y dimensiones internas de 100 mm × 100 mm, el cual está equipado con un marco exterior de madera que tiene dimensiones externas de 150 mm × 150 mm y dimensiones internas de 100 mm × 100 mm (véase la figura E.1). El área de recogida será de 200 cm² en total de ambas superficies.

La gasa se corta a un tamaño de 120 mm × 240 mm; los iones cloruros se lixivian a fondo completamente de la gasa con agua desionizada y se secan bien. Se almacenan en una bolsa de polietileno hasta el momento del uso. La gasa se dobla en dos, inmediatamente antes de la exposición y se monta a la estructura del marco o bastidor de recolección evitando formar arrugas.

E.2.2 Caseta de exposición

La placa seca se expone en una caseta bajo el centro de un techo como se muestra en la Figura E.2.

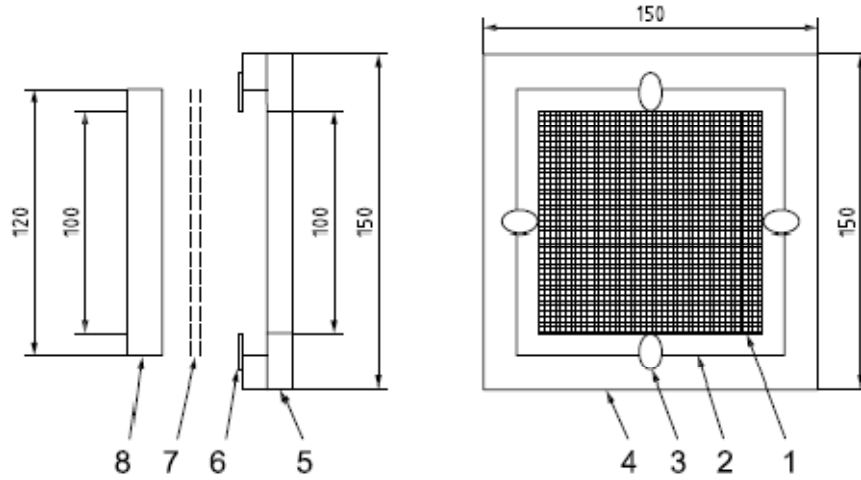
La caseta de exposición debe interceptar la luz directa del sol, la lluvia y la nieve. Debe estar equipada con un soporte capaz de sostener una placa seca verticalmente en una posición deseada. El extremo inferior de la placa seca se colocará a una altura de 1 m hasta 1,2 m del nivel del suelo. La caseta de exposición no debe obstaculizar la circulación de aire a la superficie de la placa seca. La placa seca se monta en el bastidor de exposición y se fijará con firmeza a fin de no ser girado por el viento.

El lugar de la exposición deberá estar cerca del objeto de ensayo de exposición para exponer las probetas. La placa seca se debe exponer hacia el mar u otra fuente de iones cloruros.

E.3 Toma de muestras

El período de muestreo es de un mes y la exposición por lo general comienza en el primer día de cada mes.

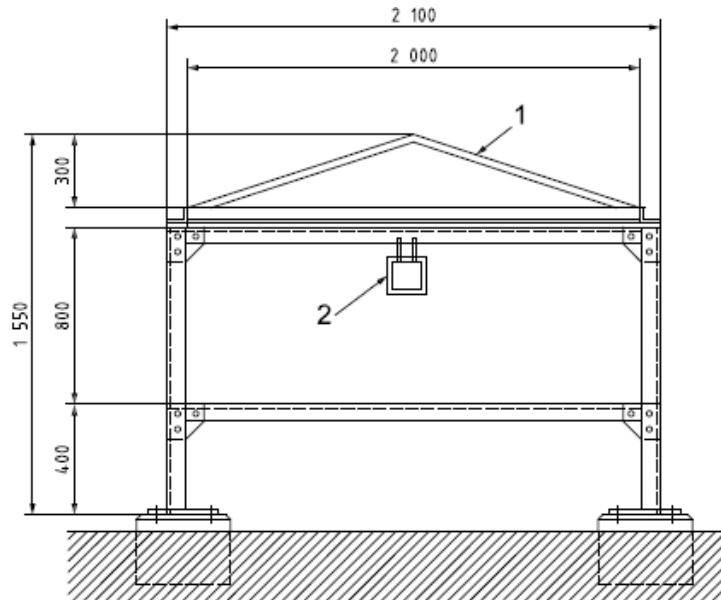
La gasa expuesta debe ser retirada del bastidor de exposición y se coloca en una bolsa de polietileno para el almacenamiento hasta su posterior análisis.



Leyenda

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 gasa | 5 marco exterior |
| 2 marco interior | 6 pinza de sujeción |
| 3 pinza de sujeción | 7 gasa |
| 4 marco exterior | 8 marco interior |

Figura E.1 – Ejemplo de marco recolección con placa de gasa seca



Leyenda

- | |
|--|
| 1 techo |
| 2 placa de gasa seca (montado en el centro de la estructura) |

Figura E.2 – Ejemplo de caseta de exposición para la placa de gasa seca

E.4 Análisis de cloruros

E.4.1 Preparación de la solución de ensayo

La gasa debe ser cortada en trozos pequeños y se colocan en un vaso de precipitados de 100 mL. Se añaden 50 mL de agua desionizada en el vaso de precipitados y se calientan durante 20 min en un baño de agua. Después se enfría y se filtra el contenido usando un papel de filtro. Se lava el papel de filtro con agua desionizada y se diluye el filtrado a 50 mL para preparar la solución de ensayo. A continuación, se realizan los mismos pasos para la gasa sin exponer.

E.4.2 Análisis

El análisis de la gasa expuesta y no expuesta (como una muestra en blanco) se lleva a cabo usando cualquier técnica analítica establecida.

E.4.3 Expresión de los resultados

Los resultados se expresan como la velocidad de deposición de cloruro (Cl^-), en miligramos por metro cuadrado por día [$\text{mg} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$], $S_{d,p}$, y se calculan utilizando la ecuación (E.1):

$$S_{d,p} = \frac{m_1 - m_0}{At} \quad (\text{E.1})$$

Donde:

m_1 es la masa total, en miligramos, de iones de cloruro en la solución de la muestra;

m_0 es la masa total, en miligramos, de iones cloruro en la solución preparada a partir de gasa no expuesta de igual área que la gasa de muestreo;

A es el área, en metros cuadrados, de la superficie expuesta de gasa ($0,02 \text{ m}^2$);

t es el tiempo de exposición, en días.

Para obtener valor de $S_{d,c}$, se aplicará el cálculo correspondiente que se muestra en el Anexo F.

Anexo F
(Normativo)

**Comparación de las velocidades de deposición de cloruros y dióxido de azufre
determinados por diferentes métodos**

Debido a la gran dispersión de las velocidades de deposición mensuales de los cloruros y dióxido de azufre debido a las características climáticas estacionales, los factores de conversión se derivan del análisis de los datos medios anuales para ambos contaminantes. El uso de los datos de la media anual disminuye la dependencia de la velocidad de deposición en la dirección del viento con respecto a la orientación de la muestra.

La relación entre las mediciones utilizando ambos métodos de velocidad de deposición de dióxido de azufre puede expresarse aproximadamente como:

$$P_{d,p} = 0,67 P_{d,c}$$

Los métodos se describen en los anexos A y B.

La relación entre las mediciones utilizando ambos métodos de velocidad de deposición de iones cloruros puede expresarse aproximadamente como:

$$S_{d,c} = 2,4 S_{d,p}$$

Los métodos se describen en los Anexos D y E.

Bibliografía

- [1] ISO 8565, Metales y aleaciones - Pruebas de corrosión atmosférica - Requisitos generales.
- [2] EN 13528-1, Calidad del aire ambiental - Muestreadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores - Requisitos y métodos de ensayo - Parte 1: Requisitos generales.
- [3] ABNT NBR 6211, Determinação de Cloretosna Atmosfera pelo Método da Vela Umida.
- [4] ASTM G140-02, Standard Test Method for determining atmospheric chloride deposition rate by wet candle method.
- [5] JIS Z 2382: 1998, Determinación de la contaminación para la evaluación de la corrosividad de atmósferas.
- [6] GOST 9.039-1974 Unified system of corrosion and ageing protection. Corrosive aggressiveness of atmosphere.