

norma española

UNE-EN 60654-4

Mayo 1999

TÍTULO

Condiciones de funcionamiento de los equipos de medida y control de los procesos industriales

Parte 4: Influencias de la corrosión y la erosión

Operating conditions for industrial-process measurement and control equipment. Part 4: Corrosive and erosive influences.

Conditions de fonctionnement pour les matériels de mesure et commande dans les processus industriels. Partie 4: Influences de la corrosion et de l'érosion.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 60654-4 de agosto 1997 que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 60654-4:1987.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 203 *Equipamiento Eléctrico y Sistemas Automáticos para la Industria* cuya Secretaría desempeña SERCOBE.

UNE autoriza el uso de esta norma a NC en el marco del convenio NC-UNE-AENOR

ICS 25.040.40

Descriptor: Industria, medida, control de proceso, condiciones generales, corrosión, erosión, modo de funcionamiento.

Versión en español

**Condiciones de funcionamiento de los equipos de
medida y control de los procesos industriales
Parte 4: Influencias de la corrosión y la erosión
(CEI 60654-4:1987)**

Operating conditions for industrial-
process measurement and control
equipment. Part 4: Corrosive and erosive
influences. (IEC 60654-4: 1987)

Conditions de fonctionnement pour les
matériels de mesure et commande dans
les processus industriels. Partie 4:
Influences de la corrosion et de l'érosion.
(CEI 60654-4:1987)

Einsatzbedingungen für Meß-, Steuer- und
Regeleinrichtungen in der industriellen
Prozeßtechnik. Teil 4: Korrosive und
erosive Einflüsse (IEC 60654-4:1987)

Esta norma europea ha sido aprobada por CENELEC el 1997-07-01. Los miembros de CENELEC están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CENELEC, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CENELEC en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquellas.

Los miembros de CENELEC son los comités electrotécnicos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza.

CENELEC
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN ELECTROTÉCNICA
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 35 B-1050 Bruxelles

ANTECEDENTES

El texto de la Norma Internacional CEI 60654-4:1987, preparado por el SC 65A, Cuestiones relativas a los sistemas, del CT 65 de CEI, Medida y Control de Procesos Industriales, fue sometido a voto formal y fue aprobado por CENELEC como EN 60654-4 en 1997-07-01 sin ninguna modificación.

Se han fijado las fechas siguiente:

- | | | |
|---|-------|------------|
| – Fecha límite en la que EN debe ser adoptada en el ámbito nacional por publicación de una norma nacional idéntica o por ratificación | (dop) | 1998-06-01 |
| – Fecha límite de retirada de las normas nacionales divergentes | (dow) | 1998-06-01 |

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional CEI 60654-4:1987 fue aprobado por CENELEC como norma europea sin ninguna modificación.

ÍNDICE

	Página
1 CAMPO DE APLICACIÓN.....	6
2 OBJETO.....	6
3 GENERALIDADES	6
4 SUSTANCIAS NO SÓLIDAS	7
4.1 Definiciones	7
5 GASES Y VAPORES	8
5.1 Efectos de la contaminación	8
5.2 Compuestos clorados inorgánicos	8
5.3 Explicación de los niveles de severidad de los contaminantes	9
6 AEROSOLES.....	10
7 LÍQUIDOS.....	10
8 SUSTANCIAS SÓLIDAS	10
8.1 Tipo de proceso industrial y emplazamiento dentro de dicho proceso	10
8.2 Naturaleza de las sustancias sólidas en el entorno que podría afectar a los instrumentos	10
8.3 En combinación con	11
8.4 Frecuencia de aparición	11
8.5 Tamaño.....	11
8.6 Concentración en mg/kg o g/kg de aire seco	11
8.7 Velocidad en m/s.....	11
8.8 Conductividad térmica.....	12
8.9 Conductividad eléctrica	12
8.10 Permeabilidad magnética	12
8.11 Ejemplo para demostrar el uso práctico del cuestionario.....	13
9 FLORA Y FAUNA	13
ANEXO A - CONTAMINANTES INDUSTRIALES	14
ANEXO B - MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DE LA REACTIVIDAD DE LOS AMBIENTES	15

Condiciones de funcionamiento de los equipos de medida y control de los procesos industriales

Parte 4: Influencias de la corrosión y de la erosión

1 CAMPO DE APLICACIÓN

La Parte 4 de la norma tiene en cuenta el ambiente industrial de corrosión y erosión al cual pueden estar expuestos los sistemas de medida y control de procesos industriales, o parte de los sistemas, situados en tierra o sobre plataformas en el mar, durante su funcionamiento, durante los períodos de su instalación mientras permanezcan inactivos, durante el almacenaje o durante el transporte. Quedan excluidas de esta parte de la norma las condiciones de mantenimiento y reparación.

Las influencias del ambiente que se tienen en cuenta en esta parte se limitan a aquellas que puedan afectar directamente a la aptitud a la función de los sistemas de medida y control de los procesos o partes de dichos sistemas. Los efectos de las condiciones ambientales específicas sobre el personal no entran dentro del campo de aplicación de esta norma. Para definir los ambientes locales en los cuales esté previsto que el equipo vaya a funcionar, vaya a ser transportado y almacenado se deberían utilizar los valores adecuados de los parámetros físicos o químicos así como las descripciones cualitativas del ambiente. Sólomente se tienen en cuenta las condiciones como tales; se excluyen específicamente los efectos resultantes de estas condiciones sobre la aptitud a la función de los instrumentos.

Muchas de las condiciones ambientales que se relacionan en esta parte son difíciles de clasificar por lo que se emplea una descripción cualitativa para caracterizar el ambiente.

2 OBJETO

El objeto de la Parte 4 de la norma es el de proporcionar a los usuarios y suministradores de los sistemas de medida y control de procesos industriales y de las partes de dichos sistemas una relación y clasificación uniforme de las condiciones corrosivas y erosivas del ambiente al que pueden estar expuestos los equipos en emplazamientos específicos durante su funcionamiento, almacenaje, manipulación y transporte. Las condiciones relativas al transporte se refieren a equipos en embalajes adecuados para evitar daños al material.

Las condiciones ambientales enumeradas tratan de servir como base para establecer especificaciones detalladas.

Uno de los objetivos de esta parte es reducir al mínimo los problemas que podrían resultar si no se tienen en cuenta las condiciones de funcionamiento específicas que afectan a la aptitud a la función de los sistemas y partes de los sistemas.

Otro objetivo adicional de esta parte es el de facilitar la elección de los valores límites específicos que hayan de utilizarse para el desarrollo de las especificaciones de evaluación para los equipos de medida y control de procesos industriales.

3 GENERALIDADES

Los equipos de medida y control de procesos industriales se utilizan en todo el mundo, y por lo tanto están expuestos a las condiciones ambientales características de fauna y flora tanto de los climas tropicales, templados y árticos, así como de los desiertos, selvas, montañas y del mar.

Superponiéndose a estas influencias ambientales básicas y además del nivel general de contaminación ambiental que prevalece en las zonas industrializadas donde se emplean con profusión los equipos y sistemas de control de procesos, hay que reconocer que en las zonas localizadas donde se utilizan los equipos de control de proceso existen generalmente unos niveles de contaminación superiores, ya que el mismo proceso que se está controlando introduce contaminantes en el ambiente. Estos niveles superiores de contaminación se pueden producir de forma permanente o pasajera. En muchos casos los efectos sobre los equipos de medida y control son proporcionales a la concentración, temperatura y tiempo de exposición, viéndose estos efectos a menudo incrementados por la humedad. Sin embargo resulta muy difícil describir un ambiente, especificando la concentración de contaminante en función del tiempo. Por ese motivo se ha utilizado como base para la clasificación cuantitativa de las sustancias químicamente activas el concepto de valor medio. Sin embargo se admite que pueden producirse daños especiales por altas concentraciones de corta duración (valores de cresta) de los contaminantes corrosivos, y por este motivo se han incluido en la clasificación los valores de cresta tal como se definen más adelante.

En el anexo A figura una relación de contaminantes industriales correspondientes a diversas plantas de proceso. Es una guía para destacar los contaminantes específicos introducidos por los procesos industriales.

La contaminación atmosférica a la cual se pueden ver expuestos los sistemas y partes de sistemas incluye gases, vapores, líquidos y sólidos. Los efectos de estos contaminantes pueden ser diversos, tales como los efectos corrosivos procedentes de contaminantes químicamente activos, los efectos erosivos debidos al chorro de arena y la obstrucción debida al polvo.

Los diferentes tipos de contaminantes también pueden estar presentes de forma combinada, con lo cual pueden producirse unas condiciones ambientales más severas, tal como un alto grado de humedad combinado con gas cloro; por este motivo se deberían especificar la temperatura ambiente y la humedad relativa.

Resulta prácticamente imposible clasificar todos los diversos ambientes, debido al número ilimitado de posibles combinaciones y el correspondiente gran número de efectos y niveles de severidad.

Se reconoce que los efectos de los gases, vapores y líquidos son principalmente de carácter corrosivo mientras que los contaminantes sólidos pueden ser causa de efectos nocivos de carácter erosivo, corrosivo, térmico o electromagnético.

Por ese motivo los capítulos 4, 5, 6 y 7 clasifican los efectos corrosivos de las sustancias no sólidas químicamente activas. Los capítulos 8 y 9 son relaciones de otros efectos del ambiente sobre la instrumentación, donde se relacionan sustancias sólidas activas y se mencionan brevemente los efectos de la flora y de la fauna.

4 SUSTANCIAS NO SÓLIDAS

Las sustancias no sólidas solamente son activas químicamente. Por lo tanto se clasifican conforme al valor medio y valor de cresta de su concentración.

4.1 Definiciones

Para entender esta parte se precisan las siguientes definiciones:

El valor medio de media hora se define como

$$\frac{1}{\frac{1}{2} h} \int_0^{\frac{1}{2} h} x dt$$

siendo x la concentración de contaminante medida o prevista.

El valor de cresta es el valor medio de media hora máximo medido o previsto, observado a lo largo de un año.

El valor medio es la media aritmética de un número estadísticamente suficiente de valores medios de media hora medidos o previstos.

NOTA – En aquellos casos en que sea legal se puede utilizar un valor medio de una hora.

5 GASES Y VAPORES

Las clases de la Tabla 1 tienen en cuenta que para poder clasificar debidamente un ambiente es preciso considerar tanto las concentraciones medias como los valores de cresta. Los valores de cresta se han integrado sobre la base de 1/2 hora. Los agentes químicos, (por ejemplo SO_2 ó HF) pueden presentar una gran variación en su poder de reacción a lo largo de 1/2 hora. Por lo tanto la relación entre el valor de cresta y el valor medio puede variar según cada contaminante. La clasificación del ambiente por categoría se debería determinar por la clase más alta, si los valores medio y de cresta no se encuentran en la misma categoría. En el anexo B aparece un método alternativo de clasificado basado en las tasas de reactividad del cobre.

5.1 Efectos de la contaminación

Cada lugar puede presentar niveles de combinación y de concentración diferentes de los contaminantes corrosivos gaseosos. La degradación de la aptitud a la función se puede producir de forma rápida o a lo largo de muchos años, según los niveles de concentración y combinaciones presentes en cada lugar. En los párrafos siguientes se describe cómo contribuyen los diversos contaminantes a la degradación de la aptitud a la función de los equipos.

5.2 Compuestos clorados inorgánicos (expresados como Cl_2 en la Tabla 1)

Este grupo contiene no sólo oxidantes intensos (cloro, dióxido de cloro), sino también compuestos tales como cloruro de hidrógeno, por lo que la reactividad dependerá de la composición específica del gas. En presencia de humedad, estos gases generan iones cloruro que reaccionan fácilmente con las aleaciones de cobre, estaño, plata y hierro. Estas reacciones son importantes incluso cuando los gases están presentes con baja concentración. Para concentraciones superiores, muchos elastómeros y algunos plásticos se oxidan por la exposición a los gases clorados. Hay que prestar especial atención a los equipos que estén expuestos a atmósferas que contengan contaminantes clorados. Al efectuar la clasificación se deben tener en cuenta las fuentes de iones cloruro tales como los productos de limpieza, los vapores de las torres de refrigeración, etc.

5.2.1 Sulfuros activos (expresados como H_2S en la Tabla 1). Este grupo incluye sulfuro de hidrógeno, azufre elemental y compuestos orgánicos del azufre tales como los mercaptanos. Cuando están presentes en baja concentración, atacan rápidamente las aleaciones de cobre, plata y hierro. La presencia de humedad así como pequeñas cantidades de compuestos inorgánicos de cloro aceleran notablemente la corrosión debida a los sulfuros. Hay que señalar sin embargo que el ataque se sigue produciendo en ambientes con una humedad relativamente baja. Los sulfuros activos figuran junto con los cloruros inorgánicos como la causa predominante de corrosión atmosférica en las industrias de proceso.

5.2.2 Óxidos de azufre (expresados como SO_2 en la Tabla 1). Las formas oxidadas de azufre (SO_2 , SO_3) resultan como productos de combustión de los combustibles fósiles que contengan azufre. Los óxidos de azufre en baja concentración pueden pasivar los metales reactivos y por lo tanto retardar la corrosión. Con concentraciones superiores atacan determinados tipos de metales, elastómeros y plásticos. Las reacciones con los metales normalmente se producen cuando estos gases se disuelven en agua para formar ácido sulfuroso y ácido sulfúrico.

5.2.3 Óxidos de nitrógeno (expresados como NO_x en la Tabla 1). Los compuestos NO_x (NO , NO_2 , N_2O_4) se forman como productos de combustión de los combustibles fósiles y juegan un papel crítico en la formación del ozono en la atmósfera. Se cree que también tienen un efecto catalítico sobre la corrosión de los metales no nobles causada por los cloruros y sulfuros. En presencia de humedad, estos gases forman ácido nítrico, que a su vez ataca la mayoría de los metales comunes.

5.2.4 Fluoruro de hidrógeno (expresado como HF en la Tabla 1). Este compuesto es un miembro de la familia de los halógenos y reacciona como los compuestos inorgánicos del cloro.

5.2.5 Amoníaco y derivados (expresado como NH_3 en la Tabla 1). Las formas reducidas del nitrógeno (amoníaco, aminas, iones amonio) aparecen principalmente en las plantas de fertilizantes, en aplicaciones agrícolas y en plantas químicas. El cobre y las aleaciones de cobre son especialmente susceptibles a la corrosión en ambientes de amoníaco.

5.2.6 Compuestos fotoquímicos (expresados como O₃ en la Tabla 1). La atmósfera contiene una gran variedad de compuestos reactivos inestables que se forman por la reacción de la luz del sol con la humedad y con otros componentes de la atmósfera. La vida de algunos se mide en fracciones de segundo, ya que intervienen en reacciones rápidas en cadena. Además del ozono, la lista de ejemplos podría incluir al radical hidroxilo así como los radicales de los hidrocarburos, hidrocarburos oxigenados, óxidos del nitrógeno, óxidos de azufre y agua. Debido a la naturaleza transitoria de la mayoría de estos compuestos, su principal efecto es sobre instalaciones y cerramientos al aire libre. En general los plásticos y elastómeros son más susceptibles a los efectos fotoquímicos que los metales.

NOTA – Los precipitadores electrostáticos de los sistemas de aire acondicionado de los edificios pueden generar ozono.

5.3 Explicación de los niveles de severidad de los contaminantes

En las industrias que emplean equipos de medida y control de procesos hay una amplia distribución de concentraciones y niveles de reactividad de los contaminantes. Algunos de los ambientes son severamente corrosivos y otros son levemente corrosivos.

5.3.1 Clase 1: Aire industrial limpio. Un ambiente suficientemente bien controlado para que la corrosión no suponga un factor determinante para la fiabilidad del equipo (para los ejemplos véase la Tabla 1).

5.3.2 Clase 2: Contaminación moderada. Un ambiente en el cual se pueden medir los efectos de la corrosión y pueden constituir un factor para determinar la fiabilidad del equipo (para los ejemplos véase la Tabla 1).

5.3.3 Clase 3: Contaminación intensa. Un ambiente en el que hay una gran probabilidad de que se produzca ataque corrosivo. Estos niveles graves deben ser motivo de evaluaciones más detalladas que conduzcan a controles del ambiente o den lugar a equipos especialmente diseñados y encapsulados (para los ejemplos véase la Tabla 1).

Tabla 1
Clasificación de los contaminantes químicamente activos (en cm³/m³) (PPM en unidades antiguas)

Contaminantes químicamente activos en el aire	Clase 1		Clase 2		Clase 3		Clase 4	
	Aire industrial limpio		Contaminación moderada		Contaminación intensa		Especial	
	Valor medio	Valor de cresta	Valor medio	Valor de cresta	Valor medio	Valor de cresta	Valor medio	Valor de cresta
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	< 0,003	< 0,01	< 0,05	< 0,5	< 10	< 50	≥ 10	≥ 50
Dióxido de azufre (SO ₂)	< 0,01	< 0,03	< 0,1	< 0,3	< 5	< 15	≥ 5	≥ 15
Cloro húmedo (Cl ₂), humedad relativa > 50%	< 0,0005	< 0,001	< 0,005	< 0,03	< 0,05	< 0,3	≥ 0,05	≥ 0,3
Cloro seco (Cl ₂), humedad relativa < 50%	< 0,002	< 0,01	< 0,02	< 0,10	< 0,2	< 1,0	≥ 0,2	≥ 1,0
Fluoruro de hidrógeno (HF)	< 0,001	< 0,005	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 1,0	≥ 0,1	≥ 1,0
Gas amoníaco (NH ₃)	< 1	< 5	< 10	< 50	< 50	< 250	≥ 50	≥ 250
Óxidos del nitrógeno (NO _x)	< 0,05	< 0,1	< 0,5	< 1,0	< 5,0	< 10	≥ 5	≥ 10
Ozono (O ₃) u otros oxidantes	< 0,002	< 0,005	< 0,025	< 0,05	< 0,1	< 1,0	≥ 0,1	≥ 1,0
Disolventes tricloroetileno	–	–	< 5	–	< 20	–	≥ 20	–
Especial (otros contaminantes no especificados)	–	–	–	–	–	–	–	–

NOTA – Los vapores de disolventes pueden precipitar formando charcos que pueden llegar a ser corrosivos, especialmente para las partes eléctricas de los instrumentos.

6 AEROSOLES

Los aerosoles son líquidos que están en suspensión en un gas o en el aire en forma de pequeñas gotitas que forman niebla. Dos de los ejemplos corrientes de aerosoles se clasifican como "nieblas de aceite" y "nieblas salinas".

En cuanto a los aceites, se aplican las mismas consideraciones de clasificación que se han descrito en el capítulo 5.

Tabla 2

	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Aceites ($\mu\text{g}/\text{kg}$ - aire seco)	< 5	< 50	< 500	> 500

Ejemplos: Clase 2: talleres mecánicos.
Clase 3: salas de máquinas, salas de compresores.

NOTA – La presencia de aceites puede dar lugar por ejemplo a que se peguen los contactos electromecánicos y en determinados casos pueden provocar corrosión.

Niebla salina

En este caso la clase 1 se puede describir como un lugar cercano a la costa marítima situado a más de 0,5 km del mar.

Clase 2: en la misma costa del mar (a menos de 0,5 km de distancia)

Clase 3: instalaciones sobre plataformas en el mar

7 LÍQUIDOS

Éstos no se clasifican, pero el usuario debe comunicar su presencia a los fabricantes de los equipos.

8 SUSTANCIAS SÓLIDAS

A diferencia de los capítulos 4 al 7 (sustancias no sólidas), ha resultado imposible clasificar de forma eficaz el ambiente con relación a las sustancias sólidas de manera que se puede describir únicamente el ambiente o la zona.

Con el fin de facilitar la descripción prolija que se necesita para especificar los importantes factores que influyen en los equipos de medida y control de procesos industriales a causa del ambiente se ha preparado una breve lista de preguntas que es preciso responder.

Los apartados 8.1 al 8.10 son una relación de estas preguntas que deben responderse según proceda.

8.1 Tipo de proceso industrial y emplazamiento dentro de dicho proceso

8.2 Naturaleza de las sustancias sólidas en el entorno que podría afectar a los instrumentos

Por ejemplo:

- arena,
- mineral de hierro,
- polvo de cemento,
- polvo de carbón,
- fibras textiles,
- harina,
- amianto,

8.3 En combinación con algunas sustancias sólidas, por ejemplo sólidos higroscópicos tales como NaOH ó KOH que pueden llegar a ser químicamente agresivos cuando se combinen con la humedad. Por lo tanto es importante que la descripción de las condiciones del ambiente mencionen las combinaciones corrientes.

¿Está combinada la sustancia sólida con...?

Por ejemplo:

- aire,
- agua (humedad),
- aceite,
- otros, a especificar.

8.4 Frecuencia de aparición

Debe darse una indicación relativa a la frecuencia de aparición

Por ejemplo:

- continua,
- ocasional,
- inusual,
- a especificar.

8.5 Tamaño

Se han especificado cuatro ejemplos de tamaño medio de partícula:

- $< 3 \mu\text{m}$,
- entre $3 \mu\text{m}$ y $30 \mu\text{m}$,
- entre $30 \mu\text{m}$ y $0,3 \text{ mm}$,
- $> 0,3 \text{ mm}$.

8.6 Concentración en mg/kg o g/kg de aire seco

Esto se aplica únicamente a las partículas sólidas en suspensión en el aire.

Por ejemplo:

- $< 0,1 \text{ mg/kg}$,
- entre $0,1 \text{ mg/kg}$ y 10 mg/kg ,
- entre $0,01 \text{ g/kg}$ y 1 g/kg ,
- $> 1 \text{ g/kg}$.

8.7 Velocidad en m/s

Las velocidades bajas de las partículas pueden llegar a provocar la introducción de sustancias sólidas dentro de orificios y lugares donde normalmente no se acumularían, provocando de esta manera obstrucciones y blocajes.

Las velocidades elevadas de las partículas pueden causar erosión importante, por ejemplo en la arena arrastrada por el viento cerca de plantas de proceso situadas en el desierto.

Por ejemplo:

- $< 1 \text{ m/s}$,
- entre 1 m/s y 10 m/s ,
- entre 10 m/s y 30 m/s ,
- $> 30 \text{ m/s}$, a especificar.

8.8 Conductividad térmica

Las propiedades aislantes térmicas de algunas sustancias sólidas pueden dar lugar a un sobrecalentamiento importante de los sistemas de refrigeración, que llegan a quedar aislados debido a estas sustancias; por ejemplo las aletas de refrigeración de un equipo electrónico de potencia puede quedar notablemente aislado por fibras textiles.

Es la sustancia sólida (?)

- un mal aislante térmico: $\lambda > 0,1$
- un buen aislante térmico: $\lambda < 0,1$

siendo λ la conductividad térmica en vatios por metro kelvin.

8.9 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de las sustancias sólidas se puede dividir de forma aproximada en tres grupos: buenos conductores, semi-conductores y sustancias altamente aislantes.

Los buenos conductores eléctricos, tales como polvos metálicos o de carbón, pueden dar lugar a cortocircuitos, por ejemplo si se depositan entre terminales.

Las sustancias altamente aislantes pueden acumular cargas estáticas que pueden llegar a perturbar el funcionamiento de los ordenadores y circuitos integrados si no se tiene en cuenta este fenómeno a la hora de diseñar estos dispositivos. También se considera como posible riesgo en atmósferas explosivas.

Es la sustancia sólida (?)

- un aislante eléctrico: $\sigma < 0,1$
- un semi-conductor eléctrico: $0,1 > \sigma > 10^5$
- un conductor eléctrico: $\sigma > 10^5$

siendo σ la conductividad eléctrica medida en siemens por metro.

8.10 Permeabilidad magnética

En los campos magnéticos se pueden acumular sustancias magnéticamente permeables; por ejemplo, las sustancias magnéticas que se acumulen en el entrehierro de los imanes permanentes pueden llegar a limitar gravemente o incluso impedir el movimiento de las bobinas de reacción o de un galvanómetro. También los motores eléctricos pueden sufrir graves daños por el material magnético que se acumule entre el rotor y el estator.

Es la sustancia sódica (?)

- no permeable magnéticamente: $k < 0,1$
- magnéticamente permeable: $k \geq 0,1$

siendo

k el factor de magnetización igual a $(\mu/\mu_0)^{-1}$.

μ = permeabilidad del material.

μ_0 = permeabilidad del espacio libre

8.11 Ejemplo para demostrar el uso práctico del cuestionario

El proceso que se considera es la sala de calderas de una planta de pasta de papel con un horno de ciclón que quema carbón, una caldera de recuperación del líquido residual de obtención de la pasta de madera y una caldera combinada para fueloil y corteza de árbol.

La atmósfera contiene polvo de carbón, fibras de madera y partículas de cal.

A menudo las partículas están combinadas con una humedad relativa importante y ocasionalmente están combinadas con reactivos clorados, H_2S y SO_2 .

El tamaño de las partículas está entre $30 \mu m$ y $1 mm$.

La concentración de partículas es de 2 mg/kg de aire seco. La velocidad es superior a 1 m/s.

La fibra de madera es aislante térmico y el polvo de carbón es conductor eléctrico.

Una descripción de este tipo servirá para alertar al vendedor sobre cualquier precaución especial que se precise para las instalaciones que se vayan a hacer en ese lugar.

9 FLORA Y FAUNA

La flora y la fauna son componentes importantes del ambiente en el cual se espera que vayan a funcionar debidamente los equipos de medida y control de los procesos industriales. Es difícil clasificar o caracterizar estas influencias y por lo tanto se dan algunos ejemplos sobre la clase de daños o perturbaciones que pueden causar la flora y la fauna.

Generalmente las influencias más agresivas se encuentran en puertos de clima tropical. Por ejemplo la flora en un clima tropical es especialmente agresiva en forma de hongos. Un vidrio óptico de buena calidad puede quedar gravemente dañado en pocas semanas en Sumatra o en otras islas tropicales cubiertas de selva, por lo que es necesario proteger los equipos de análisis que lleven elementos ópticos. La absorción de humedad de los hongos puede atacar los equipos electrónicos. Ahora bien, hay otros climas que pueden tener problemas similares.

Los insectos pueden provocar una parada imprevista de equipos neumáticos al obstruir todos los huecos de un purgador mediante un cemento semejante a la arcilla que utilizan para formar sus nidos.

El material aislante se ve expuesto a menudo a daños debidos a cucarachas y roedores etc. que simplemente pelan los hilos royendo el aislante.

Las conclusiones sobre el tema "Flora y fauna" deberían ser que cada situación es demasiado específica para generalizarla y por lo tanto los usuarios deberán indicar concretamente cualquier requisito fuera de lo usual relacionado con la zona ambiental.

ANEXO A
CONTAMINANTES INDUSTRIALES

<i>Planta de proceso</i>	<i>Contaminantes predominantes:</i>
Acería integral	Partículas, humo, monóxido de carbono, fluoruros
Fundición de metales no féreos	Óxidos de azufre, partículas, diversos metales
Refinería de petróleo	Compuestos de azufre, hidrocarburos, humo, partículas
Plantas de cemento Portland	Partículas, compuestos de azufre
Plantas de ácido sulfúrico	Dióxido de azufre, trióxido de azufre, niebla de ácido sulfúrico
Fundiciones de acero y hierro gris	Partículas, humo
Plantas de ferroaleaciones	Partículas, amoníaco
Fábricas de pasta de papel	Compuestos de azufre, partículas
Plantas de ácido clorhídrico	Niebla y gas de ácido clorhídrico
Plantas de ácido nítrico	Óxidos de nitrógeno
Almacenaje de gasolina	Hidrocarburos
Plantas de jabón y detergentes	Partículas
Plantas de lejía y cloro	Cloro
Plantas de carburo cálcico	Partículas, acetileno
Plantas de fertilizante fosfatados	Cloruros, partículas, amoníaco
Hornos de cal	Partículas
Plantas de tratamiento de mineral de aluminio	Fluoruros, partículas
Plantas de ácido fosfórico	Niebla ácida, fluoruros
Lavaderos de carbón	Partículas

ANEXO B MÉTODOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA REACTIVIDAD DE LOS AMBIENTES

B.1 Generalidades

Un método alternativo, que se puede llamar supervisión de la reactividad, proporciona una medida cuantitativa del potencial total de corrosión de un ambiente, así como la influencia de la duración del tiempo en que el equipo esté expuesto a los efectos de este ambiente (véase el apartado B.2.2).

El análisis de la contaminación puede proporcionar estimaciones a corto plazo para lugares determinados. Si se observan valores elevados, se confirmará que existe un ambiente severo. En cambio lo contrario no es necesariamente cierto. Los entornos industriales pueden contener una mezcla compleja de contaminantes cuya interacción acelere (o retarde) notablemente la acción corrosiva de las distintas especies de gas.

Para evitar estas dificultades prácticas se define la naturaleza de los ambientes industriales expresándola como la velocidad a la que reaccionan con el cobre. Como medida directa del potencial total de corrosión, la supervisión de la reactividad supone la colocación de unas muestras de cobre especialmente preparadas en el ambiente en cuestión. El análisis puede consistir en medir el espesor de película, la composición química de la película o la pérdida de peso. La sensibilidad de las técnicas descritas a continuación está dentro de la gama necesaria para obtener unos datos de aplicación significativos.

Los tres niveles de severidad que se establecen en la Tabla 1 se pueden establecer también basándose en las velocidades de reacción con el cobre que se indican a continuación:

Tabla B.1
Clasificación de la reactividad de los entornos basada en la formación de una película sobre el cobre.

	Clase 1	Clase 2	Clase 3
	Aire industrial limpio	Contaminación moderada	Contaminación intensa
Formación de película (nm)	< 30	< 150	> 150
Indicación visual aproximada	Sin cambio	Discoloración superficial marrón	Discoloración superficial negra o negra azulada

B.2 Muestras para determinar la reactividad sobre el cobre

B.2.1 Preparación de las muestras

Las muestras de cobre (con una superficie nominal de 15 cm²) deberían prepararse a partir de láminas de cobre de 0,025, de pureza 99,99, exento de oxígeno y de alta conductividad; dureza de 1/2 a 3/4.

La preparación se hace en la forma siguiente:

- 1) Abrasión con papel metalográfico 240 x, utilizando un lubricante a la cera.
- 2) Abrasión con papel metalográfico 400 x, como en la operación 1).
- 3) Abrasión con papel metalográfico 600 x, como en la operación 1).
- 4) Se frota con algodón empapado en acetona caliente, calidad de reactivo.

5) Se sumerge en alcohol isopropílico caliente, calidad de reactivo.

6) Se guarda en recipientes de vidrio purgados con nitrógeno seco.

Las operaciones 3) a 5) deben efectuarse lo más cerca posible al momento de colocación.

B.2.2 Exposición de las muestras. Tres muestras de cobre se deben colocar verticalmente en el lugar que se quiere supervisar. Deben tomarse precauciones especiales para evitar que se contamine la superficie, por ejemplo con huellas dactilares. La instalación debería efectuarse en una zona donde circule el aire a las velocidades características del lugar.

La corrosión se define por el espesor de la película de corrosión que se forma al cabo de un mes de exposición. Hay que tener en cuenta que la formación de la película será bastante lenta en zonas de baja corrosión, pero será rápida en zonas de intensa corrosión. Para facilitar la medida del espesor de película en estas condiciones extremas se pueden ampliar los tiempos de ensayo hasta tres meses en lugares de baja corrosión, o se pueden reducir a dos semanas en entornos de intensa corrosión. La corrosión del cobre no es lineal, por lo que este tipo de modificaciones deben hacerse con gran cuidado. La experiencia ha demostrado que las mediciones hechas durante un tiempo de ensayo más largo o más corto se pueden reducir al valor normalizado de un mes, utilizando la siguiente relación:

$$x_1 = x \left(\frac{t_1}{t} \right)^A$$

siendo

x_1 el espesor de película equivalente después de un mes

x el espesor de película medido al cabo del tiempo de ensayo real

t_1 = 30 días

t tiempo de ensayo real, en días

A es igual a 0,3 para la Clase 1, 0,5 para la Clase 2 y 1 para la Clase 3.

B.2.3 Análisis de las muestras. El espesor de la película se debería determinar mediante reducción catódica utilizando el método de W.E. Campbell y D.B. Thomas, Monografía 13, 1170 (1939) de la "Bell Telephone System".

A continuación se describe brevemente este método.

La técnica consiste en colocar una muestra recubierta de película dentro de un electrolito adecuado y hacer pasar una corriente constante entre la muestra (cátodo) y un ánodo de platino, observando el potencial que hay entre la muestra y un electrodo de referencia durante la reducción.

Se utiliza un electrolito acuoso (0,1 N KCl) con un ánodo de platino puro.

Esta técnica exige eliminar el oxígeno de la solución antes de proceder a la reducción de la película.

Debe tenerse en cuenta que esta técnica resulta útil para las películas que corrientemente aparecen sobre la plata, cobre, aleaciones de metales preciosos, estaño y otros metales que se pueden reducir.

En cambio con este método no se pueden reducir las películas sobre níquel, zinc y aluminio.

Para el cálculo del espesor de película se aplica la ley de Faraday.

El *tiempo/coulombio* necesario para reducir una película determina la cantidad total de dicha película. Este valor se puede convertir a espesor de película equivalente utilizando las siguientes hipótesis:

- 1) La película es uniforme.
- 2) Las propiedades medias de la película (peso molecular, densidad) son similares a los valores conocidos de los materiales constituyentes.

En estas condiciones se aplica la siguiente relación:

$$T = \left(\frac{itM}{A\rho nF} \right) \times 10^5 = \frac{itC_1}{A}$$

siendo

- T el espesor de la película expresado en Ångstroms (10^{-7} mm)
- i la corriente en miliamperios
- t el tiempo de reducción de un compuesto elegido, en segundos
- M el peso molecular
- A el área de la superficie en centímetros cuadrados
- ρ la densidad, en gramos por centímetro cúbico
- n el equivalente por gramos/átomo de película, por ejemplo: para Ag_2S , $n = 2$
- F la constante de Faraday, $9,648 \times 10^4$ C/mol
- C_1 una constante

Algunos valores normales para la constante C_1 son: AgCl (27,3), Ag_2O (16,8), Ag_2S (17,6), Cu_2O (12,3), CuO (6,43), Cu_2S (14,3), SnO_2 (5,62).

La célula de reducción debe ser un recipiente de vidrio sellado que permita introducir los elementos siguientes:

- 1) Cuatro ánodos de hilo de platino, separados a 90° .
- 2) Un orificio central para la muestra (cátodo) colgada de un hilo de plata.
- 3) Un electrodo de referencia (Ag/AgCl).
- 4) Un orificio para introducir en la célula electrolito fresco y N_2 puro.

La célula se sella para excluir aire del electrolito (0,1 N KCl), y durante el funcionamiento se mantiene sometido a una ligera presión positiva gracias al flujo de nitrógeno.

El electrolito se prepara inicialmente hirviendo la solución durante 30 a 45 minutos en su recipiente de almacenaje (capacidad de 1 a 2 litros), haciendo barbotar nitrógeno a través de la solución. Se enfría a temperatura ambiente antes del uso y se mantiene siempre bajo nitrógeno en circulación.

Si no se elimina el oxígeno de la solución procediendo de esta manera se producirán errores analíticos a causa de la reducción catódica del oxígeno.

Tal como se mencionó antes, los ánodos son simplemente cuatro trozos de hilo de platino conectados en paralelo. Sus extremos introducidos en la solución están situados a 10 mm de la muestra.

El electrodo de referencia es de forma similar a un trozo de hilo de plata con un revestimiento de cloruro de plata. Se puede formar anodizando el hilo de plata en HCl 0,1 N durante 60 minutos a 2 mA/cm^2 . Los electrodos preparados de este modo han dado un resultado excelente y una estabilidad adecuada después de cientos de reducciones.

UNE autoriza el uso de esta norma a NC en el marco del convenio NC-UNE-AENOR

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32