



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

MASTER UNIVERSITARIO EN  
GESTION DE LA PRL, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

# EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS EN FÁBRICA DE HORMIGONES:

Autor:

Tejedor Sampedro, Ignacio

Tutor Académico:

García Cubero, María Teresa  
Departamento de Ingeniería  
Química y Tecnología del Medio  
Ambiente

Valladolid, a diciembre de 2020



Según datos de la Comisión Europea (COM), (estudio realizado por IOM: "*Salud, aspectos socio-económicos y ambientales de posibles modificaciones a la Directiva de la UE sobre protección de la exposición en el trabajo a debidos a productos químicos carcinógenos y peligrosos*") se estima que en la UE hay aproximadamente 5.300.000 empleados potencialmente expuestos a sílice cristalina respirable (SCR). De los cuales, 4.112.824 (78%) de estos trabajadores se encontraban en el Sector de la Construcción.

La sílice, o dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), es un mineral que se produce naturalmente en forma cristalina y no cristalina. La forma cristalina más abundante es el cuarzo alfa, y se encuentra en la arena, la arenisca, la pizarra y el granito. Cuando se perforan, trituran, pulverizan, cortan, tallan, rompen, cortan con sierra o pulen materiales que contienen sílice cristalina, se puede crear una gran cantidad de polvo respirable. Estas partículas de polvo, son demasiado pequeñas para ver, pero pueden penetrar las partes más profundas del pulmón humano cuando se inhalan.

La inhalación crónica de este polvo de sílice cristalina respirable, puede causar enfermedades pulmonares graves, como la silicosis y el cáncer de pulmón, reconocidas en el Anexo I del Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre por el que se aprueba el cuadro de Enfermedades Profesionales.



## Resumen

La industria de la construcción es un sector de actividad industrial que en nuestro país ha sido clave para el desarrollo económico. Muchos sectores productivos, se relacionan en mayor o menor grado con la construcción como proveedores directos, siendo el caso de los productores de hormigones, cementos y aditivos químicos para estos.

Materias primas utilizadas en la construcción como la arena, la arenisca, la pizarra y el granito, cuando se trituran, pulverizan, cortan, tallan, o rompen pueden crear una gran cantidad de polvo respirable, modificando las condiciones ambientales del trabajo y pudiendo deteriorar la salud del trabajador.

A nivel técnico, se entiende por enfermedad profesional del deterioro lento de la salud del trabajador, producido por una exposición continuada a lo largo del tiempo a determinados contaminantes presentes en el ambiente de trabajo.

En este proyecto se estudia la situación higiénica de cada puesto de trabajo, detectando los contaminantes que puedan estar presentes, midiendo sus concentraciones comparando con los límites establecidos y determinando el grado de riesgo que presentan.

Es necesario conocer y evaluar los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos para garantizar un buen estado de seguridad y salud de los trabajadores. De este modo, en función de las condiciones de trabajo y de los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos, se aplicarán las medidas de prevención o protección necesarias, para eliminar o, al menos, tener controlado el riesgo dentro de unos márgenes aceptables.

## Palabras Clave:

Exposición, Polvo, Silicosis, Muestreo, Evaluación y Prevención.



## INDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	5
2.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	7
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	7
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3.	EFFECTOS DEL POLVO SILICE. SILICOSIS.....	9
4.	MEDIOS UTILIZADOS.....	12
4.1-	MEDIOS TÉCNICOS.....	12
4.2-	MEDIOS HUMANOS.....	13
5.	METODOLOGIA DE LA MEDICION.....	14
5.1.	ESTRATEGIA DE MUESTREO.....	14
5.2.	METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRA Y ANALISIS.....	18
5.3.	OPERACIONES PREVIAS. PREPARACION DE EQUIPOS.....	19
5.4.	TRABAJO DE CAMPO .....	19
5.5.	PROCEDIMIENTO ANALITICO .....	20
5.6.	REALIZACION DE LA MEDICIÓN.....	21
5.7	EVALUACION DE LOS RESULTADOS.....	24
5.8	RESULTADOS .....	27
6.	INTERPRETACION DE RESULTADOS .....	28
6.1	MEDIDAS DE ACCIÓN Y CONTROL.....	29
7.	MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL CONTRA EL RIESGO DE SÍLICE.....	35
8.	CONCLUSIONES.....	39
9.	NORMATIVA VIGENTE Y DOCUMENTACION APLICABLE.....	40
10.	ANEXOS.....	44

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto, se plantea el procedimiento de evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos durante el trabajo, en una empresa especializada en productos químicos para el sector de construcción, que ofrece sistemas y soluciones específicas en los campos de la reparación y protección del hormigón, el sellado de juntas, la impermeabilización estructural y el pegado rígido y elástico de distintos elementos en la construcción.



Figura 1. Vista de la fábrica

La sílice, o dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), es un mineral que se produce naturalmente en forma cristalina y no cristalina. La forma cristalina más abundante es el cuarzo alfa.

En la fabricación de los diferentes productos del catálogo de esta empresa, se perforan, trituran, pulverizan, cortan, tallan, rompen, cortan con sierra o pulen materiales como arena, la arenisca, la pizarra y el granito, que contienen sílice cristalina, creando gran cantidad de polvo respirable. Estas partículas de polvo, son demasiado pequeñas para ver, pero pueden penetrar las partes más profundas del pulmón humano cuando se inhalan.

Conforme establece el Real Decreto 374/2001, entendemos por riesgo químico a *“la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado de la exposición a los agentes químicos, por contacto, normalmente por inhalación o por vía inhalatoria o por vía dérmica”*.



Para poder calificar un riesgo químico desde el punto de vista de su gravedad, se debe valorar conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad que presente, y depende, no solo de la naturaleza del agente químico en cuestión, sino también de las condiciones individuales del trabajador expuesto, de las características de la exposición, determinada por factores propios del puesto de trabajo, y de las condiciones ambientales.

La evaluación de riesgos (ER en adelante), es la herramienta fundamental para detectar aquellos riesgos a los que se encuentran sometidos los trabajadores y la intensidad de estos. Debemos comprobar, por tanto, que el riesgo queda reflejado en la evaluación y con qué grado de severidad, asegurándonos que todos los puestos de trabajo afectados por la exposición a Sílice cristalina están contemplados en la evaluación de riesgos.

Tanto o más importante que la ER, es comprobar que se han adoptado las medidas preventivas necesarias frente a los riesgos relacionados con la sílice cristalina en todos los procesos y operaciones. En caso de detectarse deficiencias, se deben fijar plazos muy breves para su subsanación (planificación preventiva) y si estas deficiencias son graves, deberemos paralizar las actividades hasta el cumplimiento de todas las medidas preventivas.

Este proyecto tiene por objeto describir las actividades realizadas y los resultados obtenidos en las mediciones higiénicas realizadas de exposición a polvo total: Fracción respirable e inhalable y sílice libre cristalina.

Las mediciones obtenidas se utilizarán para determinar si es o no admisible la situación de riesgo de exposición a contaminantes químicos en los puestos de trabajo ocupados por los trabajadores de la empresa, y en el caso de existir riesgo, proponer las medidas correctoras o paliadoras para reducirlo al máximo.



## 2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El polvo respirable de la sílice cristalina generado en un proceso de trabajo no está sometido a clasificación con arreglo al Reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas peligrosas (CLP)

Al haber sido considerado como agente cancerígeno en el Anexo I del Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre por el que se aprueba el cuadro de Enfermedades Profesionales, es de aplicación el RD 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, para todas aquellas empresas que en su evaluación de riesgos aparezca identificada la exposición a la Sílice Cristalina Respirable.

El Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados o que puedan derivarse de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo o de cualquier actividad con agentes químicos.

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el riesgo higiénico químico por polvo de sílice (concretamente la concentración de sílice libre contenida en la fracción respirable de polvo) así como el polvo total: fracción respirable e inhalable, en los siguientes puestos de trabajo:

- Preparado de Aditivos Morteros 3.

En esta área se realiza el mezclado de todos los productos químicos para la fabricación del aditivo, entre los que destacan óxido de calcio, cuarzo, óxido de aluminio, sulfato de calcio y cemento, los cuales ayudan a los morteros a mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, tales como dureza, impermeabilidad, fisuración, adherencia, plasticidad y fluidez. El operario pesa en la báscula los sacos con los diferentes compuestos que conforman el aditivo y los añade en la tolva del mezclado. Los sacos vacíos son recogidos y compactados en bidones destinados a tal efecto.

- Envasado de Morteros

En las instalaciones de mezcla y envasado, se dosifican de manera totalmente automática, los componentes, árido de mármol, cemento y aditivos pertinentes, para



obtener diferentes morteros y hormigones en seco; se ensacan, paletizan y se embalan adecuadamente para garantizar el mantenimiento de sus propiedades.

- Laboratorio de Calidad de Morteros

Es el lugar, donde el trabajador realiza los controles de calidad. Su misión es extraer muestras de mortero producido en la fábrica, para someterlas a ensayos y a un proceso de cribado, con el objetivo de determinar si se cumplen o no los parámetros de calidad.

- Laboratorio de Aditivos de Hormigones

En este laboratorio se realizan los controles de calidad de aditivos con el objetivo de determinar si se cumplen o no los parámetros de calidad.

- Línea de Envasado de Resinas 1-2

Los sacos de materia prima se añaden por el operario a las tolvas de mezclado. El producto mezclado llega a la línea de envasado donde se llenan los bidones de 5 y 20 litros. La resina protectora de hormigón impreso, le aporta gran dureza, resistencia y elasticidad.

## 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer los Reales Decretos, instrucciones y Normas UNE que se deben aplicar en la medición higiénica de sílice.
- Conocer las consecuencias del polvo de sílice en la salud humana.
- Identificar los equipos necesarios para poder realizar las mediciones higiénicas de la materia particulada, fracción respirable, Sílice Libre Cristalina (Cuarzo) y materia particulada inhalable
- Comprender los procedimientos a seguir para la medición higiénica de sílice y analizar los resultados obtenidos.
- Examinar los resultados obtenidos en la medición higiénica de sílice.
- Proponer si fuese necesario las medidas preventivas y/o correctoras, para con ellas reducir al mínimo o eliminar los riesgos para la salud y seguridad del trabajador en su puesto de trabajo. Entre otras:
  - Los EPIS a utilizar por los trabajadores
  - Zonas a señalar
  - Plazos para la realización de nuevas mediciones

### 3. EFECTOS DEL POLVO SILICE. SILICOSIS

En este apartado se recogen los principales efectos que ocasiona el polvo de sílice en la salud de los trabajadores, conforme se establece en el documento “Protocolo de Vigilancia Sanitaria Específica para la Silicosis”, editado por el Ministerio de Sanidad.

Definiciones a tener en cuenta:

✓ Sílice cristalina

La sílice cristalina inhalada es el agente causal de la silicosis, existiendo una relación indiscutible entre exposición acumulada y riesgo de enfermedad.

✓ Fracción de polvo respirable

Se denomina de este modo a la fracción del aerosol que, por el tamaño de sus partículas, es capaz de alcanzar las unidades alveolares. Según Norma Europea UNE-EN-481:1995, «Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles», se trataría del 30% de las partículas de 5 micras y el 100% de las de 1 micra. Las partículas mayores de 10 micras quedan depositadas en las vías aéreas superiores por comportamiento de choque.

✓ Fracción de sílice cristalina respirable

Es la proporción de sílice que se encuentra en el polvo respirable. Su cantidad es variable en función de los diferentes materiales naturales y artificiales.

La dosis acumulada de sílice es el mayor factor de riesgo de desarrollo de la enfermedad. Se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis acumulada de sílice} = \text{concentración de polvo respirable en mg/m}^3 \\ \times \text{porcentaje de sílice libre} \times n^{\circ} \text{ de años de exposición.}$$

Además de la intensidad de la exposición, influyen en la probabilidad de enfermar las características propias del trabajo desempeñado, las elevadas concentraciones de sílice seca y recién fracturada en el polvo, que lo hacen más nocivo, y la presencia de otros minerales de diferente capacidad fibrogénica.

El Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre por el que se aprueba el cuadro de Enfermedades Profesionales y se establecen los criterios para su notificación y registros, ya que obliga a los facultativos de los servicios de prevención a comunicar las sospechas de enfermedad profesional que se produzcan entre los trabajadores a los que atienden, establece que la silicosis es una enfermedad profesional registrada en el grupo 4, agente A.



La sílice, o dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), es un mineral que se produce naturalmente en forma cristalina y no cristalina. La forma cristalina más abundante es el cuarzo alfa, y se encuentra en la arena, la arenisca, la pizarra y el granito. Cuando se perforan, trituran, pulverizan, cortan, tallan, rompen, cortan con sierra o pulen materiales que contienen sílice cristalina, se puede crear una gran cantidad de polvo respirable. Dichas partículas de polvo, son demasiado pequeñas para ver, pero pueden penetrar las partes más profundas del pulmón humano cuando se inhalan.

Cuando el polvo de sílice entra en los pulmones, se adhiere al pulmón y mediante un estímulo irritativo hace que el parénquima o tejido pulmonar se endurezca (se crea tejido cicatricial), reduciendo la capacidad pulmonar e impidiendo la difusión del oxígeno. A estos efectos producidos por el polvo de sílice entra en pulmones se les conoce con el nombre de “Neumoconióticos”. Como consecuencia de dichos efectos se puede desarrollar silicosis, enfermedad respiratoria que puede dar lugar a la incapacidad del trabajador e incluso la muerte en los casos más severos.

- Hay tres tipos de silicosis:
  - Crónica: Exposiciones del trabajador bajas o moderadas, durante 15 – 20 años
  - Acelerada: Exposiciones del trabajador elevadas, durante 5 – 10 años
  - Aguda: Exposición permanente del trabajador, desde pocos meses a 2 años
  
- El diagnóstico de la silicosis, se fundamenta en los siguientes criterios:
  - Historia laboral de exposición a inhalación de sílice con plausibilidad biológica.
  - Hallazgos radiológicos consistentes con silicosis
  - Exclusión de otras causas alternativas.
  
- La prevención de la silicosis podemos dividirla en tres fases:
  - Prevención primaria

Consiste en mantener los niveles de polvo respirable dentro de los límites que marca la legislación. No obstante, toda reducción en la exposición disminuirá el riesgo de enfermedad.



- Prevención secundaria

Se trata de identificar la enfermedad en fase precoz y establecer una especial vigilancia sobre los trabajadores afectados. Una vez efectuado un diagnóstico de silicosis es necesario evitar la exposición a inhalación de sílice para frenar la progresión de la enfermedad.

- Prevención terciaria

Pretende evitar la progresión de la enfermedad ya establecida y el diagnóstico y tratamiento de sus complicaciones. El riesgo de desarrollar tuberculosis en trabajadores con exposición a sílice, aun sin silicosis, es mayor que en la población general, y entre los pacientes con silicosis aumenta de manera proporcional a la gravedad de la enfermedad. Además, la aparición de tuberculosis incrementa el riesgo de progresión de la silicosis.

La exposición a sílice aumenta el riesgo de cáncer de pulmón.

Para finalizar, la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales y su normativa de desarrollo establecen que el empresario deberá realizar una evaluación inicial de los riesgos, teniendo en cuenta la presencia de sustancias, preparados y agentes químicos peligrosos presentes en los puestos de trabajo.

Esta evaluación será actualizada cuando cambien las condiciones de trabajo, o cuando existan daños en la salud de los trabajadores y se realizará en base a lo establecido en la normativa específica vigente que sea de aplicación a todos aquellos trabajadores que durante su jornada laboral vayan a estar expuestos, estén expuestos o hayan tenido exposición a inhalación de polvo con contenido en sílice, siguiendo lo estipulado por la "Guía para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos" del INSST.

## 4. MEDIOS UTILIZADOS

### 4.1- MEDIOS TÉCNICOS

En la realización de las mediciones higiénicas se han utilizado los equipos relacionados a continuación:

- ✓ Sistema de calibración Defender 510-M. (Nº serie: 142332).

El sistema de calibración Defender 510-M es un sistema diseñado para la calibración de equipos de muestreo de aire. Dispone de tres células de medida intercambiables que proporcionan lecturas de caudal instantáneas desde 5 ml/min a 30 l/min.

Características del sistema de calibración:

- ➔ Tiempo de lectura: 1 a 15 seg. según caudal
- ➔ Modos de operación: Ciclo sencillo, ciclo continuo o en intervalos de 1 a 255 min.
- ➔ Temperatura y sensores de presión: Estado sólido localizado a la entrada de la célula de medición.



Figura 2. Sistema de calibración Defender 510-M

- ✓ Bombas de alto caudal para muestreo personal APEX EX, modelo: TUFF 3 PLUS I.S.: (Nº serie: 3348922, 355765, 3162920, 3162980).

La bomba de alto caudal se puede usar para realizar muestreos, utilizando caudales comprendidos en el rango de 5 ml/min a 3 l/min.

Se utiliza en muestreos donde es necesario aplicar la mayoría de los métodos para polvo total y fracción respirable, según la legislación existente en Seguridad e Higiene en el Trabajo.

En este caso las bombas corresponden a modelos intrínsecamente seguros con clasificación Ex, pudiéndose utilizar en zonas donde pueden existir atmósferas explosivas debido a gases o polvos inflamables.

El funcionamiento del muestreador se basa en una eficiente bomba de diafragma de doble acción de eficiencia demostrada con control digital preciso, lo que permite el control del caudal a tiempo real a través de una amplia gama de medios de muestreo.

Características de las bombas de muestreo personal:

- ➔ Rango de caudal: 5 ml/min a 3 l/min.
- ➔ Precisión del control de caudal:  $<\pm 3\%$  en punto calibrado.
- ➔ Ratio del pulso de entrada:  $<10\%$  a 2 l/min.
- ➔ Clasificación IP: Carcasa sellada con juntas IP54



Figura 3. Bombas de muestreo personal APEX EX

- ✓ Filtros de membrana de cloruro de polivinilo (PVC).

Se trata de filtros de PVC de 37 mm de diámetro y 5 micras de tamaño de poro, previamente pesados. Las dos caras de la membrana son iguales, por lo que la toma de muestra se puede realizar por cualquiera de sus dos caras.

Presentan una validez de seis meses desde el momento de su pesada inicial.

Los filtros son suministrados por Labaqua.

- ✓ Separadores de ciclón CASELLA:

Dispositivo que, conectados a la bomba de muestreo y con su correspondiente soporte, permite arrastrar el aire hacia el fondo del equipo, donde se crea un ciclón que genera que las partículas correspondientes a la fracción no respirable se filtren en la base del ciclón y las partículas respirables se recogen sobre el filtro de 25 mm, colocando un cassette adecuado.



Figura 4. Ciclón CASELLA

- ✓ Sistema de captación: Cassetes IOM con filtros de Fibra de vidrio prepesados para determinación de materia particulada, fracción inhalable.



Figura 5. Cassete IOM

#### 4.2- MEDIOS HUMANOS

El Responsable de Prevención de la empresa solicitante del estudio y 1 Técnico en Prevención de Riesgos Laborales de la empresa contratista.

## 5. METODOLOGIA DE LA MEDICION

El desarrollo de la medición se realizó teniendo en cuenta las exigencias que establece la Instrucción técnica complementaria “ITC 2.0.02 de Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas, del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera” ya que con ella se han elaborado criterios de actuación para actividades no encuadradas en el ámbito de las industrias extractivas, en las que los efectos de la exposición a la sílice cristalina también se han hecho patentes.

Por consiguiente, la metodología empleada en la medición de sílice consta de las siguientes fases:



### 5.1. ESTRATEGIA DE MUESTREO

La estrategia de muestreo a seguir, para la evaluación del riesgo higiénico, deberá responder a: ¿Qué medir?, ¿Cómo medir?, ¿Cuándo medir?, ¿Cuánto tiempo medir?, ¿A quién medir? y constará de las siguientes partes:

- ✓ Análisis e identificación del riesgo higiénico: En esta fase se tomará toda la información necesaria sobre el proceso, operaciones y tareas, el agente químico y estableceremos el número de muestras, tiempo de muestreo, valores límite...
- ✓ Análisis de los puestos de trabajo.



Reunir información sobre los puestos de trabajo. En concreto, procedimientos de trabajo, materiales utilizados, maquinaria, equipos y horario de los trabajadores.

- ✓ Criterios de valoración del riesgo. Estimación de la exposición (Conformidad con Valor Límite Ambiental VLA)

Para el presente estudio de polvo de sílice, se debe medir aquellos procesos en los que esté presente dicho agente químico nocivo para el trabajador, buscar el listado de productos que utiliza diariamente el trabajador, o con los que está en contacto, y estudiar el etiquetado. También queremos conocer la cantidad de dichos productos y conocer el estado de los agentes químicos.

Tras esta primera fase, seleccionamos al trabajador a muestrear. Estudiaremos la proximidad al foco generador del contaminante, si existe una corriente de aire suficiente y el tiempo en el cual el trabajador está en un puesto concreto. En nuestro caso el trabajador no está al aire libre, por lo que debe conectar la ventilación forzada y tendremos que tener en cuenta el itinerario de las corrientes de aire

Una correcta decisión sobre el número de muestras a tomar para el puesto de trabajo será en función de:

- ✓ Duración de la muestra
- ✓ Resultado de la medición
- ✓ Duración del ciclo de trabajo
- ✓ Existencia o no de grupos homogéneos
- ✓ Método analítico seleccionado
- ✓ Planificación de las mediciones

Según UNE-EN 689 "Guía para la evaluación de la exposición a agentes químicos por comparación con el valor límite", para periodos de toma de muestra de más de 2h, es suficiente con una muestra para una jornada de 8h. En el caso de una hora de muestreo, sería necesario dos muestras y dos mediciones

Tras la recogida la muestra y su correcto etiquetado se manda al laboratorio para analizar, indicando el tipo de muestra o de ensayo que deseamos.

Con el informe de ensayo del laboratorio, los datos de la muestra y los resultados del laboratorio, observamos si algunos de ellos están por encima del límite cuantitativo. Obtenida la concentración media de una jornada, comparamos VLA-ED y sacamos el INDICE DE EXPOSICION (I):

- ✓ Para valores de I menores o iguales a 0,1: Exposición aceptable. Es improbable que se supere VLA-ED
- ✓ Para valores de I mayores de 1: Exposición inaceptable. Corregir exposición
- ✓ Para valores de I comprendidos entre 0,1 y 1: Se realiza otras dos Mediciones de Exposición Diaria (mínimo)
  - Si la 2ª Medición da I mayor que 1: Exposición inaceptable. Corregir exposición
  - Si la 2ª Medición da I menor o igual a 0,25: Exposición aceptable. Es improbable que se supere VLA-ED
  - Con las 3 mediciones realizadas se calcula la media geométrica:
    - $MG < 0,5$  = Exposición aceptable. Es improbable que se supere VLA-ED
    - $Mg > 0,5$  = Indeterminación (se volvería a realizar otras 2 ED o Exposición Inaceptable. Corregir exposición).

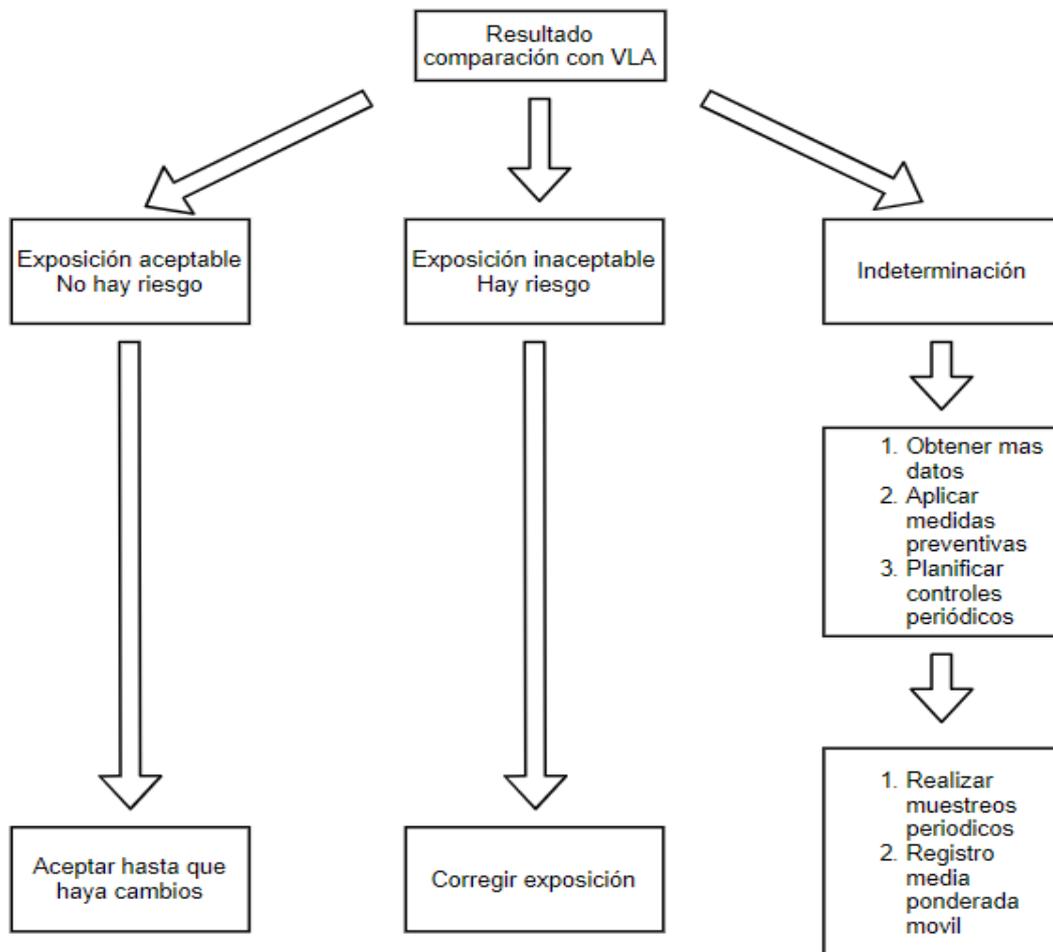


Tabla 1. Resultado comparación con VLA.

Fuente: Apuntes Riesgo Químico de María Teresa García Cubero



Se introducen los valores límite ambientales según la exposición al agente químico tratado y según la enfermedad derivada. Estos se publican en el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo los valores límites tanto ambientales como biológicos, recogidos respectivamente en los Anexos I y II del Real Decreto 396/2006.

En aquellos casos donde el riesgo sea leve y ámbitos donde sea más exigente, el RD establece acciones preventivas simples u en otro caso mucho más exigentes.

El RD regula de manera específica las actuaciones en emergencia para los agentes químicos por los artículos 20, 21 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Tras haber finalizado la obtención de datos y conclusiones de la medición de exposición a agentes químicos se procede a proponer soluciones y recomendaciones técnicas para su prevención.

Principios generales para la prevención de riesgos laborales por agentes químicos presentes:

- ✓ Organización de los sistemas de trabajo
- ✓ Selección e instalación de los equipos de trabajo
- ✓ Procedimientos para uso y mantenimiento de los equipos de trabajo
- ✓ Medidas higiénicas adecuadas
- ✓ Reducir al mínimo del número de personas expuestas, la duración y la cantidad de agente químico.

Medidas específicas de protección y prevención (en orden de preferencia):

- ✓ Evitar o sustituir el riesgo
- ✓ Aislar el riesgo
- ✓ Protección colectiva
- ✓ Protección individual.

## 5.2. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRA Y ANALISIS

Los métodos utilizados para la toma de muestras y procedimiento analítico, son las instrucciones del INSST:

- MTA/MA-057/A17: Determinación de sílice cristalina (fracción respirable) en aire. Método de filtro de membrana/Espectrofotometría de infrarrojos.
- MTA/MA 014/A11: Determinación de materia particulada (Fracción inhalable, torácica y respirable) en aire – Método Gravimétrico

Estos métodos han sido seleccionados por su interés y aplicabilidad en el campo de la Higiene Industrial, ya que han sido desarrollados de acuerdo con la normativa vigente para obtener mediciones cuyo objeto es la comparación con los valores límite de exposición profesional, como los recogidos en el documento “Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España”.

El **método MTA/MA 014/A11: Determinación de materia particulada (Fracción inhalable, torácica y respirable) en aire – Método Gravimétrico** es aplicable a todo tipo de materia particulada (polvo de madera, polvo de sílice libre, humos de soldadura, nieblas de aceites, etc.) para cuyo análisis se precise una determinación gravimétrica. y permite, asimismo, la determinación de las diferentes fracciones por tamaño de partícula de los aerosoles contempladas en la Norma UNE-EN 481 siempre que se utilicen para su captación los muestreadores adecuados.

El límite de detección del método depende de la sensibilidad de la balanza analítica empleada, de las condiciones de operación y de la estabilidad gravimétrica de la pesada por lo que debe ser calculado por cada laboratorio.

Este método es el idóneo para realizar mediciones que tengan por objeto su comparación con el valor límite y para mediciones periódicas en cumplimiento del RD 374/2001 sobre agentes químicos. También podría utilizarse para realizar mediciones para la evaluación aproximada de la concentración media ponderada en el tiempo (Norma UNE-EN 482), así como para realizar la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos (Norma UNE-EN 689).

El **método MTA/MA-057/A17: Determinación de sílice cristalina (fracción respirable) en aire. Método de filtro de membrana/Espectrofotometría de infrarrojos**, se ha desarrollado para determinar concentraciones medias ponderadas en el tiempo de sílice cristalina (fracción respirable), en tomas de muestra personales y en lugares fijos. Por ello, puede ser utilizado para realizar mediciones de comparación con los

valores límite de exposición profesional y mediciones periódicas y también podría utilizarse para realizar mediciones de evaluación inicial de la concentración media ponderada en el tiempo. No puede ser usado para toma de mediciones instantáneas

Describe el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la determinación de la concentración de los polimorfos de sílice cristalina, cuarzo y/o cristobalita, en la fracción respirable del aire de los lugares de trabajo, mediante su captación con un muestreador de la fracción respirable en un filtro de PVC y análisis por espectrofotometría de infrarrojos (FT-IR).

El método se ha validado en el intervalo de 10  $\mu\text{g}/\text{filtro}$  a 200  $\mu\text{g}/\text{filtro}$  de cada poliformo de sílice cristalina (cuarzo y cristobalita), que corresponde a un intervalo de concentraciones en aire de 0,005  $\text{mg}/\text{m}^3$  a 0,1  $\text{mg}/\text{m}^3$  para un volumen de muestreo supuesto de 2000 litros de aire y que cubre el intervalo desde la décima parte al doble del valor límite de exposición diaria (VLA-ED) de ambos polimorfos.

### 5.3. OPERACIONES PREVIAS. PREPARACION DE EQUIPOS

El laboratorio de análisis proporciona las membranas de muestreo y portamenbranas, previamente prepesadas (membrana de cloruro de polivinilo (PVC) de 37 mm de diámetro y 5 m de tamaño de poro). Se solicitan al laboratorio un número de membranas y portamebranas equivalente al número de muestras que se desea tomar, en nuestro caso, se solicitaron seis, correspondiente a los cinco puestos de medición y el blanco.

Previo a la toma de muestras, se fijó un caudal constante en la bomba de aproximadamente 2, 2 litros/minuto y 2 litros/minuto, mediante el caudalímetro, de acuerdo con las instrucciones del INSST: MTA/MA - 057/A17 y MTA/MA 014/A11.

### 5.4. TRABAJO DE CAMPO

Una vez preparadas las bombas de muestreo, se procedió a la toma de muestras en los diferentes puestos de trabajo, definidos en el alcance del informe, Las mediciones fueron realizadas en 3 días consecutivos de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- ✓ Se fijó la bomba en la cintura del operario comprobando su correcto funcionamiento.
- ✓ Se unió la bomba a un conducto de goma, pasándolo por la espalda y hombro del operario, teniendo cuidado de no formar curvas que aumentasen la pérdida de carga del sistema.

- ✓ El ciclón se fijó en la clavícula del operario mediante una pinza metálica. Ubicado en las proximidades de la zona de respiración de los operarios.



Figura 6. Operario con equipo

- ✓ La toma de muestras transcurrió durante la práctica totalidad de la jornada laboral del trabajador, teniendo en cuenta el caudal de calibración de la bomba de muestreo e intentando evitar la saturación del filtro.
- ✓ Los orificios de la membrana se taparon mediante su cierre para su transporte y envío al laboratorio del Departamento Técnico del laboratorio.
- ✓ Una vez terminada la toma de muestra, se volvió a calibrar el equipo para verificar su correcto funcionamiento.

Durante la toma de muestras las condiciones de trabajo eran las habituales, sin alteración del proceso productivo. Asimismo, las actividades y exposiciones en los puestos de trabajo fueron las de una jornada laboral aparentemente normal.

### 5.5. PROCEDIMIENTO ANALITICO

El procedimiento analítico empleado para cada determinación es el recomendado por el INSST que ha sido sometido a validación por organizaciones oficiales. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Análisis Químicos y Microbiológicos y la técnica analítica utilizada es la que se menciona a continuación:

DETERMINACIÓN	TÉCNICA ANALÍTICA
Fracción inhalable	MTA/MA - 014/A11 (Gravimetría)
Sílice libre cristalina/fracción respirable	MTA/MA-057/A17 (IR)

Tabla 2. Técnica analítica.

El departamento técnico del Laboratorio realizará la determinación de sílice cristalina mediante la siguiente técnica analítica: **ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CON TRANSFORMADA DE FOURIER (FT-IR)**, determinándose el contenido de sílice según procedimiento interno: **IT05: “Instrucción De trabajo para la determinación del contenido en sílice cristalina en materia particulada (fracción respirable) por IR”**.

El límite de cuantificación estimado para el contenido en sílice es de 0,004 mg/muestra, y para la fracción respirable es de 0,040 mg.

### 5.6. REALIZACION DE LA MEDICIÓN

Como hemos mencionado anteriormente, la medición de Sílice libre cristalina y fracción respirable objeto de este estudio se realizó siguiendo el método de muestreo recomendado por el INSST: MTA/MA – 057/A17, y para la determinación de la fracción inhalable se realizó siguiendo el método de muestreo recomendado por el INSST: MTA/MA 014/A11.

Previamente a los trabajos se procedió a la tara de las membranas y del soporte IOM.

Para el establecimiento de la estrategia de muestreo, se consideró la siguiente información proporcionada sobre las características de la exposición al producto:

	Puesto de trabajo	Tiempo de exposición real
Sílice libre cristalina, Fracción respirable y fracción inhalable de materia particulada (Jornada habitual de trabajo)	Envasado de Morteros	7,5 horas/día
	Preparado de Aditivos Morteros 3	5,5 horas/día
	Laboratorio de Calidad de Morteros	7,75 horas/día
	Laboratorio de Aditivos de Hormigones	2 horas/día
	Línea de Envasado de Resinas 1-2	7,5 horas/día

Tabla 3. Tiempo de exposición al contaminante.

A continuación, se indica la estrategia de muestreo utilizada en la medición y zona de medición contemplada en el alcance:

Contaminante a determinar	Zona de muestreo	Nº referencia muestra	Caudal de captación de la muestra (l/min)	Volumen de muestreo (Litros)	Soporte de captación utilizado
Sílice libre cristalina y Fracción respirable	Envasado de Morteros	CAS 654/ CAS 656	2,226	499,31	Filtro de PVC de 37 mm
Fracción inhalable		IOM 3032/ IOM 3036	2,019	854,04	Cassete IOM con filtro de fibra de vidrio prepesado
Sílice libre cristalina y Fracción respirable	Preparado de Aditivos Morteros 3	CAS 657	2,243	394,13	Filtro de PVC de 37 mm
Fracción inhalable		IOM 3035	2,019	465,38	Cassete IOM con filtro de fibra de vidrio prepesado
Sílice libre cristalina y Fracción respirable	Laboratorio de Calidad de Morteros	CAS 655	2,226	450,17	Filtro de PVC de 37 mm
Fracción inhalable		IOM 3031	2,051	415,33	Cassete IOM con filtro de fibra de vidrio prepesado
Sílice libre cristalina y Fracción respirable	Laboratorio de Aditivos de Hormigones	CAS 659	2,243	295,55	Filtro de PVC de 37 mm
Fracción inhalable		IOM 3033	2,051	269,81	Cassete IOM con filtro de fibra de vidrio prepesado
Sílice libre cristalina y Fracción respirable	Línea de Envasado Resinas 1 y 2	CAS 658	2,226	365,06	Filtro de PVC de 37 mm
Fracción inhalable		IOM 3034	2,019	331,39	Cassete IOM con filtro de fibra de vidrio prepesado

Tabla 4. Estrategia de muestreo utilizada en la medición y zona de medición contemplada en el alcance.

Durante la toma de muestras las condiciones de trabajo eran las habituales, sin alteración del proceso productivo. Asimismo, las actividades y exposiciones en el puesto de trabajo fueron las de una jornada laboral aparentemente normal.

Se indican a continuación, algunos datos importantes para el resultado de las mediciones:

- ➔ En el puesto de Envasado de morteros, se manipularon los siguientes productos:
- Sika Dur 506 C40 (Bg 28 kg)  
Arena para elaboración de morteros gruesos.  
Granulometría 0,4-0,9 mm  
Densidad aparente aprox. 1,69 kg/l
  - Sika Monotop 160 Migrating C802 (Bg 25 kg)  
Mortero de impermeabilización de un componente compuesto de cemento, áridos seleccionados y agentes químicos activos. Los agentes activos reaccionan con la humedad y la cal libre presente en los tramos capilares generando una estructura de cristales insolubles dentro del Sistema poroso del hormigón que taponan la red capilar  
Densidad ~1.9 kg/L (mortero fresco)  
Granulometría: Dmax: ~0.3 mm
  - Sika Monotop 442 Multiflow C802 (Bg 25 kg)  
Mortero de reparación estructural cementoso de un componente, elaborado con un material cementante sulforresistente, modificado con polímeros, áridos seleccionados y aditivos  
Densidad del mortero fresco: ~ 2,1 kg/l  
Granulometría: D máx.: 2.0 mm

(En los anexos están recogidas las fichas de seguridad de los materiales utilizados)

- ➔ Además del envasado, se hicieron algunas operativas subjetivas de generar polvo en suspensión como fue el barrido con escoba de las cintas de transporte de material y soplado de la ropa del trabajador.
- ➔ Los trabajadores hacen uso de los sistemas de extracción forzada y mascarilla de protección respiratoria con tipo Filtro FFP 3.

## 5.7 EVALUACION DE LOS RESULTADOS

Los riesgos higiénicos químicos, conocidos como agentes químicos, se caracterizan por tener unos valores límites ambientales.

- ✓ Documento de Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España (INSHT), que se describen a continuación:

- ➔ Valor Límite Ambiental (VLA)

Son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 semanales, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

- ➔ Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria VLA-ED

Es el valor de referencia para la exposición diaria entendiendo ésta como: la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.

- ➔ Exposición Máxima Permisible.

Valoramos por tanto el peligro higiénico mediante el índice EMP (Exposición Máxima Permisible o Dosis de Exposición (%), el cual pondera en el tiempo de exposición el VLA-ED o TLV evaluando si las concentraciones alcanzadas superan o no los límites máximos permitidos mediante la siguiente expresión

$$C.F.R.P.(mg/ m^3) = 1000 \times \frac{\text{Polvo respirado (mg)}}{\text{Volumen aire (L)}}$$

$$\text{Dosis Exposición (\%)} = \frac{CFRP}{VLA - ED} \times \frac{T}{8} \times 100$$

Donde:

- CFRP = Concentración Fracción Respirable de Polvo
- VLA-ED = Valor Límite Ambiental para Exposición Diaria
- T = Tiempo de exposición a polvo durante la jornada laboral.
- Tiempo de referencia del valor límite, habitualmente 8 horas / día

$$\text{Conc SiO}_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = 1000 \times \frac{\text{Cantidad sílice (mg)}}{\text{Volumen aire (L)}}$$

$$\text{Dosis Exposición (\%)} = \frac{\text{Conc} \cdot \text{SiO}_2}{\text{VLA} - \text{ED}} \times \frac{T}{8} \times 100$$

Donde:

- Conc. SiO<sub>2</sub> = Concentración de sílice libre
- VLA-ED = Valor Límite Ambiental para Exposición Diaria
- T = Tiempo de exposición a sílice durante la jornada laboral.
- Tiempo de referencia del valor límite, habitualmente 8 horas / día

Los VLA se establecen para agentes químicos específicos y no para las mezclas de estos. Sin embargo, cuando están presentes en el ambiente varios agentes que ejercen la misma acción sobre los mismos órganos o sistemas, es su efecto combinado el que requiere una consideración preferente. Dicho efecto combinado debe ser considerado como aditivo, salvo que se disponga de información que indique que los efectos son sinérgicos o bien independientes.

Cuando el valor del EMP supere el 100% consideraremos que existe riesgo higiénico inaceptable. Exige la adecuación inmediata de medidas preventivas.

El objetivo fundamental de la evaluación es conocer la magnitud de la exposición, y poder tomar decisiones dependiendo del resultado. Según la NTP 407 (Contaminantes químicos: evaluación de la exposición laboral II), si el EMP se encuentra por debajo del 100% debemos realizar muestreos periódicos:

- ✓  $C \leq 0.25$  Valor Límite. Muestreo cada 64 semanas.
- ✓  $0.25 \text{ Valor Límite} < C \leq 0.50 \text{ Valor Límite}$ . Muestreo cada 32 semanas.
- ✓  $C > 0.50$  Valor Límite. Muestreo cada 16 semanas.



Se muestra a continuación los valores límites establecidos en los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España de 2019:

Contaminante	VLA-ED (mg/m <sup>3</sup> )
FRACCIÓN RESPIRABLE	3
FRACCIÓN INHALABLE	10
SÍLICE LIBRE CRISTALINA	0,05

Tabla 4. valores límites establecidos en los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España de 2019

## 5.8 RESULTADOS

Puesto de Trabajo	Contaminante Analizado	Caudal de la bomba	Tiempo muestreado	Total litros muestreados	Valor del análisis en miligramos	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )	Tiempo real de exposición	% Dosis Exposición
Envasado Morteros	Fracción respirable	2,26	220,93	499,3018	0,13000	0,26434037	7,5	8,26%
	Sílice Libre Cristalina (Cuarzo)	2,26	220,93	499,3018	0,00010	0,00020028	7,5	0,38%
	Fracción inhalable	2,019	423	854,037	1,26000	1,47534592	7,5	13,83%
Preparado aditivos de mortero 3	Fracción respirable	2,243	175,72	394,13996	0,27000	0,68503584	5,5	15,70%
	Sílice Libre Cristalina (Cuarzo)	2,243	175,72	394,13996	0,01430	0,03628153	5,5	49,89%
	Fracción inhalable	2,019	230,5	465,3795	0,80000	1,71902716	5,5	11,82%
Laboratorios Calidad Morteros	Fracción respirable	2,226	202,23	450,16398	0,10000	0,22214127	7,75	7,17%
	Sílice Libre Cristalina (Cuarzo)	2,226	202,23	450,16398	0,00100	0,00222141	7,75	4,30%
	Fracción inhalable	2,051	202,5	415,3275	0,20000	0,48154769	7,75	4,66%
Laboratorio Aditivos de Hormigón	Fracción respirable	2,243	131,77	295,56011	0,27000	0,91351976	2	7,61%
	Sílice Libre Cristalina (Cuarzo)	2,243	131,77	295,56011	0,01530	0,05176612	2	25,88%
	Fracción inhalable	2,051	131,55	269,80905	0,34000	1,26015047	2	3,15%
Línea de envasado Resinas 1 y 2	Fracción respirable	2,226	164	365,064	0,10000	0,27392457	7,5	8,56%
	Sílice Libre Cristalina (Cuarzo)	2,226	164	365,064	0,00100	0,00273925	7,5	5,14%
	Fracción inhalable	2,051	164,13	336,63063	0,52000	1,54471980	7,5	14,48%

Tabla 5. Resultados

## 6. INTERPRETACION DE RESULTADOS

En general, con base en los resultados obtenidos, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- ✓ **Exposiciones con valores superiores al 100%:** Existe riesgo higiénico inaceptable. CORRECCIÓN INMEDIATA.
- ✓ **Valores entre el 50 a 100%:** Alta exposición. ACCIONES DE REDUCCIÓN.
- ✓ **Valores entre el 25 a 50 %:** Media exposición. ACCIONES DE CONTROL.
- ✓ **Valores menores del 25 %:** Baja exposición. NO SE REQUIEREN ACCIONES ESPECIALES.

Del estudio de los porcentajes de EXPOSICIÓN MÁXIMA PERMISIBLE concluimos lo siguiente:

- Invasado de Morteros: **EXISTE RIESGO HIGIÉNICO BAJO por exposición a materia particulada, fracción respirable, Sílice Libre Cristalina (Cuarzo) y materia particulada inhalable** al encontrarse las Dosis Máximas Permisibles por debajo del 25%.
- Preparado de aditivos de mortero 3: **EXISTE RIESGO HIGIÉNICO BAJO por exposición a materia particulada, fracción respirable y fracción inhalable**, al encontrarse la Dosis Máxima Permissible por debajo del 25%. **EXISTE RIESGO HIGIÉNICO MEDIO por exposición a Sílice Libre Cristalina (Cuarzo)**, al encontrarse la Dosis Máxima Permissible entre el 25% y el 50%.
- Laboratorio de Calidad de Morteros: **EXISTE RIESGO HIGIÉNICO BAJO por exposición a materia particulada, fracción respirable, Sílice Libre Cristalina (Cuarzo) y materia particulada inhalable** al encontrarse la Dosis Máxima Permissible por debajo del 25%.
- Laboratorio de Aditivos: **EXISTE RIESGO HIGIÉNICO BAJO por exposición a materia particulada, fracción respirable y materia particulada inhalable**, al encontrarse la Dosis Máxima Permissible por debajo del 25%. **EXISTE RIESGO HIGIÉNICO MEDIO por exposición a Sílice Libre Cristalina (Cuarzo)**, al encontrarse la Dosis Máxima Permissible entre el 25% y el 50%.
- Invasado de Resinas 1-2: **EXISTE RIESGO HIGIÉNICO BAJO por exposición a materia particulada, fracción respirable, materia particulada, fracción inhalable, y Sílice Libre Cristalina (Cuarzo)** al encontrarse las Dosis Máximas Permisibles por debajo del 25%.

## 6.1 MEDIDAS DE ACCIÓN Y CONTROL

Se indican a continuación, una serie de medidas específicas a adoptar en los distintos puestos de trabajo, que pueden reducir considerablemente la exposición a materia particulada, inhalable y respirable, y Sílice libre cristalina. Dichas medidas han sido consensuadas con el responsable de seguridad de la fábrica:

### PUESTO ADITIVOS MORTEROS 3, 2º PLTA

Se debe recordar al trabajador que ocupe este puesto o similar **que TIENE que hacer uso de los medios que tiene a su disposición:**

- ✓ Bidón de **recogida de sacos vacíos**. Poner el bidón junto a la zona de la tolva y NO DEPOSITAR los sacos vacíos encima de la tolva.
- ✓ Hacer uso del **compactador de sacos** vacíos en los tiempos muertos.
- ✓ Hacer uso del **manipulador de sacos** por vacío de forma que **TODO EL MATERIAL A MANIPULAR** se haga mediante este equipo; en caso necesario, parar y reordenar para poder llegar con el manipulador.
- ✓ Encender los **extractores de pared** en el momento de iniciar la manipulación de sacos llenos
- ✓ Bajar la **compuerta de la tolva** una vez terminada la adición de sacos para evitar reflujos de polvo



Figura 7. Puesto Aditivos Morteros



Figura 8. Manipulador de sacos



Figura 9. Compuerta Tolva Puesto Aditivos Morteros

En la tarea de adición de cantidades inferiores a un saco hay un claro problema de mal dimensionamiento de la extracción.

Se debería de poner una instalación fija que extrajera de una campana de forma que se diera cobertura tanto a la zona donde se está pesando como a la zona donde está el saco del que se coge la materia prima.

Independientemente de esto, es importante que el operario revise la instalación cada vez que haga uso de ella porque se han detectado rotos en la trompa de aspiración de forma que la eficacia queda mermada.

Otra forma de mejorar esta instalación es que, cada vez que se termine de usar, **SE CIERRE la válvula de aspiración** de forma que toda la aspiración vaya a la otra báscula, la de morteros 1, y viceversa.



Figura 10. Báscula



Figura 11. Campana de aspiración



Figura 12. Mezclado manual de aditivos

En el caso de la tarea de adición de sacos a la tolva, el operario debe **SACUDIR al máximo el saco y DOBLARLO lo suficiente** como para que, al introducirlo en el bidón de sacos vacíos, **NO HAGA FALTA** aplastar manualmente generando una nube de polvo innecesaria.



Figura 13. Vaciado de sacos en Tolva



Figura 14. Compactador de sacos vacíos

Con todo lo anterior creo que se conseguiría una mejora de la exposición a polvo respirable y por tanto de presencia de sílice libre; aun así, sería **conveniente plantear** un sistema para evitar la manipulación del saco vacío.

Como mejora añadida, se debería de **replantear la toma de aspiración** de la tolva de morteros 1 y poner en el mismo punto que la tiene la tolva de morteros 3.

#### **PUESTO ENVASADO MORTEROS DE RESINAS, 1ª y 2ª plta**

Se debe recordar al trabajador que ocupe este puesto o similar, que **TIENE que hacer uso de los medios** que tiene a su disposición:

- ✓ **Bidón de recogida de sacos vacíos.** Poner el bidón junto a la zona de la tolva y **NO DEPOSITAR los sacos** vacíos encima de la tolva.
- ✓ Hacer uso del **compactador de sacos** vacíos en los tiempos muertos.
- ✓ Hacer uso del **manipulador de sacos** por vacío de forma que **TODO EL MATERIAL A MANIPULAR** se haga mediante este equipo; en caso necesario parar y reordenar para poder llegar con el manipulador.

- ✓ Encender los **extractores de pared** en el momento de iniciar la manipulación de sacos llenos.
- ✓ Bajar la **compuerta de la tolva** una vez terminada la adición de sacos para evitar reflujos de polvo.
- ✓ Una vez terminada la adición de sacos, **CERRAR LAS VÁLVULAS DE EXTRACCIÓN** de forma que toda la aspiración vaya a la zona de envasado. En el caso de que solo se haga uso de una de las tolvas, confirmar el cierre de la válvula de la otra tolva.
- ✓ Previo al inicio de los trabajos, **EL OPERARIO DEBERÁ VACIAR EL CUBO DE RECOGIDA DE POLVO** de la unidad de extracción de la 2ª plta de forma que el equipo funcione en las mejores condiciones.



Figura 15 PUESTO ENVASADO MORTEROS DE RESINAS

**Es importante que el operario revise la instalación** cada vez que haga uso de ella porque se han detectado rotos en la trompa de aspiración de forma que la eficacia queda mermada.

En la alternancia de las tareas, envasado – dosificación, **EL OPERARIO DEBE CERRAR LAS VÁLVULAS** que no sean necesarias para reconducir toda la aspiración allá donde sea necesaria.



Figura 16. Extractor Envasado



Figura 17. Envasadora Bidones



Figura 18. Tolva Mortero Resinas

## PUESTO ENVASADO DE MORTEROS

- ✓ Se recuerda a los trabajadores que tienen que **utilizar los equipos de protección respiratoria** puestas a su disposición (mascarilla de protección respiratoria con tipo Filtro FFP 3.).



Figura 19. Mascarilla FFP3

Según informaban los propios operarios, únicamente hacen uso de los mismos cuando observan que hay mucho polvo en el ambiente. Limitar el uso de protección respiratoria a la sensación o percepción visual de presencia de polvo en el ambiente, es una valoración subjetiva que, **en ningún caso, garantiza la protección de operario**. La inhalación de polvo puede darse aun cuando no sea perceptible a la vista. De hecho, **son las partículas más pequeñas y, por lo tanto, más dañinas** por su elevada capacidad de penetración en las vías respiratorias y su posterior alcance de los alveolos pulmonares, **las que no se aprecian a simple vista**.

- ✓ Las operaciones de **soplado de la ropa de trabajo** están totalmente desaconsejadas si bien, durante las mediciones, se observó esta práctica entre los operarios. Se deberá insistir en la peligrosidad de este hábito y, en cualquier caso, dado el elevado riesgo de inhalación de las partículas que se desprenden de la ropa de trabajo durante el soplado de la misma, se debería hacer con la **mascarilla de protección respiratoria colocada**.

## 7. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL CONTRA EL RIESGO DE SÍLICE

Conforme a lo indicado en la **Norma UNE EN-689** “Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional”, recogida en **la Nota Técnica de Prevención NTP-407**: Contaminantes químicos: evaluación de la exposición laboral (II), deben seguirse las siguientes observaciones:

- Cuando  $C > 0.50 \text{ VL}$ , el siguiente muestreo se realizará al cabo de 16 semanas.
- Cuando  $0.25 \text{ VL} < C \leq 0.50 \text{ VL}$ , el siguiente muestreo se realizará al cabo de 32 semanas.
- Cuando  $C \leq 0.25 \text{ VL}$ , el siguiente muestreo se realizará al cabo de 64 semanas.

Según los valores de concentración obtenidos en las mediciones realizadas, deberán realizarse los siguientes muestreos:

ÁREA/PUESTO DE TRABAJO	CONTAMINANTE	PRÓXIMA MEDICIÓN
Envasado de Morteros	Fracción respirable	64 semanas
	Sílice Libre Cristalina	64 semanas
	Fracción inhalable	64 semanas
Preparado de Aditivos Morteros 1-3	Fracción respirable	64 semanas
	Sílice Libre Cristalina	16 semanas
	Fracción inhalable	64 semanas
Laboratorio de Calidad de Morteros	Fracción respirable	64 semanas
	Sílice Libre Cristalina	64 semanas
	Fracción inhalable	64 semanas
Laboratorio Aditivos de hormigones	Fracción respirable	32 semanas
	Sílice Libre Cristalina	16 semanas
	Fracción inhalable	64 semanas
Línea de Envasado 1 y 2	Fracción respirable	64 semanas
	Sílice Libre Cristalina	64 semanas
	Fracción inhalable	64 semanas

Tabla 6. Periodicidad de mediciones



A continuación, se proponen, de manera general, la adopción de las siguientes medidas preventivas:

➤ **Acceso al área de trabajo**

- ➔ Permitir el acceso únicamente al personal autorizado y debidamente formado.

➤ **Orden y limpieza**

- ➔ Limpiar los equipos y la zona de trabajo a diario. Los sacos, cintas de transporte y máquinas recubiertos de polvo son otra fuente de emisión del contaminante.
- ➔ Usar un aspirador o hacer la limpieza empleando métodos húmedos. No utilizar cepillos ni aire comprimido para hacer la limpieza.
- ➔ Prohibir que los trabajadores coman, beban o fumen en las zonas de trabajo en las que exista dicho riesgo. Informar de ello a los trabajadores y señalar dichas prohibiciones.

➤ **Mantenimiento**

- ➔ Mantener el sistema de ventilación tal y como recomienda su proveedor/instalador para asegurar condiciones de funcionamiento eficiente y eficaz
- ➔ Revisar el equipo de ventilación visualmente, por lo menos una vez a la semana, para comprobar que el sistema funciona y no está dañado o averiado.
- ➔ Realizar otras revisiones y verificaciones de su equipo de ventilación para comparar con las especificaciones previstas.
- ➔ Conservar los registros de todas las revisiones y verificaciones realizadas, por ejemplo, de los últimos cinco años.

➤ **Llenado de sacos**

- ➔ Cuando sea posible, situar el área de trabajo lejos de las puertas, las ventanas y las vías de paso para evitar las corrientes de aire que interfieran con la ventilación y que facilitan la dispersión del polvo.



- Utilizar sacos de buena calidad para reducir las fugas a través de las costuras.
  - Sujetar firmemente el saco al cabezal de ensacado durante el llenado.
  - Controlar la velocidad de llenado para que la extracción localizada siga siendo efectiva.
  - El exterior de los sacos de papel a menudo está contaminado por polvo que puede volver al ambiente con la manipulación de los sacos. Utilizar EPR durante su manipulación.
  - Sacudir los filtros de aire con regularidad, por ejemplo, cada hora, o utilizar un sistema de limpieza por chorro automático invertido.
- **Equipos de protección individual (EPI)**
- Disponer de almacenamientos separados para los EPI limpios y los contaminados.
  - Advertir a los trabajadores de que el EPI polvoriento puede ser una fuente de exposición secundaria.
  - Proporcionar ropa de trabajo de materiales que no retengan el polvo (materiales sintéticos mejor que algodón).
  - Proporcionar guantes adecuados para trabajar con sílice cristalina respirable.
  - Disponer de un servicio de lavandería (propio o contratado) para la limpieza de la ropa de trabajo. No permitir que los trabajadores se lleven la ropa de trabajo a casa para su lavado. Advertirles de que el polvo contiene sílice.
- **Vigilancia de la salud**
- Se debe garantizar la vigilancia de la salud de los trabajadores. Llevar a cabo reconocimientos médicos periódicos específicos de los trabajadores expuestos conforme al protocolo establecido y seguimiento médico.
- **Formación y supervisión**
- Supervisar y verificar que se siguen procedimientos de trabajo seguros.



- Informar a los trabajadores sobre los peligros asociados a su trabajo y sobre cómo reconocer los primeros signos de daño pulmonar.
- Formar a los trabajadores en:
  - El trabajo seguro con sustancias peligrosas.
  - Cuándo y cómo utilizar las medidas de control.
  - Cómo verificar que están funcionando.
  - Qué hacer si algo va mal.
  - Los gerentes y los supervisores deben estar implicados en la formación en prevención de riesgos laborales.
  - Mantener registros de la formación impartida.



## 8. CONCLUSIONES

→ Como **CONCLUSIÓN** a estas mediciones, afirmamos que **EXISTE RIESGO HIGIÉNICO BAJO** por exposición a materia particulada, fracción respirable, **Sílice Libre Cristalina (Cuarzo)** y **materia particulada inhalable** en las zonas descritas en el informe.

→ Se ha detectado **UNA FALTA DE CONCIENCIACIÓN** en cuanto a que no se da aviso al encargado correspondiente del **mal funcionamiento o de la falta de funcionamiento** de ciertos equipos cruciales en lo que respecta a la **seguridad del trabajador**, concretamente en el puesto de envasado de morteros de resinas, **el manipulador de sacos por vacío no estaba operativo y el compactador de sacos tampoco**; el operario era conocedor de ambas situaciones mientras que su encargado no tenía conocimiento de ello.

Igualmente, se detecta una **falta de concienciación** de los operarios sobre la importancia de comunicar fallos en los medios de **protección colectiva**, así como en el uso de la **protección individual**.

→ La realización de la **evaluación de los puestos de trabajo** mediante la metodología aplicada **permite mejorar las condiciones de trabajo**. Con el estudio realizado obtenemos un conocimiento técnico en conjunto de los diferentes puestos en la fábrica, con el fin de poder establecer prioridades en posteriores evaluaciones específicas.

→ En los apartados de descripción tanto de la **metodología** de la toma de muestras como de análisis considero que debido a la existencia de **una gran cantidad de Normas UNE** que abordan la **medición de sílice**, lleva mucho tiempo conocer las exigencias que deben cumplir los equipos de medición. Si bien es cierto, muchas de estas Normas UNE repiten idénticos requisitos.



## 9. NORMATIVA VIGENTE Y DOCUMENTACION APLICABLE

En la realización del presente trabajo se han tenido en cuenta los siguientes documentos normativos de referencia:

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995 de 8 de noviembre.  
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>  
Ultima fecha de consulta: 7-11-20.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.  
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-22861>  
Ultima fecha de consulta: 7-11-20.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.  
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-1853>  
Ultima fecha de consulta: 9-11-20.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción  
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-9379>  
Ultima fecha de consulta: 6-11-20.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Su última actualización data de julio de 2015.  
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8668>  
Ultima fecha de consulta: 8-11-20.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.  
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-12735>  
Ultima fecha de consulta: 8-11-20.



- Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. Modificada por el Real Decreto 257/2018, de 4 de mayo.

Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-22169>

Ultima fecha de consulta: 7-11-20.

- Real Decreto 374/2001, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-8436>

Ultima fecha de consulta: 7-11-20.

- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. Modificado por el Real Decreto 598/2015, de 3 de julio. Trasposición de la Directiva 2004/37 / CE - agentes carcinógenos o mutágenos en el trabajo, de 29 de abril de 2004. Modificada por última vez por la Directiva (UE) 2017 / 2398 del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2017.

Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2015-7458>

Ultima fecha de consulta: 10-11-20.

- Orden ITC/2585/2007, de 30 de agosto, por la que se aprueba la Instrucción técnica complementaria 2.0.02 «Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas», del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.

Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-16041>

Ultima fecha de consulta: 11-11-20.

- Métodos de toma de muestras y análisis del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo Metodología para evaluación de la exposición del riesgo por inhalación de SCR, desarrollada en diversas notas técnicas del INSST:

- NTP 872: Agentes químicos: aplicación de medidas preventivas al efectuar la evaluación simplificada por exposición inhalatoria.

<https://www.insst.es/documents/94886/328681/872w.pdf/ed817ae0-742d-4ad8-801b-51102761d222>



Ultima fecha de consulta: 10-11-20.

- NTP 750: Evaluación del riesgo por exposición inhalatoria de agentes químicos. Metodología simplificada

[https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp\\_750.pdf/432e10ef-4658-417a-acc5-b66b3fd3e1c1](https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_750.pdf/432e10ef-4658-417a-acc5-b66b3fd3e1c1)

Ultima fecha de consulta: 10-11-20.

- NTP 406: Contaminantes químicos: evaluación de la exposición laboral (I)

[https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp\\_406.pdf/bb682bf1-a908-49ac-9c81-286e74def4ef](https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_406.pdf/bb682bf1-a908-49ac-9c81-286e74def4ef)

Ultima fecha de consulta: 10-11-20.

- NTP 407: Contaminantes químicos: evaluación de la exposición laboral (II)

[https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp\\_407.pdf/02a0d67e-1025-4a70-8094-3698f9e49e76](https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_407.pdf/02a0d67e-1025-4a70-8094-3698f9e49e76)

Ultima fecha de consulta: 10-11-20.

- Norma UNE-EN 481. Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles.

Ultima fecha de consulta: 11-11-20.

- Norma UNE-EN 482. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medida de agentes químicos.

Ultima fecha de consulta: 11-11-20.

- Norma UNE-EN 689. Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.

Ultima fecha de consulta: 11-11-20.

- Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España de 2019 (INSST). Disponible en:

<https://www.insst.es/documents/94886/188493/L%C3%ADmites+de+exposici%C3%B3n+profesional+para+agentes+qu%C3%ADmicos+2019/7b0b9079-d6b5-4a66-9fac-5ebf4e4d83d1>



---

Ultima fecha de consulta: 11-11-20.

- Protocolo de vigilancia sanitaria específica. Silicosis. Ministerio de Sanidad 2020.

Disponible en:

<https://www.mschs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/silicosis.pdf>

Ultima fecha de consulta: 9-11-20.



## 10. ANEXOS

A continuación, se detallan los anexos incluidos en el trabajo:

- Métodos del INSST utilizados para la toma de muestras y procedimiento analítico
  - MTA/MA-057/A17: Determinación de sílice cristalina (fracción respirable) en aire. Método de filtro de membrana/Espectrofotometría de infrarrojos.
  - MTA/MA 014/A11: Determinación de materia particulada (Fracción inhalable, torácica y respirable) en aire – Método Gravimétrico
  
- Fichas de seguridad de productos químicos:
  - Sika MonoTop®-160 Migrating
  - Sika MonoTop®-442 MultiFlow
  - Sikadur®-506

**DETERMINACIÓN DE SÍLICE CRISTALINA  
(FRACCIÓN RESPIRABLE) EN AIRE. MÉTODO DEL  
FILTRO DE MEMBRANA / ESPECTROFOTOMETRÍA  
DE INFRARROJOS**

**MTA/MA – 057/A17**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE EMPLEO  
Y SEGURIDAD SOCIAL

**insbt**

Instituto Nacional de Seguridad,  
Salud y Bienestar en el Trabajo

**Título:**

MTA/MA-057/A17: Determinación de sílice cristalina (fracción respirable) en aire. Método de filtro de membrana/ Espectrofotometría de infrarrojos

**Autor:**

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT), O.A., M.P.

**Dirección y Coordinación de la colección:**

Centro Nacional de Verificación de Maquinaria - Bizkaia

**Edita:**

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT), O.A., M.P.

C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid

Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27

[www.inssbt.es](http://www.inssbt.es)

**Composición:**

Servicio de Ediciones y Publicaciones del INSSBT

**Edición:**

Madrid, diciembre 2017

**NIPO** (en línea): 272-17-068-8

**Hipervínculos:**

El INSSBT no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSSBT del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija

**Organismos participantes en el Programa Nacional de Normalización de Métodos de Toma de Muestra y Análisis:**

- Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo, O.A., M.P.
- Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - Barcelona
- Centro Nacional de Medios de Protección - Sevilla
- Centro Nacional de Nuevas Tecnologías - Madrid
- Centro Nacional de Verificación de Maquinaria - Bizkaia

Catálogo general de publicaciones oficiales:

<http://publicacionesoficiales.boe.es>

Catálogo de publicaciones del INSSBT:

<http://www.inssbt.es/catalogopublicaciones/>



**DETERMINACIÓN DE SÍLICE CRISTALINA (FRACCIÓN RESPIRABLE) EN AIRE.  
MÉTODO DEL FILTRO DE MEMBRANA / ESPECTROFOTOMETRÍA  
DE INFRARROJOS**

*Palabras clave: Sílice cristalina, cuarzo, cristobalita, aire, espectrofotometría de infrarrojos*

**1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Este método describe el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la determinación de la concentración de los polimorfos de sílice cristalina, cuarzo y/o cristobalita, en la fracción respirable del aire de los lugares de trabajo, mediante su captación con un muestreador de la fracción respirable en un filtro de PVC y análisis por espectrofotometría de infrarrojos (FT-IR).

Este método puede presentar limitaciones cuando se presenten conjuntamente varios polimorfos de la sílice cristalina (cuarzo, cristobalita y/o tridimita) y otras sustancias interferentes. En este caso será necesario, para su cuantificación individual, utilizar el método MTA/MA-56/A05.

Se consideran como interferencias todas aquellas sustancias que presenten bandas de absorción en la región correspondiente a la sílice cristalina respirable, cuyos máximos aparecen aproximadamente a  $800\text{ cm}^{-1}$ , y  $780\text{ cm}^{-1}$ , así como otras sustancias que puedan interferir en la fase de preparación de la muestra. Entre las más habituales se encuentran grafito, sílice amorfa, caolinita, otros silicatos y calcita (véase apartado 8).

El método se ha validado en el intervalo de  $10\text{ }\mu\text{g/filtro}$  a  $200\text{ }\mu\text{g/filtro}$  de cada poliformo de sílice cristalina (cuarzo y cristobalita), que corresponde a un intervalo de concentraciones en aire de  $0,005\text{ mg/m}^3$  a  $0,1\text{ mg/m}^3$  para un volumen de muestreo supuesto de 2000 litros de aire y que cubre el intervalo desde la décima parte al doble del valor límite de exposición diaria (VLA-ED) de ambos polimorfos. El límite inferior del método está condicionado por el límite de cuantificación, que es función del espectrofotómetro y de las condiciones de operación, y debe calcularse en cada caso. El límite superior del intervalo de trabajo puede ser superior ya que la linealidad de la recta de calibrado se mantiene para cantidades superiores de sílice cristalina respirable en el filtro. En cualquier

caso, el intervalo de concentración en aire puede modificarse variando el volumen de aire muestreado.

Este método de toma de muestra y análisis se ha desarrollado para determinar concentraciones medias ponderadas en el tiempo de sílice cristalina (fracción respirable), en tomas de muestra personales y en lugares fijos. Por ello, puede ser utilizado para realizar mediciones de comparación con los valores límite de exposición profesional y mediciones periódicas(12.3). También podría utilizarse para realizar mediciones de evaluación inicial de la concentración media ponderada en el tiempo (12.3).

Este método de toma de muestra y análisis no puede utilizarse para medir concentraciones instantáneas o fluctuaciones de concentración en períodos cortos de tiempo (12.3).

**2 DEFINICIONES**

A efectos de este documento se consideran de interés las siguientes definiciones provenientes de la norma UNE-EN 1540 (12.5):

**2.1 Blanco de campo**

Elemento de retención sin usar, tomado del mismo lote utilizado para el muestreo, tratado de la misma forma que los elementos de retención que se usan en el muestreo, excepto que no se utiliza para recoger muestras.

*NOTA 1:*

*Adaptado del apartado 3.1.6 de la Norma EN 14902:2005.*

*NOTA 2:*

*El blanco de campo se lleva al lugar de muestreo, se monta en el muestreador, cuando proceda, y se vuelve a llevar al laboratorio de la misma forma que las muestras.*

**NOTA 3:**

Los resultados de análisis de los blancos de campo se utilizan para identificar la contaminación de la muestra que proviene de la manipulación en campo y durante el transporte.

**2.2 Blanco de laboratorio**

Elemento de retención sin usar, tomado del mismo lote utilizado para el muestreo pero que se deja en el laboratorio.

**NOTA 1:**

Apartado 3.1.9 de la Norma EN 14902:2005.

**NOTA 2:**

Los resultados de análisis de los blancos de laboratorio se utilizan para corregir los resultados de la muestra con respecto a la contaminación por un analito y/o interferencias.

[UNE-EN 1540:2012, definición 3.3.7].

**2.3 Elemento de retención**

Medio en el que se recogen los agentes químicos y/o biológicos en suspensión en el aire para su análisis posterior.

**2.4 Fracción respirable**

Fracción en masa de las partículas inhaladas que penetra hasta las vías respiratorias no ciliadas.

**2.5 Incertidumbre (de medida)**

Parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos a la concentración del agente químico en aire.

**2.6 Límite de detección, LOD**

La cantidad menor de un analito que se puede detectar con un nivel de confianza dado.

**NOTA 1:**

El límite de detección se puede calcular como tres veces la desviación típica de las medidas de un blanco. Esto representa una probabilidad del 50% de que el analito no se detecte estando presente a la concentración del límite de detección.

**NOTA 2:**

El LOD se puede utilizar como un valor umbral para afirmar la presencia de una sustancia con un nivel de confianza dado.

**2.7 Límite de cuantificación, LOQ**

La cantidad menor de un analito que se puede cuantificar con un nivel de confianza dado.

**NOTA 1:**

El límite de cuantificación se puede calcular como diez veces la desviación típica de las medidas de un blanco.

**NOTA 2:**

El valor del LOQ se puede utilizar como un valor umbral para garantizar la exactitud de la medida de una sustancia.

**NOTA 3:**

Con el LOQ determinado en un experimento de evaluación basado en 10 grados de libertad, la estimación de una cantidad al nivel del valor umbral del LOQ tiene una probabilidad del 95% de situarse dentro de un intervalo definido como  $\pm 31\%$  alrededor del valor verdadero, con un nivel de confianza del 95% para la evaluación.

**2.8 Muestreador de la fracción respirable**

Muestreador de aerosoles que se utiliza para la recogida de la fracción respirable.

**2.9 Polvo en suspensión en el aire**

Materia finamente dividida, en estado sólido, dispersada en el aire.

**2.10 Precisión**

Proximidad de acuerdo entre resultados de ensayo/medida independientes obtenidos bajo condiciones estipuladas.

**2.11 Procedimiento de medida**

Conjunto de operaciones descritas específicamente para el muestreo y el análisis de los agentes químicos o biológicos en el aire.

**NOTA:**

Un procedimiento de medida normalmente incluye la preparación del muestreo, el muestreo, el transporte y el almacenamiento, la preparación de las muestras para el análisis y el análisis.

**2.12 Sesgo**

Diferencia entre la esperanza matemática de un resultado de ensayo o de medida y el valor verdadero.

**NOTA 1:**

El sesgo es el error no aleatorio total por oposición al error aleatorio. Puede haber uno o más componentes de error no aleatorio que contribuyan al sesgo. Una mayor

diferencia sistemática respecto al valor verdadero se refleja como un valor del sesgo mayor.

**NOTA 2:**

En la práctica, el valor de referencia aceptado sustituye al valor verdadero. El valor de referencia aceptado (véase la definición en la Norma ISO 3534-2) puede ser, por ejemplo, el valor certificado de un material de referencia, la concentración de una atmósfera de ensayo patrón o el valor diana de una comparación interlaboratorios.

### 2.13 Sílice cristalina respirable (SCR)

Partículas inhaladas de cuarzo y/o cristobalita que penetran en las vías respiratorias no ciliadas de acuerdo con la Norma UNE-EN 481.

### 2.14 Sistema de muestreo

Conjunto de componentes cuya misión es separar la fracción relacionada con la salud de interés (inhalable, torácica, respirable) y recogerla en un determinado elemento de retención. La bomba de muestreo, el muestreador y el elemento de retención forman parte del sistema de muestreo.

## 3 FUNDAMENTO DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen conocido de aire a través de un muestreador de la fracción respirable que incorpora un filtro de membrana de PVC, con la ayuda de una bomba de muestreo personal.

El filtro de PVC conteniendo la muestra recogida se calcina, el residuo obtenido se mezcla con bromuro potásico y se prepara una pastilla. A continuación se determina la cantidad de la variedad de sílice cristalina respirable (cuarzo o cristobalita) presente en la muestra mediante espectroscopía infrarroja, midiendo las intensidades de las bandas de absorción características.

A partir de la cantidad de analito presente en la muestra y del volumen de aire muestreado, se obtienen las concentraciones ambientales.

## 4 REACTIVOS Y PRODUCTOS

Todos los reactivos deben ser de calidad analítica o superior.

Las indicaciones de peligro asignadas a cada reactivo se recogen en el Reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y mezclas (12.1).

**4.1 Material de referencia de sílice cristalina respirable**, certificado con una distribución de tamaños de partículas que se corresponda con la distribución de la fracción respirable. Nº CAS: 14808-60-7 (cuarzo), 14464-46-1 (cristobalita).

**PRECAUCIÓN:** Provoca daños en los pulmones tras exposiciones prolongadas o repetidas.

**4.2 Bromuro potásico**, especial para espectroscopía de IR. Nº CAS 7758-02-3.

**PRECAUCIÓN:** Provoca irritación ocular grave.

**4.3 Isopropanol**. Nº CAS 67-63-0.

**PRECAUCIÓN:** Líquido y vapores muy inflamables. Provoca irritación ocular grave. Puede provocar somnolencia o vértigo.

**4.4 Ácido clorhídrico (HCl)**, concentrado, mínimo 32% (m/m), densidad aproximada 1,16 g/ml. Nº CAS 7647-01-0.

**PRECAUCIÓN:** Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

**4.5 Agua purificada**, la conductividad eléctrica será menor de 0,1  $\mu\text{S/cm}$  y la resistividad mayor de 18  $\text{M}\Omega\text{cm}$  a 25 °C. Nº CAS 7732-18-5.

## 5 APARATOS Y MATERIAL

### 5.1 Aparatos y material para la toma de muestra

**5.1.1 Bomba de muestreo**, capaz de mantener un funcionamiento continuado durante el tiempo de muestreo. El caudal de la bomba debe mantenerse constante dentro de un intervalo de  $\pm 5\%$  (12.8).

Para conectar la bomba y el muestreador se utilizará un tubo de goma o plástico de longitud y diámetro adecuados, a fin de evitar estrangulamientos y fugas en las conexiones.

**5.1.2 Medidor de caudal**, calibrado, capaz de medir el caudal de la bomba dentro del 5% del valor requerido.

**NOTA:**

Es recomendable la utilización de un medidor de caudal de burbuja ya que sus lecturas son independientes de la temperatura y de la presión atmosférica.

**5.1.3 Muestreador de la fracción respirable** definida en la Norma UNE-EN 481 (12.2), y que cumpla con lo establecido en la Normas UNE-EN 13205-1 (12.6), relativa al funcionamiento de los instrumentos para la medición de concentraciones de aerosoles, y en el documento técnico CEN/TR 15230 (12.9).

**NOTA:**

En el anexo B se recoge una serie de muestreadores utilizados para la toma de muestra de la fracción respirable, extraídos del documento técnico CEN/TR 15230.

**5.1.4 Filtro de PVC**, con tamaño de poro de 5  $\mu\text{m}$  y diámetro adecuado al muestreador de la fracción respirable utilizado.

**5.1.5 Pinzas de punta plana** y sin estrías en los bordes que eviten, en lo posible, el deterioro de los elementos de retención.

**5.1.6 Guantes**, sin empolverar, que eviten el contacto de la piel con los elementos de retención pero que no dificulten el proceso de manipulación.

### 5.1.7 Medidor de tiempo

## 5.2. Aparatos y material para el análisis

**5.2.1 Material de laboratorio** como: material de vidrio, espátulas, pinzas, placas Petri, crisoles de porcelana provistos de tapa, mortero de ágata, etc.

**5.2.2 Balanza analítica con una sensibilidad de al menos 0,01 mg**

**5.2.3 Bomba de vacío**

**5.2.4 Prensa de hasta 15 kg/cm<sup>2</sup>** y accesorios para la preparación de pastillas estándares (tipo 13 mm).

**5.2.5 Desecador de vidrio** con un material absorbente como gel de sílice o algún otro compuesto que cumpla la misma función.

**5.2.6 Horno de calcinación** capaz de alcanzar y mantener una temperatura de 800 °C.

**5.2.7 Equipo de filtración a vacío**

**5.2.8 Espectrofotómetro de infrarrojos** con transformada de Fourier.

## 6 TOMA DE MUESTRA

### 6.1 Selección y uso del muestreador

Se selecciona un muestreador adecuado para la captación de la fracción respirable de aerosol (véanse apartado 5.1.3 y anexo B). El muestreador debe utilizarse siguiendo las instrucciones del fabricante, especialmente en lo referente al caudal del muestreo (12.9).

### 6.2 Tiempo de muestreo

El tiempo de muestreo será apropiado para garantizar la validez de la evaluación de la exposición laboral, evitando la colmatación del filtro y permitirá la determinación del analito con una incertidumbre expandida aceptable.

El tiempo mínimo de muestreo requerido para asegurarse de que la cantidad de analito recogida es mayor que el límite de cuantificación analítico puede estimarse aplicando la ecuación (1):

$$t_{\min} = \frac{\text{LOQ}}{Q \times (0,1 \times \text{VLA} - \text{ED})} \quad (1)$$

donde:

$t_{\min}$  es el tiempo mínimo de duración del muestreo, en minutos;

LOQ es el límite de cuantificación analítico, en µg;

Q es el caudal nominal del muestreador, en l/min; y

VLA-ED es el valor límite de exposición diaria, en mg/m<sup>3</sup>.

NOTA:

*Si el tiempo mínimo de muestreo es mayor que la duración de la tarea que se intenta medir, debería considerarse la posibilidad de utilizar un muestreador diseñado para ser usado a un caudal de muestreo superior.*

### 6.3 Procedimiento de muestreo

**6.3.1** Antes de usar los muestreadores se comprobará que están completamente limpios y secos.

NOTA 1:

*Se tendrán en cuenta las recomendaciones del fabricante en todas las operaciones de limpieza y manipulación del muestreador.*

NOTA 2:

*Si se utilizan ciclones, éstos deben desmontarse e inspeccionarse. Si aparecen muescas o rayas en su interior, deberán desecharse.*

**6.3.2** En una zona limpia y con la ayuda de unas pinzas planas, se monta el filtro de PVC (según apartado 5.1.4) en el muestreador. El muestreador, con el elemento de retención incorporado, deberá permanecer convenientemente cerrado hasta el comienzo del muestreo.

**6.3.3** Se calibra la bomba de muestreo (apartado 5.1.1) al caudal requerido por el muestreador empleando un medidor de caudal (apartado 5.1.2), y un muestreador conteniendo un elemento de retención del mismo material y características que el utilizado en el muestreo.

NOTA:

*El elemento de retención utilizado para la calibración del caudal no se usará para otro fin, por ejemplo, como blanco de campo o para toma de muestra.*

**6.3.4** Antes de comenzar el muestreo, se retiran las protecciones del muestreador y se conecta éste a la bomba mediante un tubo flexible, asegurándose de que no existan fugas ni estrangulamientos.

**6.3.5** Para muestreos personales se coloca el muestreador en la zona respiratoria del trabajador, tan cerca de la nariz y la boca como sea razonablemente posible, por ejemplo, sujeto a la solapa. La bomba de muestreo se sujeta en el cinturón o en otro lugar apropiado de la ropa del trabajador evitando estrangulamientos del tubo flexible.

Para mediciones en un punto fijo, se debe elegir una localización adecuada para el muestreo.

**6.3.6** Para iniciar el muestreo se pone en marcha la bomba y se anota la hora de comienzo de la toma de muestra.

**6.3.7** Durante el muestreo se debe vigilar el funcionamiento de la bomba, por ejemplo, comprobando visualmente la escala del rotámetro o los datos de caudal mostrados en la pantalla.

**6.3.8** Al finalizar la toma de muestra se anota el tiempo transcurrido desde el inicio del muestreo. Se desconecta la bomba y se retira el muestreador del sistema de muestreo y se vuelve a cerrar para evitar pérdidas o contaminaciones durante su traslado al laboratorio. Se anotan la referencia de la muestra y todos los datos relativos al muestreo.

**6.3.9** Con el mismo muestreador y elemento de retención utilizados en la calibración previa, se medirá y anotará el caudal de la bomba tras el muestreo. La muestra se considera no válida cuando la diferencia entre los caudales medidos antes y después de la toma de muestra supera el 5%.

**6.3.10** Por cada lote de muestras tomadas en las mismas condiciones se adjuntarán uno o dos blancos de campo. Se recomienda un blanco de campo por cada 10 elementos de retención de muestra.

## 7 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

### 7.1 Limpieza del material

Todo el material empleado para la preparación de la pastilla de KBr debe limpiarse convenientemente con etanol del 96% o isopropanol en disolución acuosa al 25% (v/v).

### 7.2 Calibración

**7.2.1 Preparación de patrones**, los patrones se preparan a partir de una mezcla bien homogeneizada que contenga cantidades conocidas del material de referencia (4.1) y de bromuro potásico (4.2). Por ejemplo, una mezcla de sílice cristalina en bromuro potásico al 0,5% preparada mezclando 25 mg de sílice cristalina y 5 g de bromuro potásico.

#### NOTA:

*Es conveniente que el bromuro potásico tenga un tamaño de partícula similar al del material de referencia para favorecer la mezcla de ambas sustancias y la posterior formación de la pastilla.*

Se preparan por duplicado un mínimo de seis patrones de concentraciones equidistantes en el intervalo de aplicación del método, tomando para ello distintas cantidades de la mezcla junto con una cantidad determinada

de bromuro potásico hasta alcanzar 300 mg  $\pm$ 15 mg de KBr y homogeneizando el conjunto convenientemente.

A continuación se prepara una pastilla para su análisis espectrofotométrico. Para ello la mezcla se transfiere cuantitativamente a un molde de pastilla evacuable de 13 mm, asegurando una distribución homogénea en la cámara de compresión. A continuación se preparan las pastillas de los patrones para su análisis espectrofotométrico, desgasificando durante 1 minuto con una bomba de vacío y, posteriormente, comprimiendo la pastilla de KBr a una presión de 8–10 kg/cm<sup>2</sup> durante cinco minutos. La pastilla obtenida se pesa con una precisión de al menos 0,1 mg y se calcula la relación entre la pastilla final y el peso de KBr adicionado, que debería ser superior a 0,98.

**7.2.2. Curva de calibrado**, se selecciona el espectrofotómetro de infrarrojo en modo absorbancia y se establecen los parámetros adecuados para un análisis cuantitativo. Se colocan las pastillas en la ventana del espectrofotómetro y se registra el espectro, como mínimo entre 1000 cm<sup>-1</sup> y 500 cm<sup>-1</sup> con una resolución de 4 cm<sup>-1</sup>. Se recomienda realizar medidas adicionales rotando la muestra 90 °C o 120 °C para tener en cuenta la posible no homogeneidad de la pastilla.

Para el cuarzo, se mide la altura máxima corregida (I) de los picos del doblete a 800 cm<sup>-1</sup> y 780 cm<sup>-1</sup> y de la banda secundaria a 695 cm<sup>-1</sup> correspondiente a cada patrón, tomando como línea de base la tangente a los mínimos de absorción anterior y posterior al máximo de absorbancia de la sílice, por ejemplo en 840 cm<sup>-1</sup> y 720 cm<sup>-1</sup> para el doblete y en 720 cm<sup>-1</sup> y 670 cm<sup>-1</sup> para la banda secundaria. Si se han realizado varias lecturas de cada patrón, se determina la altura media a cada frecuencia.

Para la cristobalita se procede de igual forma que para el cuarzo, pero midiendo las alturas de pico máximas a 800 cm<sup>-1</sup> y 620 cm<sup>-1</sup>, tomando como línea base la tangente de los mínimos de absorción en 840 cm<sup>-1</sup> y 720 cm<sup>-1</sup> y en 650 cm<sup>-1</sup> y 590 cm<sup>-1</sup>, respectivamente.

Se construyen las curvas de calibrado representando las absorbancias frente a los contenidos conocidos de sílice correspondientes a cada patrón de acuerdo con la ecuación (2):

$$I = (a \times M_{SCR}) + b \quad (2)$$

donde:

- I es la intensidad de la banda de absorción de cada patrón;
- a es la pendiente de la recta de calibración;
- M<sub>SCR</sub> es la masa de sílice cristalina respirable en cada patrón, en µg; y
- b es la ordenada en el origen de la recta de calibración.

**NOTA:**

Una vez comprobado que la calibración es lineal en el intervalo de aplicación del método, se puede utilizar una función de calibración, con al menos tres patrones, en un intervalo reducido, por ejemplo entre el 50% y el 150% de la concentración esperada (12.19).

**7.3 Preparación de la muestra**

Se introducen los filtros de membrana, en crisoles y se calcinan, dependiendo de la composición de la muestra, a temperaturas superiores a 600 °C, durante al menos 60 minutos. En cualquier caso la temperatura de calcinación no debe exceder de 850 °C.

Una vez recuperada la temperatura ambiente se mezcla el residuo con aproximadamente 300 mg  $\pm$  15 mg de KBr, previamente secado en estufa a temperatura 110 °C. Se homogeneiza el conjunto, evitando que adquiera humedad, utilizando una mano de ágata bajo la acción de una lámpara IR u otros procedimientos adecuados. Si es necesario, se transfiere al mortero de ágata para finalizar la homogeneización de la muestra.

A continuación se prepara una pastilla para su análisis espectrofotométrico tal y como se ha indicado en el apartado 7.2.1.

Será necesario variar las condiciones de preparación de la muestra cuando haya interferencias. Un sistema rápido de detección de interferencias es realizar un barrido por FTIR sobre el filtro de muestreo. En el apartado 8 se dan algunas recomendaciones para las interferencias más habituales.

**7.4 Análisis de la muestra**

Se colocan en la ventana del espectrofotómetro las pastillas de las muestras preparadas en el apartado 7.3.

Se registra el espectro y se mide la altura de pico de la banda utilizada en la calibración de cada muestra de la misma forma que la indicada para los patrones en el apartado 7.2.2.

Se determina el contenido en SCR mediante interpolación en la curva de calibración. Para el cuarzo, si la relación de las alturas de pico a 800  $\text{cm}^{-1}$  y 780  $\text{cm}^{-1}$  está fuera del intervalo entre 1,0 y 1,4, se deberá examinar el espectro de la muestra para detectar posibles interferencias, en particular de cristobalita a 620  $\text{cm}^{-1}$  y de caolinita a 915  $\text{cm}^{-1}$ .

Si existen interferencias en la banda de 800  $\text{cm}^{-1}$ , la cuantificación del cuarzo y de la cristobalita podría llevarse a cabo utilizando para la calibración las bandas de absorción con máximos a 695  $\text{cm}^{-1}$  para el cuarzo y 625  $\text{cm}^{-1}$  para la cristobalita.

**8 INTERFERENCIAS**

En una muestra que contenga especies que absorban luz en la región del espectro de infrarrojos comprendida

entre 800  $\text{cm}^{-1}$  y 780  $\text{cm}^{-1}$ , las absorbancias de las distintas especies se comportan aditivamente y, por lo tanto, suponen una fuente de interferencias positivas en las determinaciones de sílice cristalina. Otra fuente de error común en las determinaciones de sílice cristalina mediante espectrofotometría de infrarrojos es la presencia de ciertas sustancias en la muestra que, aunque no presenten absorbancias interferentes, pueden alterar la naturaleza o la forma final en la que se presenta la sílice, perdiendo toda o parte de la especie a analizar. En ambas situaciones, los tratamientos químicos o térmicos son las aproximaciones más utilizadas para eliminar las interferencias, pudiendo llegar el caso de ser necesario conocer la matriz en la que se encuentra la sílice cristalina para su adecuado tratamiento.

A continuación se recogen algunas sustancias interferentes que pueden encontrarse, en distintos ambientes laborales, a la hora de determinar la cantidad de SCR presente. Asimismo, se han incluido algunas alternativas o recomendaciones de cómo pueden ser eliminadas de la determinación.

- La presencia de carbonatos como la calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) o la magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ) interfiere, al actuar como fundentes, en la determinación de la sílice cristalina, por reacción con ésta durante la calcinación, formando especies silicato ( $\text{CaSiO}_4$ ,  $\text{MgSiO}_4$ ). En estos casos se puede llevar a cabo, sobre los filtros utilizados, un tratamiento ácido con HCl diluido e isopropanol según el siguiente procedimiento:
  - Se coloca una membrana de PVC de 5  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro en una torre de filtración y se coloca el filtro de muestreo en el centro.
  - Se añaden 10 ml de ácido clorhídrico al 10% y 10 ml de isopropanol.
  - Se deja actuar la mezcla 10 minutos.
  - Una vez pasado ese tiempo se aplica vacío para retirar la mezcla de ácido e isopropanol y se hacen varios lavados de la membrana con agua destilada.
  - Se retira el vacío y se transfieren ambos filtros al crisol para su calcinación.

Actividades industriales como minería, fabricación de cemento, procesos cerámicos y de esmaltado, etc. pueden presentar este tipo de interferencias.

- La caolinita (silicato de aluminio hidratado,  $\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$ ) presenta una banda de absorción con un máximo centrado aproximadamente a 915  $\text{cm}^{-1}$ , suponiendo una interferencia positiva en la determinación de la sílice cristalina. La calcinación de las muestras en horno a temperaturas superiores a 800 °C puede eliminar dicha interferencia debido a la rotura de la estructura cristalina de la caolinita. Una alternativa es la corrección de la absorbancia a 800  $\text{cm}^{-1}$  debida a este mineral mediante la construcción de una recta de calibrado empleando un patrón de

concentración conocida que represente la absorbancia a  $915\text{ cm}^{-1}$  y a  $800\text{ cm}^{-1}$  frente a la masa de caolinita (12.16, 12.17). Conocida la relación existente entre ambas pendientes es posible calcular, a partir de la absorbancia a  $915\text{ cm}^{-1}$  de la muestra, la contribución a  $800\text{ cm}^{-1}$  de la caolinita. La caolinita es un constituyente de la arcilla, sustancia natural con numerosas aplicaciones industriales como la fabricación de ladrillos, baldosas, tuberías de saneamiento, alfarería, etc.

- El grafito (carbón) puede ocasionar atenuaciones en las absorbancias de la sílice cristalina a  $800\text{ cm}^{-1}$  y  $780\text{ cm}^{-1}$  comportándose como una especie de cuerpo negro (efectos de re-radiación). La interferencia por grafito, como en el caso de la caolinita, puede ser eliminada procediendo a la calcinación de los filtros utilizados a temperaturas próximas a  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Algunos de los ambientes laborales en los que se puede encontrar grafito son la minería del carbón, procesos a altas temperaturas como fundiciones y siderurgias, fabricación de pinturas, electrodos, etc.
- La sílice amorfa interfiere en la determinación de la sílice cristalina cuando está presente en grandes cantidades. Dependiendo de la variedad de sílice amorfa presente, y si el resto de constituyentes no generan problemas analíticos añadidos, se puede llevar a cabo la determinación de sílice cristalina empleando bandas de absorción menos sensibles (por ejemplo,  $695\text{ cm}^{-1}$  para cuarzo y  $620\text{ cm}^{-1}$  para cristobalita). Otras variedades como el ópalo C pueden hacer necesario el empleo de la técnica de difracción de Rayos X (DRX) para la cuantificación de la sílice cristalina. Aplicaciones industriales del caucho y de los plásticos, pinturas, diversos procesos de manufactura, etc. emplean sílice amorfa en su elaboración.
- Los silicatos con estructuras tetraédricas similares a las que presenta la sílice cristalina pueden interferir en la determinación cuantitativa de la cantidad presente en un ambiente laboral. La variedad de posibilidades (arcillas, feldespatos y micas, entre otros) hace imprescindible un conocimiento profundo de la matriz en la que se encuentra incluida la sílice cristalina para llevar a cabo un adecuado tratamiento de la interferencia. Una alternativa con buenos resultados en matrices bien conocidas supone preparar mezclas de los minerales interferentes con sílice cristalina, de manera similar a la utilizada para la elaboración de las rectas de calibrado, identificar la interferencia existente y corregirla matemáticamente a través de técnicas de software.
- Los volfratos y molibdatos (tipo scheelita, volframita y wulfenita) interfieren la determinación de sílice cristalina al absorber a  $800\text{ cm}^{-1}$ , por lo que se requeriría, al igual que ocurría en el caso de la sílice amorfa, el empleo de bandas menos sensibles. La aplicación más importante de este tipo de minerales es como mena de wolframio, plomo y molibdeno, si

bien en el caso de la wulfenita su presencia es más bien escasa, encontrándose en zonas de oxidación de filones de plomo.

- Cristobalita y tridimita absorben a  $800\text{ cm}^{-1}$ , aunque, especialmente en el caso de la tridimita, su presencia es más bien escasa. Procesos industriales donde se someta la muestra a altas temperaturas (fundiciones, industrias de refractarios,...) así como la industria de los aglomerados de cuarzo, ampliamente utilizados como sustitutos del mármol en construcción, pueden implicar la presencia de estos polimorfos de sílice cristalina diferentes del cuarzo. El cuarzo y la cristobalita se pueden determinar en presencia del otro empleando sus bandas menos sensibles a  $695\text{ cm}^{-1}$  y  $625\text{ cm}^{-1}$ . Sin embargo, la presencia de otros componentes como los feldespatos hace imposible la determinación mediante espectrofotometría de infrarrojo, debiéndose recurrir a la difracción de rayos X para la cuantificación de cada una de estas variedades polimórficas. Así mismo, por espectrofotometría de infrarrojo no es posible cuantificar tridimita en presencia de cuarzo o cristobalita y la difracción de rayos X es la técnica recomendada.

## 9 CONTROL DE CALIDAD

Los equipos e instrumentos utilizados durante el muestreo y el análisis deben estar incluidos en un programa de mantenimiento, calibración y control de calidad debidamente documentado y recogido en el procedimiento de trabajo.

El laboratorio debe disponer de un sistema de control de calidad interno que permita identificar y actuar ante situaciones donde la calidad de las determinaciones del laboratorio pueda verse comprometida. Es conveniente que el laboratorio participe en programas de control de calidad externos donde pueda contrastar la calidad de sus determinaciones analíticas.

El Programa Interlaboratorios de Control de Calidad de Sílice Cristalina en filtro (PICC-Sil), establecido por el Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT) está diseñado específicamente para las mediciones de sílice cristalina en el campo de la prevención de riesgos laborales y, por tanto, constituye una herramienta de calidad muy recomendable para los laboratorios de Higiene Industrial (12.15).

## 10 CÁLCULOS

La concentración de cuarzo y cristobalita en aire, en miligramos por metro cúbico, se calcula según la ecuación (3):

$$C = \frac{m}{V} \quad (3)$$

donde:

- C es la concentración de metal en aire, en mg/m<sup>3</sup>;  
 m es la cantidad de SCR en la muestra, en µg; y  
 V es el volumen de aire muestreado, en litros.

### 10.1 Expresión del resultado final

Se recomienda que la concentración del agente químico en aire se indique junto a su incertidumbre expandida, U, como:

$$C \text{ (mg/m}^3\text{)} \pm U\% \text{ (k=2)}$$

donde:

- C es la concentración de analito en aire, en mg/m<sup>3</sup>;  
 U es la incertidumbre expandida, en %; y  
 k es el factor de cobertura para un nivel de confianza dado (k=2 supone un nivel de confianza del 95%).

NOTA:

*Conviene indicar el procedimiento utilizado para calcular la incertidumbre expandida y el factor de cobertura seleccionado. El valor numérico de la incertidumbre debe expresarse, como máximo, con dos cifras significativas. El valor de la concentración del agente químico en el aire debe redondearse a la menor cifra significativa de la incertidumbre expandida en valor absoluto.*

## 11 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Este método de toma de muestra y análisis permite la determinación de cuarzo y cristobalita en la fracción respirable.

Las características de funcionamiento del método se han estimado a partir de los datos obtenidos en la validación utilizando filtros de PVC adicionados con distintas cantidades de SCR y de la participación en programas de ensayo de aptitud (véase anexo A) (12.17).

**11.1** El intervalo de calibración resultó ser lineal entre 10 µg/filtro y 200 µg/filtro. Para un volumen de aire muestreado de 2000 litros, el intervalo de aplicación del método está comprendido entre 0,005 mg/m<sup>3</sup> y 0,1 mg/m<sup>3</sup>

**11.2** Los límites de detección (LOD) y límites de cuantificación (LOQ) del método analítico, estimados siguiendo el criterio de la IUPAC (12.21) como tres y diez veces la desviación típica de los resultados obtenidos del análisis de diez blancos de laboratorio, son 1 µg/filtro y 4 µg/filtro para el cuarzo, y 2 µg/filtro y 6 µg/filtro para la cristobalita, respectivamente (véase A.1).

**11.3** La precisión analítica, obtenida a partir del análisis de muestras adicionadas de cuarzo y cristobalita, resultó ser inferior al 10% para concentraciones próximas al límite inferior del intervalo e inferiores al 5% en el resto de los

casos cuando las especies no se presentan simultáneamente en la muestra. Cuando coexisten, la precisión en la determinación del cuarzo resultó inferior al 7%, al tener que cuantificar los resultados en la banda secundaria, mucho menos sensible (véase A.2).

**11.4** El sesgo obtenido, para el caso del cuarzo, a partir del análisis de muestras adicionadas y de datos de participación en distintos programas de ensayos de aptitud para este polimorfo, resultó no significativo. Para la cristobalita, el sesgo medio obtenido a partir de muestras adicionadas es del -6% y cuando se encuentra conjuntamente ambos polimorfos el sesgo medio para ambos es de -6% (véase A.2).

**11.5** A partir de datos procedentes del Programa Interlaboratorios de Control de Calidad (PICC-Sil) del INSSBT (12.15) se ha estimado como adecuada una desviación típica relativa del 10% para las determinaciones de cuarzo realizadas mediante espectrofotometría infrarroja en el intervalo de 40 µg a 160 µg de cuarzo en la muestra. Para cantidades entre 10 µg y 40 µg de cuarzo en la muestra, las pruebas de intercomparación realizadas muestran coeficientes de variación inferiores al 20%, con un coeficiente de variación promediado del 15% para este intervalo (12.19).

**11.6** La incertidumbre expandida máxima, para la determinación de cuarzo y cristobalita (fracción respirable) en aire, utilizando la banda de absorción principal de 800 cm<sup>-1</sup>, y estimada de acuerdo con las Normas UNE-EN 13890 e ISO 24095, es:

- U ≤43,3% para concentraciones de cuarzo en filtro de 10 µg y 40 µg en filtro, lo que supone una concentración en aire entre 0,005 mg/m<sup>3</sup> y 0,02 mg/m<sup>3</sup> para un volumen de muestreo de 2000 litros; y
- U ≤33,3%, para concentraciones de cuarzo en aire entre 40 µg y 200 µg en filtro, es decir, concentraciones en aire superiores a 0,02 mg/m<sup>3</sup>, considerando un volumen de muestreo de 2000 litros.

En el apartado A.3 se detallan cada una de las componentes de la incertidumbre de medida así como el cálculo de la incertidumbre expandida.

La incertidumbre de medida indicada en este método debe considerarse como una referencia, siendo necesaria su estimación en cada caso.

## 12 BIBLIOGRAFÍA

**12.1** Reglamento (CE) nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, Reglamento CLP.

**12.2** UNE-EN 481. "Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles"

- 12.3** UNE-EN 482. "Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medida de agentes químicos."
- 12.4** IUNE-EN 689. "Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de medición."
- 12.5** UNE-EN 1540. "Exposición en el lugar de trabajo. Terminología."
- 12.6** UNE-EN 13205-1. "Exposición en el lugar de trabajo. Evaluación del funcionamiento de los muestreadores para la medición de concentraciones de partículas en suspensión en el aire. Parte 1: Requisitos generales."
- 12.7** UNE-EN 13890. "Exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos para la medida de metales y no metales en partículas en suspensión en el aire. Requisitos y métodos de ensayo."
- 12.8** UNE-EN ISO 13137 "Atmósferas en los puestos de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo."
- 12.9** CEN/TR 15230 Workplace atmospheres – Guidance for sampling of inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions.
- 12.10** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España."
- 12.11** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Criterios y Recomendaciones: "Bombas para el muestreo personal de agentes químicos" CR-01/2006.
- 12.12** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Criterios y Recomendaciones: "Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada." CR-03/2006.
- 12.13** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Criterios y Recomendaciones: "Determinación de la incertidumbre de medida de agentes químicos. Incertidumbre del volumen de aire muestreado." CR-04/2008.
- 12.14** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Criterios y Recomendaciones: "Determinación de la incertidumbre de medida de agentes químicos. Utilización de los resultados de participación en programas de ensayo de aptitud en la estimación de la incertidumbre de medida de un procedimiento analítico." CR-09/2016.
- 12.15** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Programa Interlaboratorios de Control de Calidad de Sílice Cristalina (PICC-Sil). [www.insht.es/picc](http://www.insht.es/picc).
- 12.16** National Institute for Occupational Safety and Health. Silica crystalline by IR. Manual of Analytical. Methods 4rd. Ed. Method 7602.
- 12.17** Mine Safety and Health Administration. Infrared determination of quartz in respirable coal mine dust. MSHA Method P-7.
- 12.18** ISO 24095 Workplace air. Guidance for the measurement of respirable crystalline silica.
- 12.19** Rojo, J.M. and Montes, N.; Avances en el Programa Interlaboratorios de Control de Calidad de Sílice Cristalina. XII International Conference on Occupational Risk Prevention – ORP 2014. Ed: Mondelo, P.R. et al., Spain (2014).
- 12.20** International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). "Harmonized guidelines for single-laboratory validation of methods of analysis." Technical Report. Pure Appl. Chem. Vol 74, N° 5, pp 835-855, 2002.
- 12.21** Currie, L. A. "Nomenclature in evaluation of analytical methods including detection and quantification capabilities." Pure & Appl Chem, 6, 10, 1995, pp 1699 – 1723. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC – Recommendations 1995).
- 12.22** EURACHEM / CITAC Guide CG 4, Quantifying uncertainty in analytical measurement, Third Edition. 2012. ISBN 978-0-948926-30-3.

## ANEXO A

### Características de funcionamiento

#### A.1 Estimación de los límites de detección y límites de cuantificación

Los límites de detección y cuantificación del método se han calculado a partir del análisis de 10 blancos de laboratorio (filtros de PVC de 37 mm de diámetro) de acuerdo con el criterio recomendado por la IUPAC (12.21). La tabla A.1 muestra los resultados obtenidos.

Tabla A.1

#### Límites de detección y cuantificación analíticos

Filtro	Cuarzo (800 cm <sup>-1</sup> )	Cristobalita (800 cm <sup>-1</sup> )
1	-0,29	-0,35
2	-0,14	-0,10
3	-0,28	-0,33
4	-0,20	-0,20
5	-0,28	-0,33
6	-0,29	-0,35
7	-0,29	-0,35
8	-0,28	-0,35
9	0,56	1,04
10	0,65	1,20
Media	-0,08	-0,01
Desviación estándar	0,37	0,60
<b>LOD</b>	<b>1,1</b>	<b>1,8</b>
<b>LOQ</b>	<b>3,7</b>	<b>6,0</b>

#### A.2 Sesgo y precisión analíticos

##### A.2.1 Muestras adicionadas

Se ha calculado la precisión y la recuperación analítica en la determinación de SCR, tanto para cada uno de los polimorfos como para la mezcla de ambos, a distintos niveles de concentración a partir de muestras adicionadas por vía húmeda. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla A.2

TABLA A.2

Precisión y recuperación analítica en muestras adicionadas

A. MUESTRAS INDEPENDIENTES										
Cuarzo					Cristobalita					
$m_a$ µg/filtro	Nº Ensayos	$m_r$ µg/filtro	CV (%)	RA <sub>i</sub> (%)	$m_a$ µg/filtro	Nº Ensayos	$m_r$ µg/filtro	CV (%)	RA <sub>i</sub> (%)	
12	10	10,8	9,6	90	15	10	13,6	5,6	91	
26	10	24,0	4,0	93	30	10	28,8	3,3	95	
40	10	39,4	3,1	98	60	10	58,4	1,9	98	
92	10	92,5	4,1	101	95	10	90,1	3,0	95	
150	10	158	4,6	105	150	10	141	1,9	94	
175	10	170	3,6	97	180	10	164	2,4	91	
Recuperación media, RA (%)				97,3	Recuperación media, (RA)				94,0	
Coeficiente variación RA (%)				5,6	Coeficiente variación RA				2,9	

B. MEZCLA DE AMBOS POLIMORFOS						
	Nº Ensayos	SCR	$m_a$ µg/filtro	$m_r$ µg/filtro	CV (%)	RA <sub>i</sub> (%)
Nivel 1	10	Cuarzo	48	42,5	6,7	90
		Cristobalita	55	49,1	3,8	87
Nivel 2	10	Cuarzo	90	89,7	5,1	93
		Cristobalita	100	92,8	1,6	93
Nivel 3	10	Cuarzo	125	123	6,8	98
		Cristobalita	135	125	1,9	92
CUARZO			Recuperación media, RA (%)			93,7
			Coeficiente variación RA (%)			4,3
CRISTOBALITA			Recuperación media, RA (%)			94,9
			Coeficiente variación RA (%)			2,9

$m_a$  es la cantidad adicionada;

$m_r$  es la cantidad recuperada;

RA<sub>i</sub> es la recuperación analítica a cada nivel de concentración;

CV es el coeficiente de variación de las réplicas a cada nivel de concentración.

### A.2.2 Participación en programas de ensayos de aptitud

Se ha estimado el sesgo analítico a partir de los datos de participación en dos programas de ensayos de aptitud para la determinación de cuarzo respirable en filtros de PVC. Las muestras se han analizado de acuerdo con el procedimiento indicado en el método.

La tabla A.3 recoge los valores medios de los resultados normalizados frente al valor asignado obtenidos en dichos programas de ensayos de aptitud y la figura A.1 recoge la representación gráfica de dichos resultados.

Tabla A.3

Sesgo analítico obtenido en participación en programas de ensayo de aptitud

Programa	Intervalo (µg/filtro)	Número de resultados evaluados	V <sub>n</sub>	Sesgo B (%)	CV (%)
PICC-Sil	30 – 170	48	1,01	0,99	7,6
AIR-PT	70 – 200	8	0,99	-1,16	9,7

V<sub>n</sub> es el valor normalizado obtenido como la relación entre el resultado obtenido (x) y el valor asignado;

B es el promedio de los sesgos individuales, calculados como  $[(x-V_d)/V_d] * 100$ ;

CV es el coeficiente de variación de los sesgos.

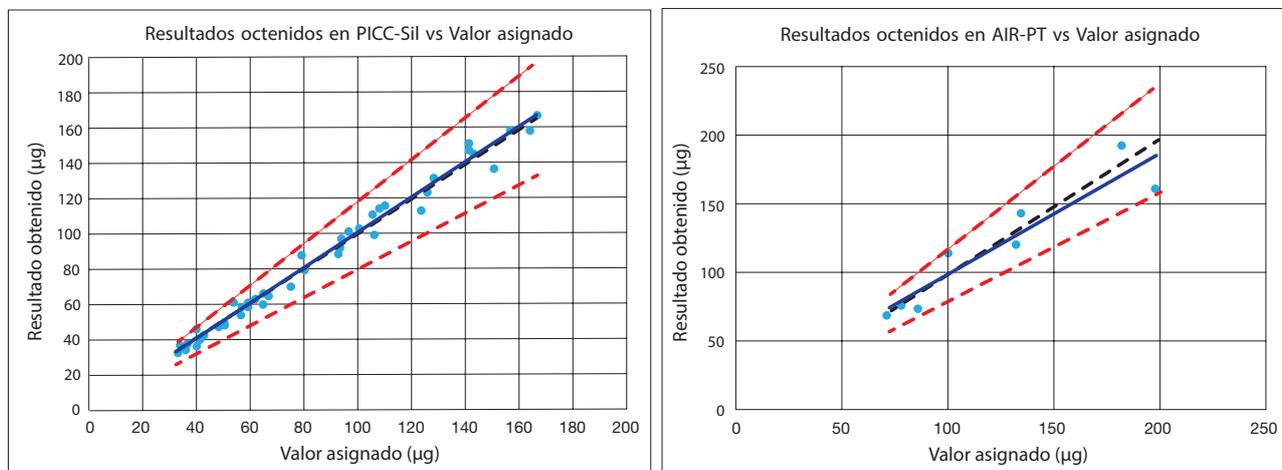


Figura A.1. Resultados obtenidos en dos programas de ensayo de aptitud para la determinación de cuarzo en filtros de PVC. Las líneas continuas representan el ajuste lineal de los resultados, y las líneas discontinuas los límites de control de ambos programas, que tienen definida una desviación típica aplicable del 10%.

### A.3. Estimación de la incertidumbre de medida

Las principales componentes de incertidumbre en la determinación de SCR en aire son las asociadas al muestreo y al análisis. La incertidumbre, en %, asociada a dicha concentración se ha estimado haciendo uso de la información obtenida durante la validación del método y siguiendo los criterios y recomendaciones establecidos en las normas UNE-EN 13890 (12.17), ISO 24095 (12.18) y en los documentos Criterios y Recomendaciones del INSSBT (12.11), (12.13) y (12.14).

En la tabla A.4 se indica la estimación, en el caso más desfavorable, de la incertidumbre de medida en la determinación de cuarzo y cristobalita en la banda de 800 cm<sup>-1</sup>. El valor de la incertidumbre obtenido debería considerarse como una referencia, debiéndose calcular en cada caso.

Tabla A.4

Estimación de la incertidumbre en el caso más desfavorable

COMPONENTE DE LA INCERTIDUMBRE	Fuente de información	<i>u</i> (%)	
<b>Incertidumbre volumen muestreo</b>			
- Calibración del caudal (medidor de caudal másico)	UNE 13890 (B.2.2)	0,61	
- Lectura del caudal (medidor de caudal másico)	UNE 13890 (B.2.2)	2,00	
- Estabilidad del caudal de la bomba	UNE EN ISO 13137 (5%)	2,89	
- Tiempo de toma de muestra.	UNE EN ISO 13137 ( $\pm 0,5\%$ )	0,29	
<b><i>u<sub>v</sub></i></b>		<b>3,58</b>	
<b>Incertidumbre asociada a la eficacia de muestreo</b>			
Incertidumbre expandida máxima del muestreador de aerosoles	UNE EN 13205-1 ( $U \leq 25\%$ )	12,5	
<b><i>u<sub>em</sub></i></b>		<b>12,5</b>	
<b>Incertidumbre asociada al transporte y al almacenamiento</b>		10 $\mu\text{g}$ a 40 $\mu\text{g}$	40 $\mu\text{g}$ a 200 $\mu\text{g}$
Transporte	UNE 13205-1 (15 % para cargas en filtro entre 0,1 y 0,5 VLA y 5% cargas en filtro >0,5 % VLA)	8,66	2,89
Almacenamiento	Despreciable	--	--
<b><i>u<sub>tr</sub></i></b>		<b>8,66</b>	<b>2,89</b>
<b>Incertidumbre analítica</b>		10 $\mu\text{g}$ a 40 $\mu\text{g}$	40 $\mu\text{g}$ a 160 $\mu\text{g}$
Precisión analítica	PICC-Sil (12.15, 12.19)	15	10
Sesgo analítico	Incluido en PICC-Sil	--	--
Deriva instrumental	Incluido en PICC-Sil	--	--
<b><i>u<sub>a</sub></i></b>		<b>15</b>	<b>10</b>
<b>Incertidumbre combinada, <i>u<sub>c</sub></i></b>		<b>21,7</b>	<b>16,7</b>
<b>Incertidumbre expandida, <i>U</i> (<i>k</i> = 2)</b>		<b>43,3</b>	<b>33,3</b>

## ANEXO B

## Muestreadores de la fracción respirable

Los muestreadores utilizados para captar las diferentes fracciones del aerosol (inhalable, torácica o respirable) deben adecuarse a los convenios para su toma de muestra especificados en la Norma UNE-EN 481. En este sentido, el informe técnico CEN/TR 15230 (12.9) incluye, con carácter informativo, los muestreadores (disponibles en el mercado en el año 2004) que cumplen con las especificaciones de las Normas UNE-EN 481 y UNE-EN 13205 para determinadas condiciones ambientales.

No todos los muestreadores cumplen con los requisitos para todas las condiciones ambientales posibles y es el usuario quien debe verificar que el muestreador tiene un comportamiento aceptable para las condiciones en las que se va a utilizar.

Las principales variables que afectan a la eficacia de muestreo son el diámetro aerodinámico de las partículas y la velocidad y dirección del viento. Algunos muestreadores presentan dificultades para el cumplimiento del convenio establecido (inhalable, torácico o respirable) cuando las velocidades del viento son altas, cuando la concentración del aerosol es elevada o cuando se generan partículas grandes con un gran momento de inercia. Estas situaciones conducen, en general, a una subestimación de la fracción de interés, excepto en las situaciones en las que se generan partículas grandes (12.12).

Los muestreadores diseñados para recoger de forma simultánea más de una fracción se ven afectados por las condiciones ya citadas, además de existir la posibilidad de que las partículas puedan pasar de una fracción a otra una vez han sido recogidas por el muestreador.

La tabla B.1 recoge, para la fracción respirable, los muestreadores personales incluidos en el Informe Técnico CEN/TR 15230, junto con los elementos de retención y caudales de muestreo recomendados, que pueden utilizarse en la aplicación de este método. No obstante, muestreadores que utilizan filtro de PVC como elemento de retención aparecidos (o disponibles) en fecha posterior al Informe Técnico CEN/TR 15230 y que demuestren el cumplimiento de los requisitos de las Normas UNE EN 481 y UNE EN 13205-1 podrían utilizarse para recoger la fracción respirable de la sílice cristalina.

Tabla B.1

**Muestreadores de la fracción respirable recogidos en el informe CEN/TR 15230  
utilizables en la aplicación de este método de toma de muestra y análisis (\*)**

Fracción relacionada con la salud	Muestreador personal	Caudal de muestreo l/min	Elemento de retención
Respirable	IOM Multidust	2	Filtro de 25 mm en portafiltro
	GK 2,69	4,2	Filtro de 37 mm
	SIMPEDS	2,2	Filtro de 25 mm
	Ciclón polvo respirable	2,2	Filtro de 25 mm
	Ciclón aluminio	2,5	Filtro de 25 o 37 mm
	Ciclón plástico conductor	2,2	Filtro de 25 o 37 mm
	PGP-FSP 2	2	Filtro de 37 mm
	PGP-FSP 10	10	Filtro de 37 mm
	Ciclón de nylon 10mm	1,7	Filtro de 37 mm
Inhalable y Respirable	IOM Multidust	2	Espuma y filtro de 25 mm en portafiltro
Inhalable y Respirable	Respicon	3,11	Filtros de 37 mm
Inhalable, Torácica y Respirable	Respicon	3,11	Filtros de 37 mm

(\*) Las características detalladas se pueden consultar al fabricante.



MTA-MA-057/A17



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE EMPLEO  
Y SEGURIDAD SOCIAL

 **inssbt**

Instituto Nacional de Seguridad,  
Salud y Bienestar en el Trabajo

**DETERMINACIÓN DE MATERIA PARTICULADA  
(FRACCIONES INHALABLE, TORÁCICA Y  
RESPIRABLE) EN AIRE - MÉTODO GRAVIMÉTRICO**

**MTA/MA – 014/A11**



**MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN**



**INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO**

**Organismos participantes en el Programa Nacional de Normalización de Métodos de Toma de Muestra y Análisis:**

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - Barcelona

Centro Nacional de Medios de Protección - Sevilla

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías - Madrid

Centro Nacional de Verificación de Maquinaria - Vizcaya

**Coordinación:**

Centro Nacional de Verificación de Maquinaria - Vizcaya

**Edita:**

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo  
C/ Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID



## DETERMINACIÓN DE MATERIA PARTICULADA (FRACCIONES INHALABLE, TORÁCICA Y RESPIRABLE) EN AIRE – MÉTODO GRAVIMÉTRICO

*Palabras clave: materia particulada, fracción inhalable, fracción torácica, fracción respirable, aerosol, aire, gravimetría.*

(El presente método constituye una revisión/actualización del MTA/MA-014/A88)

### 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este método describe el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la determinación gravimétrica de la materia particulada suspendida en el aire (aerosol) de los lugares de trabajo, captada mediante un elemento de retención apropiado.

El método es aplicable a todo tipo de materia particulada (polvo de madera, polvo de sílice libre, humos de soldadura, nieblas de aceites, etc.) para cuyo análisis se precise una determinación gravimétrica (10.1.) y permite, asimismo, la determinación de las diferentes fracciones por tamaño de partícula de los aerosoles contempladas en la Norma UNE-EN 481 (10.2.) siempre que se utilicen para su captación los muestreadores adecuados (10.3.).

La cantidad de materia particulada recogida dependerá del sistema de muestreo elegido para la toma de muestra. Por tanto, el intervalo de trabajo de este método puede considerarse como el intervalo en masa comprendido entre el límite de cuantificación calculado y el valor de la misma que puede causar la colmatación del elemento de retención utilizado.

El límite de detección del método depende de la sensibilidad de la balanza analítica empleada, de las condiciones de operación y de la estabilidad gravimétrica de la pesada por lo que debe ser calculado por cada laboratorio (véase anexo A).

Tanto la colmatación del elemento de retención como una posible pérdida de masa durante la manipulación de la muestra son factores críticos en las determinaciones gravimétricas de materia particulada. Además, distintos muestreadores pueden requerir diferentes caudales para la toma de muestra, lo que implica, para el mismo volumen de aire, tiempos de muestreo diferentes.

Este método puede utilizarse para realizar mediciones que tengan por objeto su comparación con el valor límite y para mediciones periódicas (véanse los apartados 4.5

y 4.6 de la Norma UNE-EN 482) (10.4.) en cumplimiento del RD 374/2001 sobre agentes químicos (10.5.). También podría utilizarse para realizar mediciones para la evaluación aproximada de la concentración media ponderada en el tiempo (véase apartado 4.2 de la Norma UNE-EN 482), así como para realizar la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos (véase la Norma UNE-EN 689) (10.6.).

### 2. DEFINICIONES

A efectos de este documento se aplican las siguientes definiciones:

#### 2.1. Aerosol

Suspensión de partículas sólidas o líquidas en el aire.

#### 2.2. Fracción inhalable

Fracción de la masa de las partículas del aerosol que se inhala a través de la nariz y la boca.

#### 2.3. Fracción torácica

Fracción de la masa de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe.

#### 2.4. Fracción respirable

Fracción de la masa de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas.

#### 2.5. Sistema de muestreo

Conjunto de componentes cuya misión es separar la fracción del aerosol de interés (inhalable, torácica o respirable) y recogerla en un determinado elemento de retención. La bomba de muestreo, el muestreador y el elemento de retención forman parte del sistema de muestreo.

#### 2.6. Muestreador

Dispositivo que permite separar las partículas del aerosol del aire y recogerlas en un elemento de retención.

## 2.7. Elemento de retención

Elemento que se integra en el muestreador y que retiene la fracción de interés del aerosol para su posterior análisis. Generalmente son filtros o espumas de diferentes características.

*NOTA: En algunos muestreadores se considera el conjunto filtro + portafiltro como elemento de retención.*

## 2.8. Sesgo

Desviación o diferencia de los resultados obtenidos aplicando un procedimiento de medida con respecto al valor aceptado como referencia.

## 2.9. Precisión

Grado de concordancia entre los resultados obtenidos aplicando el método repetidas veces bajo condiciones determinadas.

## 2.10. Incertidumbre

Estimación del intervalo de valores en el que se sitúa, generalmente, con una probabilidad determinada, el valor verdadero de la magnitud medida.

## 3. FUNDAMENTO DEL MÉTODO

La muestra se recoge haciendo pasar un volumen conocido de aire a través de un muestreador que incorpora un elemento de retención adecuado, con la ayuda de una bomba de muestreo.

La cantidad de materia retenida en el elemento de retención, expresada en miligramos, se obtiene como diferencia entre la pesada del elemento de retención posterior y previa al muestreo.

A partir de dicha cantidad, y teniendo en cuenta el volumen de aire muestreado, se obtiene la concentración de materia particulada en aire, en miligramos por metro cúbico.

## 4. REACTIVOS Y PRODUCTOS

**4.1. Agua destilada o desionizada libre de partículas** (10.7.).

**4.2. Disolución sobresaturada de una sustancia cristalina** (10.8.) como el carbonato potásico, nitrato cálcico o amónico, etc. cuyo porcentaje de humedad relativa, a temperatura constante, sea próxima a la media habitual del laboratorio ( $\pm 5\%$ ). Este reactivo únicamente es necesario en caso de requerir el acondicionamiento del elemento de retención.

**4.3. Etanol del 96 % o isopropanol en disolución acuosa al 25 %** (10.9.).

## 5. APARATOS Y MATERIAL

### 5.1. Aparatos y material para la toma de muestra

**5.1.1. Bomba de muestreo** capaz de mantener un funcionamiento continuado durante el tiempo de muestreo requerido. El caudal de la bomba ha de mantenerse constante dentro de un intervalo de  $\pm 5\%$  del caudal fijado durante su calibración.

Para muestreos a caudales inferiores a 5 l/min la bomba cumplirá los requisitos recogidos en la Norma UNE-EN 1232 (10.10.). Para muestreos superiores a 5 l/min la bomba cumplirá los requisitos recogidos en la Norma UNE-EN 12919 (10.11.). Véase el anexo D.

**5.1.2. Medidor de caudal** para la calibración de la bomba de muestreo. Véase el anexo D.

*NOTA: Es recomendable la utilización de un medidor de caudal de burbuja ya que sus lecturas son independientes de la temperatura y la presión atmosférica (CEN/TR 15230) (10.12.).*

**5.1.3. Muestreador.** Dispositivo diseñado para captar una o varias de las fracciones del aerosol definidas en la Norma UNE-EN 481 (10.2.) y que debe cumplir con lo establecido en la Norma UNE-EN 13205 (10.13.), relativa al funcionamiento de los instrumentos para la medición de concentraciones de aerosoles, y en el documento técnico CEN/TR 15230 (10.11.). En el anexo B se recogen una serie de muestreadores que potencialmente cumplen los requisitos exigibles.

**5.1.4. Elemento de retención** como filtro, espuma u otro que garantice una eficacia de retención no inferior al 99 % del aerosol suspendido en el aire. La elección del elemento de retención viene condicionada, en general, por el sistema de muestreo utilizado y por consideraciones analíticas. Véanse los anexos B y C.

### 5.1.5. Medidor de tiempo

### 5.2. Aparatos y material para el análisis

**5.2.1. Balanza analítica** con sensibilidad mínima de 0,01 miligramos, es decir, capaz de pesar con una resolución de 1 o 10 microgramos (6 o 5 cifras, respectivamente).

**5.2.2. Cámara de humedad controlada.** Recinto que contiene una disolución sobresaturada de una sustancia cristalina (4.2.) y cuyo fin es acondicionar los elementos de retención y mantener un nivel homogéneo de humedad durante el proceso de pesada.

*NOTA: El uso de esta cámara es necesario para determinados elementos de retención y opcional para otros.*

**5.2.3. Dispositivo para la eliminación de la electricidad estática** que minimice los efectos producidos por

la acumulación de electricidad estática en determinados elementos de retención.

*NOTA: En el mercado existen diversos dispositivos como descargadores o equipos ionizadores, pistolas antiestáticas, barras de ionización, etc. que disipan la carga electrostática acumulada.*

**5.2.4. Pinzas de puntas planas** y sin estrías en los bordes que eviten, en lo posible, el deterioro de los elementos de retención y la generación de cargas electrostáticas.

**5.2.5. Guantes** que eviten el contacto de la piel con los elementos de retención pero que no dificulten el proceso de manipulación.

**5.2.6. Utensilio para extraer el elemento de retención** que facilite, en caso necesario, la extracción del elemento de retención del muestreador.

## 6. TOMA DE MUESTRA

**6.1.** Antes de usar los muestreadores se comprobará que están completamente limpios y secos.

*NOTA 1: Se tendrán en cuenta las recomendaciones del fabricante en todas las operaciones de limpieza y manipulación del muestreador.*

*NOTA 2: Si se utilizan ciclones, éstos deben desmontarse e inspeccionarse. Si aparecen muescas o rayas en su interior, deberán desecharse.*

**6.2.** Se monta el elemento de retención (5.1.4.) previamente pesado en el muestreador seleccionado (5.1.3.). El elemento de retención se manipulará únicamente con pinzas de puntas planas (5.2.4.) y el muestreador, con el elemento de retención incorporado, permanecerá convenientemente cerrado hasta el comienzo del muestreo.

**6.3.** Se calibra la bomba de muestreo (5.1.1.) al caudal requerido empleando un medidor de caudal (5.1.2.), y un muestreador conteniendo un elemento de retención del mismo lote que el utilizado en el muestreo (véase el anexo D).

**6.4.** Antes de comenzar el muestreo, se retiran las protecciones del muestreador y se conecta éste a la bomba mediante un tubo flexible, asegurándose de que no existen fugas ni estrangulamientos.

**6.5.** Para muestreos personales se coloca el muestreador en la zona de respiración del trabajador, por ejemplo, sujeto a la solapa, y la bomba de muestreo se sujeta en el cinturón o en otro lugar apropiado de la ropa del trabajador, evitando estrangulamientos del tubo flexible.

*NOTA: Para mediciones en un punto fijo (5.2.2. de la Norma UNE-EN 689) se debe elegir una localización adecuada para el muestreo.*

**6.6.** Para iniciar el muestreo se pone en marcha la bomba y se anota la hora de comienzo de la toma de muestra.

El tiempo de muestreo debe ser representativo de la duración de la exposición de los trabajadores y tan largo como sea razonablemente posible, evitando la colmatación del elemento de retención.

**6.7.** Al finalizar la toma de muestra se anota el tiempo transcurrido desde el inicio del muestreo.

Se retira el muestreador del sistema de muestreo y se vuelve a cerrar para evitar pérdidas o contaminaciones durante su traslado al laboratorio. Se anotan la referencia de la muestra y todos los datos relativos al muestreo.

**6.8.** Con el mismo muestreador y elemento de retención utilizados en la calibración previa (6.3.), se verificará y anotará el caudal de la bomba tras el muestreo.

El caudal al final del periodo de muestreo deberá haberse mantenido dentro del  $\pm 5\%$  del valor ajustado inicialmente (véase anexo D). La muestra se considera no válida cuando la diferencia entre los caudales medidos antes y después de la toma de muestra supera dicho  $5\%$ .

**6.9.** Por cada lote de muestras tomadas en las mismas condiciones se adjuntarán, al menos, tres blancos de muestreo (elementos de retención sometidos exactamente a la misma manipulación que las muestras, excepto que a través de ellos no habrá pasado aire).

## 7. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

### 7.1. Limpieza

**7.1.1.** El área próxima a las balanzas debe mantenerse libre de polvo y de cualquier elemento que pueda afectar a la estabilidad de la pesada. Las mesas o áreas de trabajo pueden limpiarse con paños húmedos o toallas adsorbentes.

**7.1.2.** El plato de la balanza o los accesorios para la pesada de los elementos de retención, así como pinzas, espátulas u otros utensilios de laboratorio, pueden limpiarse cuidadosamente con alcohol (4.3.) y tejidos desechables no fibrosos.

### 7.2. Condiciones para la determinación gravimétrica

La balanza debería estar ubicada en un local donde las condiciones ambientales estén debidamente controladas (temperaturas en torno a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y humedades relativas próximas al  $50\%$ ) (10.14.).

*NOTA: Es conveniente que el local no presente ventanas y se eviten las corrientes de aire y las fuentes de energías radiantes o electromagnéticas. Se recomienda, asimismo, que durante las determinaciones gravimétricas únicamente permanezca en este local la persona que las está realizando.*

### 7.3. Calibración de la balanza y control de calidad

**7.3.1. Calibración periódica.** La balanza debe ser calibrada periódicamente para comprobar su correcto funcionamiento y que los resultados sean consistentes y reproducibles. El resultado de la calibración debe quedar reflejado en el correspondiente certificado de calibración.

*NOTA 1: Si la calibración interna de la balanza la realiza el propio laboratorio, debe utilizar procedimientos adecuados para ello, como se especifica en el punto 5.4 de la Norma ISO 17025 (10.15.).*

*NOTA 2: La periodicidad recomendada para la calibración de la balanza es de aproximadamente 12 meses, y siempre que se compruebe que la calidad de los resultados no es aceptable.*

**7.3.2. Verificación de las condiciones de uso de la balanza.** De forma periódica, por ejemplo mensualmente, el usuario puede realizar una serie de actuaciones para verificar la sensibilidad y repetibilidad de su balanza analítica. El uso de pesas certificadas de la clase F o E permite controlar las especificaciones de las balanzas capaces de pesar con una resolución de 1 o 10 microgramos (balanzas de 6 o 5 cifras, respectivamente).

*NOTA: La comprobación del ajuste del cero (o tara) antes de cada pesada y la utilización de la opción de auto-calibración (mediante pesas internas), disponible ya en muchas balanzas, son actuaciones cotidianas que contribuyen al control del funcionamiento de la balanza.*

### 7.3.3. Control de calidad

Los equipos e instrumentos utilizados durante el análisis gravimétrico deben estar incluidos en un programa de mantenimiento, calibración y control de calidad debidamente documentado y recogido en el procedimiento de trabajo.

Las situaciones más habituales que afectan a la precisión de las determinaciones gravimétricas y que son detectables con un adecuado control de calidad están asociadas a deficiencias o mal funcionamiento de la balanza, de la cámara de humedad controlada o del sistema de eliminación de cargas electrostáticas; a variaciones en la calidad o composición de los elementos de retención y a diferencias entre analistas.

**7.3.3.1. Control de calidad interno.** El laboratorio debe disponer de un sistema de control de calidad interno que permita identificar y actuar ante situaciones donde la calidad de las determinaciones gravimétricas del laboratorio pueda verse comprometida.

*NOTA: Por ejemplo, el empleo de blancos intercalados entre las muestras de campo permite detectar variaciones sistemáticas en la masa debidas a posibles absorciones o evaporaciones durante el proceso de pesada.*

**7.3.3.2. Control de calidad externo.** Es conveniente que el laboratorio participe en programas de control de calidad externos donde pueda contrastar la calidad de sus determinaciones gravimétricas (10.16.).

### 7.4. Procedimiento de medida

La determinación gravimétrica requiere pesar el elemento de retención tanto antes como después de la toma de muestra. Para ello, los elementos de retención deben ser manipulados cuidadosamente y colocados sobre los soportes que faciliten su acondicionamiento y/o eliminación de posibles cargas estáticas.

Los elementos de retención se tratarán de forma idéntica antes y después de la toma de muestra, realizándose las pesadas en la misma balanza y, a ser posible, por la misma persona.

#### 7.4.1. Acondicionamiento del elemento de retención

Los elementos de retención que requieran acondicionamiento se introducen en la cámara de humedad (5.2.2.) durante un periodo mínimo de 24 horas, para que la temperatura y la humedad de dicho elemento se equilibren con las existentes en el interior de la cámara.

#### 7.4.2. Pesada del elemento de retención

**7.4.2.1.** Inmediatamente antes de proceder a la pesada se debe eliminar, con el correspondiente dispositivo (5.2.3.), la posible carga electrostática existente en la superficie del elemento de retención ya que ésta puede llegar a ser una fuente de error importante en algunas determinaciones gravimétricas.

**7.4.2.2.** Previamente a la pesada del elemento de retención la balanza habrá sido ajustada a cero.

**7.4.2.3.** La pesada se realiza depositando el elemento de retención sobre el plato o accesorio específicamente diseñado para la balanza. Se considerará como valor de la pesada la lectura registrada una vez que ésta se haya estabilizado.

*NOTA: Para los elementos de retención acondicionados en la cámara de humedad es aconsejable que después de realizar 10 o 12 pesadas consecutivas se espere al menos 1 hora para restablecer el control de la humedad de la cámara.*

**7.4.2.4.** Para minimizar los errores asociados a las operaciones con la balanza se recomienda efectuar al menos tres pesadas del elemento de retención y utilizar, como resultado, el valor medio de las mismas.

*NOTA: Factores como la humedad o la electricidad estática pueden generar diferencias entre pesadas (por ejemplo,*

pueden ser superiores a 10 µg para balanzas con sensibilidad de 1 µg). En tal caso, debería efectuarse alguna pesada adicional.

## 8. CÁLCULOS

### 8.1. Cantidad de materia particulada retenida

El peso de la materia particulada (P) recogida en el elemento de retención, expresada en miligramos, se obtiene por diferencia entre la pesada posterior (P<sub>2</sub>) y la previa (P<sub>1</sub>) a la toma de muestra (7.4.2.), de acuerdo con la expresión:

$$P = (P_2 - P_1)$$

donde:

P<sub>1</sub> es el valor medio de las tres pesadas previas al muestreo, en mg

$$P_1 = \frac{P_{11} + P_{12} + P_{13}}{3}$$

P<sub>2</sub> es el valor medio de las tres pesadas posteriores al muestreo, en mg

$$P_2 = \frac{P_{21} + P_{22} + P_{23}}{3}$$

### 8.2. Corrección de la inestabilidad de la pesada mediante el uso de blancos de muestreo

Esta corrección se realiza utilizando tres elementos de retención en blanco (10.14.). En este caso, la expresión para el cálculo de la cantidad de materia particulada recogida en un elemento de retención corregida con el resultado de las pesadas obtenidas para los blancos sería:

$$P_{\text{corregida}} = (P_2 - P_1) \pm \left( \frac{(B_{12} - B_{11}) + (B_{22} - B_{21}) + (B_{32} - B_{31})}{3} \right)$$

$$P_{\text{corregida}} = P \pm \left( \frac{(B_{12} - B_{11}) + (B_{22} - B_{21}) + (B_{32} - B_{31})}{3} \right)$$

donde:

P<sub>corregida</sub> es el peso de la materia particulada recogida corregida con los valores de los blancos, en mg

P es el peso de la materia particulada determinada en el elemento de retención, en mg

B<sub>12</sub> y B<sub>11</sub> son las pesadas posterior y previa de cada blanco utilizado para la corrección, en mg

NOTA: La corrección no es necesaria cuando la media de las diferencias entre las dos pesadas del elemento de

retención en blanco, posterior (B<sub>12</sub>) y previa (B<sub>11</sub>), en valor absoluto, no supere el límite de detección calculado.

### 8.3. Volumen de aire muestreado

El volumen de aire muestreado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{(q_{\text{inicial}} + q_{\text{final}}) \cdot t}{2}$$

donde:

V es el volumen de aire muestreado, en litros

q<sub>inicial</sub> es el caudal al comienzo del periodo de muestreo, en litros por minuto

q<sub>final</sub> es el caudal medido tras finalizar el muestreo, en litros por minuto

t es el tiempo de muestreo en minutos

### 8.4. Concentración de la materia particulada en aire

La concentración de la materia particulada (C) se calcula mediante la expresión:

$$C = \frac{P_{\text{corregida}}}{V}$$

donde:

C es la concentración de la materia particulada en miligramos por metro cúbico de aire muestreado

P<sub>corregida</sub> es la cantidad de materia particulada en miligramos, corregida con los valores de los blancos

V es el volumen de aire muestreado, en metros cúbicos

## 9. PRECISIÓN

9.1. Los resultados obtenidos en el ensayo de validación, recogidos en el anexo A, únicamente se refieren a la incertidumbre asociada a la determinación gravimétrica y no tienen en cuenta la contribución de las componentes asociadas a la eficacia de muestreo, al volumen de aire muestreado y al transporte y almacenamiento de las muestras.

9.2. La incertidumbre de la determinación gravimétrica (U) y los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) del método han sido calculados siguiendo el procedimiento descrito en la Norma ISO 15767 y utilizando una balanza de seis cifras. Los resultados obtenidos se recogen en la tabla 1.

Tabla 1

## Resumen de los resultados del ensayo de validación

ELEMENTO DE RETENCIÓN	Incertidumbre Expandida (U) µg	Límite de detección (LD) µg	Límite de cuantificación (LC) µg
Filtro de fibra de vidrio 37 mm 1 µm	16	23	78
Filtro de fibra de vidrio 25 mm 1 µm	11	17	57
Filtro de PVC 37 mm 5 µm	3	5	17
Portafiltro IOM de plástico + Filtro de fibra de vidrio 25 mm 1 µm	18	28	92
Portafiltro IOM de acero + Filtro de fibra de vidrio 25 mm 1 µm	13	19	64

9.3. A partir de datos procedentes del Programa Interlaboratorios de Control de Calidad (PICC - Gr) del INS-HT (10.16.) se estimó la precisión intralaboratorio de la determinación gravimétrica en términos de desviación típica. Los resultados mostraron que para los filtros de PVC la desviación típica es inferior a 50 µg (con balanza de cinco cifras, resolución de 10 µg) y a 5 µg (con balanza de seis cifras, resolución de 1 µg). Por otra parte, la

desviación típica para filtros de fibra de vidrio resultó ser inferior a 50 µg, con balanza de cinco cifras (10.16.).

Para un laboratorio que utilice este método gravimétrico, estos valores de precisión pueden ser considerados como una referencia y utilizarse para contrastar la calidad de los resultados obtenidos en sus determinaciones gravimétricas.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- 10.1.** UNE 81599. “Atmósferas en los puestos de trabajo. Determinación de materia particulada (fracciones inhalable y respirable) en aire. Método gravimétrico”.
- 10.2.** UNE-EN 481. “Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles”.
- 10.3.** CR-03/2006. Criterios y Recomendaciones: “Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada”. INSHT (2006).
- 10.4.** UNE-EN 482. “Atmósferas en los puestos de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medida de agentes químicos”.
- 10.5.** Real Decreto 374/2001, de 6 de abril (BOE de 1.5.2001), sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- 10.6.** UNE-EN 689. “Atmósferas en los puestos de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de medición”.
- 10.7.** UNE-EN ISO 3696. “Agua para uso en análisis de laboratorio”. Especificación y métodos de ensayo (1996).
- 10.8.** W.M. Hayness (Editor). “CRC Handbook of Chemistry and Physics”. 91<sup>st</sup> CRC PRESS. Taylor and Francis Group LLC (version internet 2011).
- 10.9.** Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo (BOE de 5.6.1995). Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, y sus modificaciones.
- 10.10.** UNE-EN 1232. “Atmósferas en los puestos de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo”.
- 10.11.** UNE-EN 12919. “Atmósferas en los puestos de trabajo. Bombas para el muestreo de los agentes químicos con un caudal volumétrico superior a 5 l/min. Requisitos y métodos de ensayo”.
- 10.12.** CEN/TR 15230:2005. “Workplace atmospheres – Guidance for sampling of inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions”.
- 10.13.** UNE-EN 13205. “Atmósferas en los puestos de trabajo. Evaluación del funcionamiento de los instrumentos para la medición de concentraciones de aerosoles”.
- 10.14.** ISO 15767:2009. “Workplace atmospheres – Controlling and characterizing errors in weighing collected aerosols”.
- 10.15.** UNE-EN ISO 17025:2005. “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”.
- 10.16.** Programa Interlaboratorios de Control de Calidad de Gravimetrías (PICC-Gr). INSHT. [www.insht.es/picc](http://www.insht.es/picc).
- 10.17.** CR-01/2006. Criterios y Recomendaciones: “Criterios y Recomendaciones. Bombas para el muestreo personal de agentes químicos”. INSHT (2006).

## ANEXO A

### Validación del método

En este apartado se recogen los datos obtenidos en la validación del método. Ésta ha sido llevada a cabo, únicamente, para la determinación gravimétrica del método y no para la toma de muestra ni el transporte de los elementos de retención al laboratorio, siguiendo los criterios generales del INSHT para validación de métodos de toma de muestra y análisis y el procedimiento específico establecido en la Norma ISO 15767:2009 "Workplace atmospheres – Controlling and characterizing errors in weighing collected aerosols" (10.14.).

#### A.1 Procedimiento de validación

Para llevar a cabo la validación se han elegido como elementos de retención representativos de estas determinaciones, filtros de fibra de vidrio y de cloruro de polivinilo, incluyéndose también en el ensayo el conjunto "portafiltro + filtro" utilizado por el muestreador del IOM, fabricado en dos tipos de material, plástico y acero (véase la tabla A.1).

El ensayo se lleva a cabo pesando, para cada uno de los elementos de retención seleccionados, un número F de elementos de retención (seis en este caso) de un conjunto de lotes de elementos de retención diferentes B (cinco en este caso). Las pesadas se han efectuado con una balanza de seis cifras (resolución de 1 µg).

El procedimiento aplicado, para cada tipo de elemento de retención, ha sido el siguiente:

**A.1.1** Todos los elementos de retención se han acondicionado a una humedad relativa del 53 % en una cámara de humedad controlada. Asimismo, todos los elementos de retención se han pasado por un dispositivo para eliminar cargas electrostáticas justo antes de realizar la pesada.

**A.1.2** En las condiciones ambientales controladas de una sala de balanzas, se han pesado cada uno de los elementos de retención tal y como se describe en el apartado 7.4.2.

**A.1.3** Una vez realizada la pesada inicial, se han montado los elementos de retención en el muestreador, y se han mantenido durante una semana en otra área distinta de la sala de balanzas.

**A.1.4** Transcurrido ese tiempo se han vuelto a pesar, según 7.4.2., en condiciones similares a las iniciales.

*NOTA: La humedad de la sala de balanzas, en el momento de las pesadas, se ha mantenido en el intervalo de humedad relativa de ± 5% entre pesada inicial y final. Así mismo, la diferencia de temperatura de la sala de balanzas entre las pesadas iniciales y finales ha sido siempre inferior a 4 °C.*

#### A.2 Determinación de la incertidumbre

La incertidumbre asociada a la determinación gravimétrica, así como los límites de detección y cuantificación del procedimiento, se han determinando siguiendo los criterios establecidos en la Norma ISO 15767 (10.14.) para una situación específica en la que la determinación se efectúa por diferencia de pesadas y la inestabilidad de la pesada es corregida mediante la utilización de elementos de retención en blanco.

Las componentes de la incertidumbre que provienen de factores que afectan al resultado, como la balanza, el empuje del aire, la temperatura, la calibración, la deriva, la electricidad estática, etc., están incluidas en la estimación de la incertidumbre.

##### A.2.1 Variación de peso del elemento de retención

La variación de peso (P) para cada uno de los elementos de retención se ha calculado como la diferencia entre la media de las pesadas finales e iniciales (véase 8.1.), de acuerdo con la expresión:

$$P = (P_2 - P_1)$$

donde:

P<sub>1</sub> es el valor medio de las tres pesadas iniciales del elemento de retención, en mg

P<sub>2</sub> es el valor medio de las tres pesadas del elemento de retención realizadas al cabo de 1 semana, en mg

### A.2.2 Cálculo de la desviación típica

Para cada lote, se ha calculado la desviación típica ( $S_b$ ) de los elementos de retención ensayados mediante la fórmula:

$$S_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^F (P_i - \bar{P})^2}{F - 1}}$$

donde:

F es el número de elementos de retención por lote, que ha sido de seis

$P_i$  es la variación de peso de cada elemento de retención, en mg

$\bar{P}$  es el valor medio de las variaciones de los elementos de retención ensayados, en mg

### A.2.3 Cálculo de la desviación típica promediada

La desviación típica promediada (S) se calcula a partir de las desviaciones típicas de cada lote, con [(6-1) x 5] grados de libertad mediante la expresión:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^B S_{bi}^2}{B}}$$

siendo B el número de lotes ensayados, cinco, para cada tipo de elemento de retención.

### A.2.4 Determinación de la incertidumbre

La componente de la incertidumbre debida a la determinación gravimétrica ( $u_w$ ) se puede calcular aplicando la corrección mediante elementos de retención en blanco de acuerdo con la expresión:

$$u_w = \sqrt{s^2 \times [1 + (1/N_b)]}$$

siendo  $N_b$  el número de blancos utilizados para efectuar la corrección, tres en este caso.

### A.2.5 Determinación del límite de detección y cuantificación

A partir del valor de  $u_w$  se calculan el límite de detección (LD) y el límite de cuantificación (LC) de la determinación gravimétrica de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$LD = 3 \times u_w$$

$$LC = 10 \times u_w$$

### A.2.6 Determinación de la incertidumbre expandida

La incertidumbre expandida (U) asociada a la determinación gravimétrica se obtiene según la siguiente expresión:

$$U = k \times u_w$$

donde k es el factor de cobertura.

NOTA: Un factor de cobertura  $k = 2$  proporciona un intervalo de confianza aproximado del 95 %.

### A.2.7 Resultados

La tabla A.1 recoge los resultados del ensayo mostrando las diferencias obtenidas en las pesadas para cada elemento de retención y lote ensayado. La tabla A.2 muestra, en síntesis, los resultados de la validación para cada uno de los elementos de retención ensayados.

Tabla A.1

Diferencia, en microgramos, de la masa de los elementos de retención ensayados

ELEMENTO DE RETENCIÓN	Nº FILTRO	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	Desviación típica promediada (para 25 gl)
Filtro de fibra de vidrio 37 mm y 1 µm	1	17	46	47	20	29	
	2	18	39	47	26	21	
	3	14	46	44	35	16	
	4	14	39	47	36	21	
	5	11	43	49	34	19	
	6	-11	47	48	45	18	
	Desviación típica ( $s_b$ )	10,82	3,62	1,67	8,66	4,50	s = 6,76
Filtro de fibra de vidrio 25 mm y 1 µm	1	13	14	25	22	13	
	2	14	-4	17	15	14	
	3	6	9	14	15	20	
	4	17	12	17	18	14	
	5	14	11	5	18	14	
	6	7	14	15	19	14	
	Desviación típica ( $s_b$ )	4,36	6,80	6,44	2,64	2,57	s = 4,91
Filtro de PVC 37 mm y 5 µm	1	0	0	2	-4	-2	
	2	-1	-3	2	-3	-3	
	3	-3	-2	-2	-3	-2	
	4	-2	0	0		-2	
	5	-1	-3	1	-5	-6	
	6	-2	-2	1	-2	-7	
	Desviación típica ( $s_b$ )	1,05	1,38	1,52	1,14	2,26	s = 1,52
Portafiltro IOM de plástico + Filtro de fibra de vidrio 25 mm 1 µm	1	-10	-12	-10	39	4	
	2	1	-27	-10	39	1	
	3	-4	18	-13	49	10	
	4	7	6	-9	46	7	
	5	-6	4	-12	45	6	
	6	-6	1	-18	43	5	
	Desviación típica ( $s_b$ )	6,07	15,71	3,29	3,99	3,02	s = 7,99

ELEMENTO DE RETENCIÓN	Nº FILTRO	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4	LOTE 5	Desviación típica promediada (para 25 gl)
Portafiltro IOM de acero + Filtro de fibra de vidrio 25 mm 1 µm	1	28	25	-14	8	11	
	2	19	20	-14	7	7	
	3	20	14	-19	20	15	
	4	17	17	-2	8	1	
	5	17	14	-7	10	-3	
	6	19	8	-9	10	3	
	Desviación típica ( $s_b$ )	4,10	5,82	6,05	4,81	6,66	$s = 5,56$

Tabla A.2

## Resultados del ensayo de validación expresados en microgramos

ELEMENTO DE RETENCIÓN	Incertidumbre ( $u_w$ )	Incertidumbre Expandida ( $U = 2 \times u_w$ )	Límite de detección (LD)	Límite de cuantificación (LC)
Filtro de fibra de vidrio 37 mm y 1 µm	7,8	16	23	78
Filtro de fibra de vidrio 25 mm y 1 µm	5,7	11	17	57
Filtro de PVC 37 mm y 5 µm	1,7	3	5	17
Portafiltro IOM de plástico + Filtro de fibra de vidrio 25 mm 1 µm	9,2	18	28	92
Portafiltro IOM de acero + Filtro de fibra de vidrio 25 mm 1 µm	6,4	13	19	64

NOTA: La incertidumbre ( $u_w$ ) considera únicamente la componente de incertidumbre asociada a la determinación gravimétrica. Para estimar la incertidumbre típica combinada del método de toma de muestra y análisis habrá que considerar, además, la contribución de las componentes asociadas a la eficacia de muestreo, al volumen de aire muestreado y al transporte y almacenamiento de las muestras.

## ANEXO B

### Muestreadores para aerosoles

Los aerosoles que se encuentran en los lugares de trabajo presentan un amplio intervalo de tamaño de partículas, que puede oscilar entre 0,001  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ . La distribución de estos tamaños depende del tipo de operación industrial que se lleve a cabo.

Por otra parte, únicamente las partículas del aerosol con unos determinados diámetros aerodinámicos pueden alcanzar y depositarse en determinadas zonas de las vías respiratorias. En este sentido, la norma UNE-EN 481 (10.2.) define una serie de fracciones y los convenios para su toma de muestra en los que se especifica, para cada diámetro aerodinámico, el porcentaje de partículas que tiene que ser recogido por el muestreador.

Para ello, los muestreadores utilizados para captar las diferentes fracciones del aerosol (inhalable, torácica o respirable) deben adecuarse a sus correspondientes convenios. Así, un muestreador cumple con un convenio cuando para los distintos diámetros aerodinámicos de ese convenio no se separa más del 30 % de la curva ideal que describe dicho convenio (10.13.).

#### B.1 Factores que afectan a su funcionamiento

Las principales variables que afectan a la eficacia de muestreo son el diámetro aerodinámico de las partículas y la velocidad y dirección del viento. En el caso de los muestreadores de las fracciones torácica y respirable, además de estas variables, también hay que considerar la variabilidad entre las diferentes unidades de un mismo muestreador y las variaciones del caudal de muestreo.

#### B.2 Dificultades para ajustarse a los convenios

Algunos muestreadores de la fracción inhalable presentan dificultades para el cumplimiento del convenio establecido cuando la velocidad del viento es elevada y cuando se generan partículas grandes con un gran momento de inercia. En general, estas situaciones conducen a una subestimación de la fracción inhalable.

Al igual que los muestreadores de la fracción respirable, los muestreadores de la fracción torácica se ven afectados por velocidades de viento altas y su eficacia puede disminuir cuando la concentración del aerosol es elevada.

Por otra parte, los nuevos ciclones diseñados para ajustarse al convenio de la fracción respirable recogido en la norma UNE-EN 481 incorporan modificaciones en sus dimensiones y geometría del orificio de entrada. En este sentido, estudios realizados con muestreadores utilizados previamente a la publicación de dicha norma indican la necesidad de utilizar factores de corrección para ajustar su eficacia de retención, por lo que la decisión de su empleo en el muestreo supone conocer esta limitación por parte del usuario.

Finalmente, los muestreadores que recogen de forma simultánea más de una fracción se ven afectados por las condiciones ya citadas, además de existir la posibilidad de que las partículas puedan pasar de una fracción a otra una vez han sido recogidas por el muestreador.

#### B.3 Tipos de muestreadores

El informe técnico CEN/TR 15230 (10.12.) incluye, con carácter informativo, los muestreadores (disponibles en el mercado en el año 2004) que cumplen con las especificaciones de las normas UNE-EN 481 y UNE-EN 13205 para determinadas condiciones ambientales. No todos los muestreadores cumplen con los requisitos para todas las condiciones ambientales posibles y es el usuario quien debe verificar que el muestreador tiene un comportamiento aceptable para las condiciones en las que se va a utilizar.

La tabla B.1 recoge, para las distintas fracciones del aerosol, los muestreadores personales incluidos en el informe técnico citado, el elemento de retención y el caudal de muestreo recomendado. Las características detalladas de cada muestreador se pueden consultar a sus respectivos fabricantes.

Por otra parte, es importante señalar que el muestreador que se ha venido utilizando habitualmente, cassette de poliestireno de 37 mm de diámetro, no aparece en el informe ya que no cumple con los requisitos establecidos en las normas UNE-EN 481 y UNE-EN 13205 y por lo tanto, no es recomendable su uso para captar la fracción inhalable del aerosol.

Tabla B.1

## Muestreadores recogidos en el informe CEN/TR 15230 (2004)

Fracción del aerosol	Muestreador personal	Caudal de muestreo l/min	Elemento de retención	Fabricante
Inhalable	IOM	2	Filtro de 25 mm en portafiltro	SKC
	PGP-GSP 3,5	3,5	Filtro de 37 mm	GSM
	PGP-GSP 10	10	Filtro de 37 mm	GSM
	BUTTON	4	Filtro de 25 mm	SKC
	CIP-10I	10	Espuma	Arelco
	PAS-6	2	Filtro de 25 mm	No disponible
Torácica	CIP 10T	7	Espuma	Arelco
	GK 2.69	1,6	Filtro de 37 mm	BGI
	PEM 200	2	Filtro de 37 mm	MSP
		4		
Respirable	IOM Multidust	2	Filtro de 25 mm en portafiltro	SKC
	CIP 10R	10	Espuma	Arelco
	GK 2.69	4,2	Filtro de 37 mm	BGI
	SIMPEDS	2,2	Filtro de 25 mm	Casella
	Ciclón polvo respirable	2,2	Filtro de 25 mm	BGI
	Ciclón aluminio	2,5	Filtro de 25 ó 37 mm	SKC
	Ciclón plástico conductor	3	Filtro de 25 ó 37 mm	SKC
	PGP-FSP 2	2	Filtro de 37 mm	GSM
	PGP-FSP 10	10	Filtro de 37 mm	GSM
	Ciclón nylon 10 mm	1,7	Filtro de 37 mm	Panametrics
Inhalable y Respirable	IOM Multidust	2	Espuma y filtro de 25 mm en portafiltro	SKC
Inhalable, Torácica y Respirable	Respicon	3,11	Filtro de 37 mm	HundTSI

NOTA: La norma UNE-EN 13205 describe un procedimiento para establecer la equivalencia entre un instrumento a evaluar y un muestreador de referencia en un lugar de trabajo (10.13.). Dicho procedimiento permite al usuario realizar mediciones de la concentración de la materia particulada con instrumentos que no se han evaluado en ensayos de laboratorio pero que se ha demostrado que dan resultados similares a los muestreadores ensayados.

## ANEXO C

### Elementos de retención

La elección del tipo de elemento de retención a utilizar en el muestreo (filtros o espumas principalmente) dependerá de una serie de factores que van a condicionar, en mayor o menor medida, tanto la toma de muestra como la determinación gravimétrica posterior. Los principales factores son:

#### C.1 Dimensión y tamaño de poro

Cada muestreador tiene una geometría diferente y, por tanto, únicamente permite el uso de determinados elementos de retención. Así, los hay que admiten un elemento de retención de 25 mm de diámetro mientras que en otros se utiliza de 37 mm. Otro factor a considerar es el tamaño de poro del elemento de retención. Por ejemplo, en el caso del muestreador Button (véase tabla B.1), el fabricante recomienda que los filtros tengan un tamaño de poro igual o superior a 1  $\mu\text{m}$ .

#### C.2 Eficacia de retención

Tanto los filtros de fibra como los de membrana, al emplearse como elementos de retención, se caracterizan por una alta eficacia de retención cercana al 100 % (5.1.4.). En los primeros, las partículas se recogen en toda la estructura del filtro mientras que, en los segundos, las partículas solamente se recogen en la superficie del filtro y, por lo tanto, los filtros de membrana presentan una menor capacidad de carga, llegándose a obstruir rápidamente.

Por otra parte, las espumas de poliuretano presentan una alta eficacia de retención ya que recogen las partículas tanto en la superficie como en los intersticios de las espumas, pero se ven sensiblemente afectadas por la humedad, por lo que es recomendable el uso de blancos durante la determinación gravimétrica.

#### C.3 Pérdida de carga

La pérdida de carga que generan los filtros depende de la naturaleza de los mismos y de su tamaño de poro. En general, a mayor tamaño de poro, menor es la pérdida de carga que se produce y, en particular, los filtros de fibra de vidrio presentan menor pérdida de carga que los de cloruro de polivinilo. Las espumas de poliuretano presentan bajas pérdidas de carga.

#### C.4 Humedad

Durante el muestreo, la humedad puede producir un aumento de la pérdida de carga que puede afectar, incluso, al correcto funcionamiento de la bomba de muestreo. Durante la determinación gravimétrica, la humedad puede llegar a producir variaciones del peso del elemento de retención que podrían ocasionar resultados anómalos. Los filtros de fibra de vidrio y los de cloruro de polivinilo no se ven especialmente afectados por la humedad. Sin embargo, las espumas de poliuretano se caracterizan por su elevada capacidad de absorción de la humedad, lo que complica enormemente la pesada.

Por otra parte, en el caso del muestreador del IOM, al tener que pesarse conjuntamente filtro y portafiltro, las variaciones de humedad también pueden afectar al conjunto, especialmente cuando el portafiltro utilizado es de plástico. Para determinaciones gravimétricas más precisas con el muestreador del IOM existe la posibilidad de sustituir el portafiltros de plástico por uno de acero inoxidable. En este caso la pesada es más estable al verse afectada en menor medida por las variaciones de humedad entre las pesadas.

#### C.5 Electricidad estática

Durante la toma de muestra las cargas electrostáticas pueden provocar que algunas de las partículas del aerosol no se depositen sobre el elemento de retención. Este factor afecta especialmente a los filtros de cloruro de polivinilo tanto en el muestreo como en la determinación gravimétrica.

## ANEXO D

### Bombas de muestreo

Este anexo contiene información sobre las características que deben reunir las bombas que se utilizan para la toma de muestras de aerosoles. Incluye un procedimiento recomendado para el ajuste de las mismas al caudal requerido e información útil para la selección, verificación y mantenimiento de las bombas de muestreo y de los medidores de caudal.

#### D.1 Características de las bombas

La norma UNE-EN 1232 "Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo", que se aplica a las bombas cuyo caudal volumétrico está comprendido en el intervalo de 5 ml/min a 5 l/min, clasifica las bombas según su utilización prevista en bombas de Tipo G (bajo caudal) y de Tipo P (alto caudal), siendo estas últimas las indicadas para el muestreo personal de materia particulada a caudales entre 1 l/min y 5 l/min y pérdidas de carga entre 0,1 kPa y 6,25 kPa.

La norma UNE - EN 12919 se aplica a bombas con caudales superiores a 5 l/min. Esta norma requiere que el caudal debe mantenerse constante dentro de  $\pm 5 \%$ , pero no especifica ningún intervalo de pérdida de carga.

Estas normas especifican los requisitos de funcionamiento de las bombas así como los métodos de ensayo a los que se han de someter para verificar su conformidad con la norma.

##### D.1.1 Selección de la bomba a utilizar en la toma de muestra

La selección de la bomba se llevará a cabo considerando una serie de factores:

- La bomba debe cumplir lo establecido en las correspondientes normas UNE-EN 1232 o UNE-EN 12919.
- La bomba ha de cubrir el intervalo del caudal volumétrico requerido por cada muestreador (véase el anexo B).
- El fabricante debe proporcionar los valores de la pérdida de carga, para los distintos caudales, que la bomba puede soportar sin que el caudal inicial varíe más del 5 %.
- Otros factores relacionados con las prestaciones tales como: la facilidad de la puesta en marcha de la bomba y del ajuste del caudal de muestreo, la autonomía de funcionamiento, el intervalo de temperatura y humedad en los cuales el caudal permanece estable, el tiempo de carga de las baterías, el peso de la bomba y el ruido que emite, etc.
- Si los muestreos han de realizarse en lugares en los que existe riesgo de explosión, la bomba de muestreo deberá cumplir los requisitos de la norma UNE 21814 (EN 50014).

##### D.1.2 Programa de verificación y mantenimiento de las bombas

Las características de funcionamiento de las bombas de muestreo pueden variar a lo largo de su vida útil y, por tanto, es recomendable comprobar que dichas características se mantienen en el tiempo.

La bomba utilizada conjuntamente con los elementos de retención puede verse afectada por las elevadas pérdidas de carga que limitan, con el uso, tanto el intervalo de operación como su autonomía de funcionamiento. Por ello, es conveniente establecer un programa de verificación de las características de funcionamiento de las bombas, que permita tener un conocimiento continuado del estado de las mismas y posibilite, para cada muestreo, la selección de la bomba más adecuada. Estos ensayos pueden ser llevados a cabo por el propio usuario, quien establecerá la periodicidad de los mismos teniendo en cuenta la frecuencia de uso de cada bomba y los resultados de verificaciones anteriores.

En este sentido, los ensayos para comprobar la estabilidad del caudal con el aumento de la pérdida de carga, autonomía de funcionamiento, interrupción del flujo del aire, dependencia de la temperatura, etc., pueden realizarse siguiendo las recomendaciones recogidas en el documento CR-01/2006 del INSHT (10.17.).

Otro elemento importante dentro de un programa de mantenimiento de las bombas son las baterías y el filtro incorporado en la propia bomba que impide que las partículas dañen su mecanismo interno. El programa de mantenimiento se debería establecer siguiendo las instrucciones detalladas por el fabricante sobre las características de las baterías (permanecer cargadas o descargadas), sobre el tiempo estimado para el cambio del filtro interno, etc., así como sobre cualquier otro factor que pueda afectar al funcionamiento de las bombas.

Asimismo, es recomendable disponer de una hoja de verificación y mantenimiento donde se indique: la fecha de adquisición, los resultados de las verificaciones, la información sobre los ciclos de carga y descarga, así como las horas de funcionamiento y condiciones en las que se han utilizado. Incluir las fechas de cambio de la batería y del filtro puede ser de utilidad.

## **D.2 Calibración de la bomba**

El procedimiento de calibración consiste básicamente en un ajuste y medición del caudal antes de la toma de muestra y una nueva medición de éste tras haber realizado el muestreo.

Es aconsejable que el ajuste del caudal se realice en el lugar de trabajo en el que se van a tomar las muestras para que no exista diferencia entre las condiciones ambientales de la calibración y del muestreo. No obstante, si se ha verificado que la bomba mantiene el caudal constante con la temperatura, la calibración puede llevarse a cabo en un lugar distinto al de trabajo.

### **D.2.1 Procedimiento recomendado para la calibración**

La calibración se realiza conectando en serie un calibrador (medidor de volumen o de caudal), un muestreador con el elemento de retención incorporado y una bomba de muestreo.

Con el fin de evitar posibles contaminaciones, la calibración de la bomba se lleva a cabo con un “muestreador de calibración” utilizado específicamente para ello, que incluirá un elemento de retención del mismo lote que el utilizado en el muestreo.

El calibrador debe ser un medidor de volumen o de caudal calibrado cuyo intervalo de medida incluya el caudal a muestrear. Es recomendable utilizar un medidor primario ya que sus lecturas son independientes de la presión y la temperatura. El medidor de burbuja de jabón es uno de los medidores primarios más utilizados en la calibración.

#### **D.2.1.1 Ajuste y medición del caudal previo a la toma de muestra**

- Se comprueba que la batería de la bomba está completamente cargada.
- Se conecta en serie el calibrador (medidor de volumen o de caudal), un muestreador con el elemento de retención incorporado y una bomba de muestreo.
- Se pone en marcha la bomba y se esperan aproximadamente 5 minutos para su estabilización.
- Se ajusta el caudal de la bomba a un valor lo más próximo posible al caudal que recomienda el fabricante del muestreador y se mide el caudal. Se repite el proceso hasta alcanzar el valor requerido.
- Se realizan, al menos, tres mediciones del caudal y se toma como caudal inicial de muestreo la media aritmética de las mediciones.

#### **D.2.1.2 Medición del caudal posterior a la toma de muestra**

- Se conecta de nuevo el “muestreador de calibración” al calibrador y a la bomba en la forma descrita en la calibración previa.
- Se realizan, al menos, tres mediciones del caudal. Se toma como caudal final la media aritmética.

## **D.3 Medidores de volumen o caudal**

Los medidores de volumen o caudal son equipos imprescindibles para la calibración de las bombas y se seleccionarán de forma que su intervalo de medida sea adecuado al caudal que se va a medir.

Entre los medidores primarios más utilizados están los denominados “húmedos”, como los de burbuja de jabón. En estos medidores, el caudal se determina midiendo el tiempo que tarda una burbuja de jabón en atravesar un volumen conocido.

Los medidores secundarios son menos exactos que los primarios. Los rotámetros pertenecen a este grupo de medidores y se deben calibrar frente a un medidor primario bajo las mismas condiciones de presión y temperatura en las que se van a utilizar. Si se calibran en condiciones diferentes, puede ser necesario realizar una corrección matemática del caudal. Por ello, es aconsejable que sólo se utilicen como indicadores de caudal.

El funcionamiento correcto de los medidores de caudal es un factor crítico para garantizar la fiabilidad de la determinación del volumen de aire muestreado. Por ello, es importante establecer para estos equipos programas de mantenimiento y calibración adecuados. La calibración puede realizarla el usuario o un servicio de calibración externo.

Si la calibración la realiza el usuario, éste deberá disponer al menos de un medidor calibrado por un organismo acreditado, que le sirva como patrón de referencia para calibrar el resto de medidores. El patrón de referencia se almacenará siempre en las mismas condiciones de temperatura y humedad.



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

## SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

### 1.1 Identificador del producto

Nombre comercial : Sika MonoTop®-160 Migrating

### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso del producto : Cement / Mortar

### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Nombre de la empresa proveedora : Sika S.A.U.  
Ctra. de Fuencarral 72  
28108 Alcobendas (Madrid)  
Teléfono : +34 91 662 18 18  
Dirección de correo electrónico de la persona responsable de las SDS : EHS@es.sika.com

### 1.4 Teléfono de emergencia

+ 34 91 662 18 18

---

## SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Tipo de producto : Mezcla

#### Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Irritación cutáneas, Categoría 2	H315: Provoca irritación cutánea.
Lesiones oculares graves, Categoría 1	H318: Provoca lesiones oculares graves.
Sensibilización cutánea, Categoría 1	H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio	H335: Puede irritar las vías respiratorias.

### 2.2 Elementos de la etiqueta

#### Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Pictogramas de peligro :



Palabra de advertencia : Peligro



Indicaciones de peligro	:	H315 H317  H318 H335	Provoca irritación cutánea. Puede provocar una reacción alérgica en la piel. Provoca lesiones oculares graves. Puede irritar las vías respiratorias.
Consejos de prudencia	:	<b>Prevención:</b> P261  P280  <b>Intervención:</b> P304 + P340 + P312  P305 + P351 + P338 + P310  P333 + P313  P362 + P364	Evitar respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol. Llevar guantes/ gafas/ máscara de protección.  EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal. EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico. En caso de irritación o erupción cutánea: Consultar a un médico. Quitar las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlas.

Componentes determinantes del peligro para el etiquetado:

- 266-043-4 cemento, portland, productos químicos

### 2.3 Otros peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.2 Mezclas

#### Componentes peligrosos

Nombre químico No. CAS No. CE Número de registro	Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)	Concentración [%]
cemento, portland, productos químicos 65997-15-1 266-043-4	Skin Irrit.2; H315 Eye Dam.1; H318 Skin Sens.1; H317 STOT SE3; H335	>= 40 - < 60
carbonato de potasio	Skin Irrit.2; H315	>= 5 - < 10



584-08-7 209-529-3 01-2119532646-36-XXXX	Eye Irrit.2; H319 STOT SE3; H335	
ácido fumárico 110-17-8 203-743-0	Eye Irrit.2; H319	>= 2,5 - < 5
Sustancias con un límite de exposición en el lugar de trabajo :		
cuarzo (SiO <sub>2</sub> ) 14808-60-7 238-878-4		>= 25 - < 40

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

- Recomendaciones generales : Retire a la persona de la zona peligrosa.  
Consultar a un médico.  
Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.
- Si es inhalado : Trasladarse a un espacio abierto.  
Consultar a un médico después de una exposición importante.
- En caso de contacto con la piel : Quítese inmediatamente la ropa y zapatos contaminados.  
Eliminar lavando con jabón y mucha agua.  
Si los síntomas persisten consultar a un médico.
- En caso de contacto con los ojos : Las salpicaduras de pequeñas cantidades en los ojos pueden provocar lesiones irreversibles de los tejidos y ceguera.  
En caso de contacto con los ojos, lávenlos inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.  
Continuar lavando los ojos durante el transporte al hospital.  
Retirar las lentillas.  
Manténgase el ojo bien abierto mientras se lava.
- Por ingestión : No provocar vómitos sin consejo médico.  
Enjuague la boca con agua.  
No dar leche ni bebidas alcohólicas.  
Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

- Síntomas : Tos  
Problemas respiratorios  
Reacciones alérgicas  
Lacrimación excesiva  
Eritema  
Dermatitis



	Vea la Sección 11 para obtener información detallada sobre la salud y los síntomas.
Riesgos	: efectos irritantes efectos sensibilizantes
	Provoca irritación cutánea. Puede provocar una reacción alérgica en la piel. Provoca lesiones oculares graves. Puede irritar las vías respiratorias.

#### **4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

Tratamiento	: Tratar sintomáticamente.
-------------	----------------------------

---

### **SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios**

#### **5.1 Medios de extinción**

Medios de extinción apropiados	: Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.
--------------------------------	---

#### **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla**

Productos de combustión peligrosos	: No se conocen productos de combustión peligrosos
------------------------------------	--

#### **5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios	: En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.
Otros datos	: Procedimiento estándar para fuegos químicos.

---

### **SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental**

#### **6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Precauciones personales	: Utilícese equipo de protección individual. Evitar respirar el polvo. Negar el acceso a personas sin protección.
-------------------------	---

#### **6.2 Precauciones relativas al medio ambiente**

Precauciones relativas al medio ambiente	: No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario.
--	--

#### **6.3 Métodos y material de contención y de limpieza**

Métodos de limpieza	: Recoger y preparar la eliminación sin originar polvo.
---------------------	---



Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.

#### 6.4 Referencia a otras secciones

Equipo de protección individual, ver sección 8.

---

### SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

#### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura : No respirar vapores/polvo. Evitar sobrepasar los límites dados de exposición profesional (ver sección 8). Evitar el contacto con los ojos, la piel o la ropa. Equipo de protección individual, ver sección 8. Las personas con antecedentes de problemas de sensibilización de la piel o asma, alergias, enfermedades respiratorias crónicas o recurrentes, no deben ser empleadas en ningún proceso en el cual esta mezcla se esté utilizando. No fumar, no comer ni beber durante el trabajo. Cuando se manejen productos químicos, siga las medidas estándar de higiene.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión : Evite la formación de polvo. Debe disponer de extracción adecuada en aquellos lugares en los que se forma polvo.

Medidas de higiene : Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. No comer ni beber durante su utilización. No fumar durante su utilización. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral.

#### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes : Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Almacenar de acuerdo con la reglamentación local.

Otros datos : Conservar en un lugar seco. No se descompone si se almacena y aplica como se indica.

#### 7.3 Usos específicos finales

Usos específicos : Sin datos disponibles

---

### SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

#### 8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componentes	No. CAS	Valor	Parámetros de control *	Base *
-------------	---------	-------	-------------------------	--------

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

## Sika MonoTop®-160 Migrating



Fecha de revisión 30.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 30.05.2017

cemento, portland, productos químicos	65997-15-1	VLA-ED	4 mg/m3	ES VLA
cuarzo (SiO2)	14808-60-7	VLA-ED	0,05 mg/m3	ES VLA

### 8.2 Controles de la exposición

#### Protección personal

- Protección de los ojos : Gafas de seguridad con protecciones laterales conformes con la EN166  
Frasco lavador de ojos con agua pura
- Protección de las manos : Guantes químico-resistentes e impenetrables que cumplen con las normas aprobadas deben ser usados siempre que se manejen productos químicos si una evaluación del riesgo indica que es necesario.  
Recomendado: Guantes de goma de butilo/nitrilo.  
Desechar los guantes contaminados.
- Protección de la piel y del cuerpo : Traje protector impermeable al polvo  
Ropa de protección (por ejemplo, zapatos de seguridad acc. EN ISO 20345, vestimenta de trabajo de manga larga, pantalones largos). Delantales de goma y botas de protección son adicionalmente recomendados para trabajos de mezcla y agitación
- Protección respiratoria : La selección del respirador se debe basar en el conocimiento previo de los niveles, los riesgos de producto y los límites de trabajo de seguridad del respirador seleccionado.  
filtro de partículas P  
P1: Sustancia inerte; P2, P3: sustancias peligrosas  
Asegurar una ventilación adecuada. Esto se puede conseguir por extracción de escape local o por ventilación general. (EN 689 - Métodos para la determinación de la exposición por inhalación). Esto se aplica en particular a la mezcla / zona de agitación. En caso de que esto no fuera SUFICIENTE para mantener las concentraciones dentro de los límites de exposición profesional deberán utilizarse medidas de protección de la respiración.

#### Controles de exposición medioambiental

- Recomendaciones generales : No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario.

---

## SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-160 Migrating**



Fecha de revisión 30.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 30.05.2017

Aspecto	:	polvo
Color	:	gris
Olor	:	característico
Umbral olfativo	:	Sin datos disponibles
Punto de inflamación	:	No aplicable
Temperatura de auto-inflamación	:	Sin datos disponibles
Temperatura de descomposición	:	Sin datos disponibles
Límites inferior de explosividad (% vol.)	:	Sin datos disponibles
Límite superior de explosividad (% vol.)	:	Sin datos disponibles
Inflamabilidad	:	Sin datos disponibles
Propiedades explosivas	:	Sin datos disponibles
Propiedades comburentes	:	Sin datos disponibles
pH	:	No aplicable
Punto/intervalo de fusión / Punto de congelación	:	Sin datos disponibles
Punto /intervalo de ebullición	:	Sin datos disponibles
Presión de vapor	:	Sin datos disponibles
Densidad	:	Sin datos disponibles
Densidad aparente	:	aprox.1,3 kg/m3
Solubilidad en agua	:	Sin datos disponibles
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	:	Sin datos disponibles
Viscosidad, dinámica	:	Sin datos disponibles
Viscosidad, cinemática	:	No aplicable
Densidad relativa del vapor	:	Sin datos disponibles
Tasa de evaporación	:	Sin datos disponibles

## 9.2 Otra información

Sin datos disponibles



---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normales.

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable.

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones peligrosas : Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Condiciones que deben evitarse : Sin datos disponibles

### 10.5 Materiales incompatibles

Materias que deben evitarse : Sin datos disponibles

### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

No se descompone si se almacena y aplica como se indica.

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### Toxicidad aguda

No está clasificado en base a la información disponible.

#### Componentes:

##### carbonato de potasio:

Toxicidad oral aguda : DL50 Oral (Rata): > 2.001 mg/kg

#### Corrosión o irritación cutáneas

Provoca irritación cutánea.

#### Lesiones o irritación ocular graves

Provoca lesiones oculares graves.

#### Sensibilización respiratoria o cutánea

Sensibilización cutánea: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

Sensibilización respiratoria: No está clasificado en base a la información disponible.

#### Mutagenicidad en células germinales

No está clasificado en base a la información disponible.

#### Carcinogenicidad

No está clasificado en base a la información disponible.

#### Toxicidad para la reproducción

No está clasificado en base a la información disponible.



**Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición única**

Puede irritar las vías respiratorias.

**Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición repetida**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Toxicidad por aspiración**

No está clasificado en base a la información disponible.

---

## SECCIÓN 12. Información ecológica

### 12.1 Toxicidad

Sin datos disponibles

### 12.2 Persistencia y degradabilidad

Sin datos disponibles

### 12.3 Potencial de bioacumulación

Sin datos disponibles

### 12.4 Movilidad en el suelo

Sin datos disponibles

### 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

**Producto:**

Valoración : Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

### 12.6 Otros efectos adversos

**Producto:**

Información ecológica complementaria : No existe ningún dato disponible para ese producto.

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

### 13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Producto : Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible.  
Los envases vacíos o los revestimientos pueden retener residuos del producto.  
Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.  
Elimine del sobrante y productos no reciclables por medio de un contratista autorizado para su eliminación.  
La eliminación de este producto, sus soluciones y cualquier derivado deben cumplir siempre con los requisitos de la legis-



lación de protección del medio ambiente y eliminación de desechos y todos los requisitos de las autoridades locales. Evitar la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, las vías fluviales, las tuberías de desagüe y las alcantarillas

Envases contaminados : 15 01 10\* Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### ADR

Mercancía no peligrosa

### IATA

Mercancía no peligrosa

### IMDG

Mercancía no peligrosa

### 14.6 Precauciones particulares para los usuarios

Sin datos disponibles

### 14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC

No aplicable

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

### 15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

#### Prohibición/Restricción

REACH - Restricciones a la fabricación, comercialización y uso de determinadas sustancias, preparados y artículos peligrosos (Anexo XVII) : No aplicable

REACH - Lista de sustancias candidatas que suscitan especial preocupación para su Autorización (artículo 59). : Ninguno de los componentes está listado (=> 0.1 %).

REACH - Lista de sustancias sujetas a autorización (Anexo XIV) : No aplicable

REACH Information: Todas las sustancias que forman parte de los productos de Sika están  
- Preregistradas o registradas por nuestros proveedores de materias primas, y / o  
- Preregistradas o registradas por Sika, y / o  
- Excluidas de regulación, y / o  
- Exentas de la inscripción.



Seveso III: Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.  
No aplicable

VOC-CH (VOCV) : ningún derecho de aduana VOC

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Este producto contiene sustancias para las que aún se requieren valoraciones de seguridad química.

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto completo de las Declaraciones-H

H315	Provoca irritación cutánea.
H317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H318	Provoca lesiones oculares graves.
H319	Provoca irritación ocular grave.
H335	Puede irritar las vías respiratorias.

### Texto completo de otras abreviaturas

Eye Dam.	Lesiones oculares graves
Eye Irrit.	Irritación ocular
Skin Irrit.	Irritación cutánea
Skin Sens.	Sensibilización cutánea
STOT SE	Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route
CAS	Chemical Abstracts Service
DNEL	Derived no-effect level
EC50	Half maximal effective concentration
GHS	Globally Harmonized System
IATA	International Air Transport Association
IMDG	International Maritime Code for Dangerous Goods
LD50	Median lethal dose (the amount of a material, given all at once, which causes the death of 50% (one half) of a group of test animals)
LC50	Median lethal concentration (concentrations of the chemical in air that kills 50% of the test animals during the observation period)
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978
OEL	Occupational Exposure Limit
PBT	Persistent, bioaccumulative and toxic
PNEC	Predicted no effect concentration
REACH	Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency
SVHC	Substances of Very High Concern
vPvB	Very persistent and very bioaccumulative

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

## Sika MonoTop®-160 Migrating



Fecha de revisión 30.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 30.05.2017

---

La información contenida en esta ficha de datos de seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación. Quedan excluidas todas las garantías. Se aplicarán nuestras condiciones generales de venta en vigor. Por favor, consulte la Hoja de Datos del Producto antes de su uso y procesamiento.

|| Cambios con respecto a la versión anterior !

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-442 MultiFlow**



Fecha de revisión 24.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 24.05.2017

## SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

### 1.1 Identificador del producto

Nombre comercial : Sika MonoTop®-442 MultiFlow

### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso del producto : Cement / Mortar, El producto no está destinado a un uso de consumo

### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Nombre de la empresa proveedora : Sika S.A.U.  
Ctra. de Fuencarral 72  
28108 Alcobendas (Madrid)  
Teléfono : +34 91 662 18 18  
Dirección de correo electrónico de la persona responsable de las SDS : EHS@es.sika.com

### 1.4 Teléfono de emergencia

+ 34 91 662 18 18

---

## SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Tipo de producto : Mezcla

#### Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Irritación cutáneas, Categoría 2	H315: Provoca irritación cutánea.
Lesiones oculares graves, Categoría 1	H318: Provoca lesiones oculares graves.
Sensibilización cutánea, Categoría 1	H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única, Categoría 3, Sistema respiratorio	H335: Puede irritar las vías respiratorias.

### 2.2 Elementos de la etiqueta

#### Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Pictogramas de peligro :



Palabra de advertencia : Peligro

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-442 MultiFlow**



Fecha de revisión 24.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 24.05.2017

Indicaciones de peligro	:	H315 H317  H318 H335	Provoca irritación cutánea. Puede provocar una reacción alérgica en la piel. Provoca lesiones oculares graves. Puede irritar las vías respiratorias.
Consejos de prudencia	:	<b>Prevención:</b> P261  P280  <b>Intervención:</b> P304 + P340 + P312  P305 + P351 + P338 + P310  P333 + P313  P362 + P364	Evitar respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol. Llevar guantes/ gafas/ máscara de protección.  EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal. EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico. En caso de irritación o erupción cutánea: Consultar a un médico. Quitar las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlas.

Componentes determinantes del peligro para el etiquetado:

- 266-043-4 cemento, portland, productos químicos

### 2.3 Otros peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.2 Mezclas

#### Componentes peligrosos

Nombre químico No. CAS No. CE Número de registro	Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)	Concentración [%]
cemento, portland, productos químicos 65997-15-1 266-043-4	Skin Irrit.2; H315 Eye Dam.1; H318 Skin Sens.1; H317 STOT SE3; H335	>= 25 - < 40

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-442 MultiFlow**



Fecha de revisión 24.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 24.05.2017

óxido de calcio 1305-78-8 215-138-9 01-2119475325-36-XXXX	Skin Irrit.2; H315 Eye Dam.1; H318 STOT SE3; H335	>= 1 - < 2,5
Sustancias con un límite de exposición en el lugar de trabajo :		
cuarzo (SiO2) 14808-60-7 238-878-4		>= 20 - < 25
óxido de aluminio 1344-28-1 215-691-6		>= 1 - < 2,5
sulfato de calcio 7778-18-9 231-900-3 01-2119444918-26-XXXX		>= 1 - < 2,5

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

- Recomendaciones generales : Retire a la persona de la zona peligrosa.  
Consultar a un médico.  
Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.
- Si es inhalado : Trasladarse a un espacio abierto.  
Consultar a un médico después de una exposición importante.
- En caso de contacto con la piel : Quítese inmediatamente la ropa y zapatos contaminados.  
Eliminar lavando con jabón y mucha agua.  
Si los síntomas persisten consultar a un médico.
- En caso de contacto con los ojos : Las salpicaduras de pequeñas cantidades en los ojos pueden provocar lesiones irreversibles de los tejidos y ceguera.  
En caso de contacto con los ojos, lávenlos inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.  
Continuar lavando los ojos durante el transporte al hospital.  
Retirar las lentillas.  
Manténgase el ojo bien abierto mientras se lava.
- Por ingestión : No provocar vómitos sin consejo médico.  
Enjuague la boca con agua.  
No dar leche ni bebidas alcohólicas.  
Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-442 MultiFlow**



Fecha de revisión 24.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 24.05.2017

Síntomas	: Tos Problemas respiratorios Reacciones alérgicas Lacrimación excesiva Eritema Dermatitis Vea la Sección 11 para obtener información detallada sobre la salud y los síntomas.
Riesgos	: efectos irritantes efectos sensibilizantes  Provoca irritación cutánea. Puede provocar una reacción alérgica en la piel. Provoca lesiones oculares graves. Puede irritar las vías respiratorias.

**4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

Tratamiento : Tratar sintomáticamente.

---

**SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios**

**5.1 Medios de extinción**

Medios de extinción apropiados : Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

**5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla**

Productos de combustión peligrosos : No se conocen productos de combustión peligrosos

**5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios : En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

Otros datos : Procedimiento estándar para fuegos químicos.

---

**SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental**

**6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Precauciones personales : Utilícese equipo de protección individual.  
Evitar respirar el polvo.  
Negar el acceso a personas sin protección.

**6.2 Precauciones relativas al medio ambiente**

Precauciones relativas al medio ambiente : No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-442 MultiFlow**



Fecha de revisión 24.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 24.05.2017

medio ambiente

sanitario.

### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Métodos de limpieza : Recoger y preparar la eliminación sin originar polvo.  
Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.

### 6.4 Referencia a otras secciones

Equipo de protección individual, ver sección 8.

---

## SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura : No respirar vapores/polvo. Evitar sobrepasar los límites dados de exposición profesional (ver sección 8). Evitar el contacto con los ojos, la piel o la ropa. Equipo de protección individual, ver sección 8. Las personas con antecedentes de problemas de sensibilización de la piel o asma, alergias, enfermedades respiratorias crónicas o recurrentes, no deben ser empleadas en ningún proceso en el cual esta mezcla se esté utilizando. No fumar, no comer ni beber durante el trabajo. Cuando se manejen productos químicos, siga las medidas estándar de higiene.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión : Evite la formación de polvo. Debe disponer de extracción adecuada en aquellos lugares en los que se forma polvo.

Medidas de higiene : Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad. No comer ni beber durante su utilización. No fumar durante su utilización. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral.

### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes : Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Almacenar de acuerdo con la reglamentación local.

Otros datos : Conservar en un lugar seco. No se descompone si se almacena y aplica como se indica.

### 7.3 Usos específicos finales

Usos específicos : Sin datos disponibles



## SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

### 8.1 Parámetros de control

**Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.**

Componentes	No. CAS	Valor	Parámetros de control *	Base *
cemento, portland, productos químicos	65997-15-1	VLA-ED	4 mg/m <sup>3</sup>	ES VLA
cuarzo (SiO <sub>2</sub> )	14808-60-7	VLA-ED	0,05 mg/m <sup>3</sup>	ES VLA
óxido de aluminio	1344-28-1	VLA-ED	10 mg/m <sup>3</sup>	ES VLA
sulfato de calcio	7778-18-9	VLA-ED	10 mg/m <sup>3</sup>	ES VLA
óxido de calcio	1305-78-8	VLA-ED	2 mg/m <sup>3</sup>	ES VLA

### 8.2 Controles de la exposición

#### Protección personal

- Protección de los ojos : Gafas de seguridad con protecciones laterales conformes con la EN166  
Frasco lavador de ojos con agua pura
- Protección de las manos : Guantes químico-resistentes e impenetrables que cumplen con las normas aprobadas deben ser usados siempre que se manejen productos químicos si una evaluación del riesgo indica que es necesario.  
Recomendado: Guantes de goma de butilo/nitrilo.  
Desechar los guantes contaminados.
- Protección de la piel y del cuerpo : Traje protector impermeable al polvo  
Ropa de protección (por ejemplo, zapatos de seguridad acc. EN ISO 20345, vestimenta de trabajo de manga larga, pantalones largos). Delantales de goma y botas de protección son adicionalmente recomendados para trabajos de mezcla y agitación
- Protección respiratoria : La selección del respirador se debe basar en el conocimiento previo de los niveles, los riesgos de producto y los límites de trabajo de seguridad del respirador seleccionado.  
filtro de partículas P  
P1: Sustancia inerte; P2, P3: sustancias peligrosas  
Asegurar una ventilación adecuada. Esto se puede conseguir por extracción de escape local o por ventilación general. (EN 689 - Métodos para la determinación de la exposición por inhalación). Esto se aplica en particular a la mezcla / zona de agitación. En caso de que esto no fuera SUFICIENTE para mantener las concentraciones dentro de los límites de exposición profesional deberán utilizarse medidas de protección de



la respiración.

#### Controles de exposición medioambiental

Recomendaciones generales : No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario.

---

## SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Aspecto	:	polvo
Color	:	gris
Olor	:	característico
Umbral olfativo	:	Sin datos disponibles
Punto de inflamación	:	No aplicable
Temperatura de auto-inflamación	:	Sin datos disponibles
Temperatura de descomposición	:	Sin datos disponibles
Límites inferior de explosividad (% vol.)	:	Sin datos disponibles
Límite superior de explosividad (% vol.)	:	Sin datos disponibles
Inflamabilidad	:	Sin datos disponibles
Propiedades explosivas	:	Sin datos disponibles
Propiedades comburentes	:	Sin datos disponibles
pH	:	No aplicable
Punto/intervalo de fusión / Punto de congelación	:	Sin datos disponibles
Punto /intervalo de ebullición	:	Sin datos disponibles
Presión de vapor	:	Sin datos disponibles
Densidad	:	No aplicable
Densidad aparente	:	aprox.2 kg/m3
Solubilidad en agua	:	Sin datos disponibles
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	:	Sin datos disponibles
Viscosidad, dinámica	:	Sin datos disponibles

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-442 MultiFlow**



Fecha de revisión 24.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 24.05.2017

Viscosidad, cinemática : No aplicable  
Densidad relativa del vapor : Sin datos disponibles  
Tasa de evaporación : Sin datos disponibles

## 9.2 Otra información

Sin datos disponibles

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normales.

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable.

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones peligrosas : Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Condiciones que deben evitarse : Sin datos disponibles

### 10.5 Materiales incompatibles

Materias que deben evitarse : Sin datos disponibles

### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

No se descompone si se almacena y aplica como se indica.

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### Toxicidad aguda

No está clasificado en base a la información disponible.

#### Componentes:

##### **sulfato de calcio:**

Toxicidad oral aguda : DL50 Oral (Rata): > 5.000 mg/kg

#### **Corrosión o irritación cutáneas**

Provoca irritación cutánea.

#### **Lesiones o irritación ocular graves**

Provoca lesiones oculares graves.

#### **Sensibilización respiratoria o cutánea**

Sensibilización cutánea: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-442 MultiFlow**



Fecha de revisión 24.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 24.05.2017

Sensibilización respiratoria: No está clasificado en base a la información disponible.

**Mutagenicidad en células germinales**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Carcinogenicidad**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Toxicidad para la reproducción**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición única**

Puede irritar las vías respiratorias.

**Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición repetida**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Toxicidad por aspiración**

No está clasificado en base a la información disponible.

---

**SECCIÓN 12. Información ecológica**

**12.1 Toxicidad**

Sin datos disponibles

**12.2 Persistencia y degradabilidad**

Sin datos disponibles

**12.3 Potencial de bioacumulación**

Sin datos disponibles

**12.4 Movilidad en el suelo**

Sin datos disponibles

**12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB**

**Producto:**

Valoración : Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

**12.6 Otros efectos adversos**

**Producto:**

Información ecológica complementaria : No existe ningún dato disponible para ese producto.

---

**SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación**

**13.1 Métodos para el tratamiento de residuos**

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-442 MultiFlow**



Fecha de revisión 24.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 24.05.2017

Producto	: Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible. Los envases vacíos o los revestimientos pueden retener residuos del producto. Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles. Elimine del sobrante y productos no reciclables por medio de un contratista autorizado para su eliminación. La eliminación de este producto, sus soluciones y cualquier derivado deben cumplir siempre con los requisitos de la legislación de protección del medio ambiente y eliminación de desechos y todos los requisitos de las autoridades locales. Evitar la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, las vías fluviales, las tuberías de desagüe y las alcantarillas
Envases contaminados	: 15 01 10* Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### ADR

Mercancía no peligrosa

### IATA

Mercancía no peligrosa

### IMDG

Mercancía no peligrosa

### 14.6 Precauciones particulares para los usuarios

Sin datos disponibles

### 14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC

No aplicable

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

### 15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

#### Prohibición/Restricción

REACH - Restricciones a la fabricación, comercialización y uso de determinadas sustancias, preparados y artículos peligrosos (Anexo XVII) : No aplicable

REACH - Lista de sustancias candidatas que suscitan especial preocupación para su Autorización (artículo 59). : Ninguno de los componentes está listado (=> 0.1 %).

REACH - Lista de sustancias sujetas a autorización (Anexo XIV) : No aplicable

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-442 MultiFlow**



Fecha de revisión 24.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 24.05.2017

REACH Information: Todas las sustancias que forman parte de los productos de Sika están

- Preregistradas o registradas por nuestros proveedores de materias primas, y / o
- Preregistradas o registradas por Sika, y / o
- Excluidas de regulación, y / o
- Exentas de la inscripción.

Seveso III: Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.  
No aplicable

VOC-CH (VOCV) : < 0,01 %  
ningún derecho de aduana VOC

## 15.2 Evaluación de la seguridad química

Este producto contiene sustancias para las que aún se requieren valoraciones de seguridad química.

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto completo de las Declaraciones-H

H315	Provoca irritación cutánea.
H317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H318	Provoca lesiones oculares graves.
H335	Puede irritar las vías respiratorias.

### Texto completo de otras abreviaturas

Eye Dam.	Lesiones oculares graves
Skin Irrit.	Irritación cutáneas
Skin Sens.	Sensibilización cutánea
STOT SE	Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route
CAS	Chemical Abstracts Service
DNEL	Derived no-effect level
EC50	Half maximal effective concentration
GHS	Globally Harmonized System
IATA	International Air Transport Association
IMDG	International Maritime Code for Dangerous Goods
LD50	Median lethal dose (the amount of a material, given all at once, which causes the death of 50% (one half) of a group of test animals)
LC50	Median lethal concentration (concentrations of the chemical in air that kills 50% of the test animals during the observation period)
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978
OEL	Occupational Exposure Limit
PBT	Persistent, bioaccumulative and toxic
PNEC	Predicted no effect concentration

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD  
de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006  
**Sika MonoTop®-442 MultiFlow**



Fecha de revisión 24.05.2017

Versión 1.0

Fecha de impresión 24.05.2017

REACH	Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency
SVHC	Substances of Very High Concern
vPvB	Very persistent and very bioaccumulative

La información contenida en este ficha de datos de seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación. Quedan excluidas todas las garantías. Se aplicaran nuestras condiciones generales de venta en vigor. Por favor, consulte la Hoja de Datos del Producto antes de su uso y procesamiento.

|| Cambios con respecto a la versión anterior !



## SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

### 1.1 Identificador del producto

Nombre comercial : Sikadur®-506

### 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso del producto : Agente de carga

### 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Nombre de la empresa proveedora : Sika S.A.U.  
Ctra. de Fuencarral 72  
28108 Alcobendas (Madrid)  
Teléfono : +34 91 662 18 18 (7:30 - 18:00)  
Dirección de correo electrónico de la persona responsable de las SDS : EHS@es.sika.com

### 1.4 Teléfono de emergencia

+ 34 91 662 18 18

## SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

### 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

#### Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.

### 2.2 Elementos de la etiqueta

#### Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.

### 2.3 Otros peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

## SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

### 3.2 Mezclas

#### Componentes

Nombre químico	No. CAS No. CE Número de registro	Clasificación	Concentración (% w/w)

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

## Sikadur®-506



Fecha de revisión 30.04.2019

Versión 1.1

Fecha de impresión 28.07.2020

Sustancias con un límite de exposición en el lugar de trabajo :			
cuarzo (SiO <sub>2</sub> )	14808-60-7 238-878-4		>= 25 - < 50

## SECCIÓN 4. Primeros auxilios

### 4.1 Descripción de los primeros auxilios

- Recomendaciones generales : Sin peligros que requieran medidas especiales de primeros auxilios.
- Si es inhalado : Trasladarse a un espacio abierto.
- En caso de contacto con la piel : Quítese inmediatamente la ropa y zapatos contaminados. Eliminar lavando con jabón y mucha agua.
- En caso de contacto con los ojos : Retirar las lentillas. Manténgase el ojo bien abierto mientras se lava.
- Por ingestión : No provocar vómitos sin consejo médico. Enjuague la boca con agua. No dar leche ni bebidas alcohólicas. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente.

### 4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

- Síntomas : Vea la Sección 11 para obtener información detallada sobre la salud y los síntomas.
- Riesgos : No se conocen efectos significativos o riesgos.

### 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

- Tratamiento : Tratar sintomáticamente.

## SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

### 5.1 Medios de extinción

- Medios de extinción apropiados : Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

### 5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

- Productos de combustión peligrosos : No se conocen productos de combustión peligrosos

### 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

- Equipo de protección especial : En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autó-

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

## Sikadur®-506



Fecha de revisión 30.04.2019

Versión 1.1

Fecha de impresión 28.07.2020

cial para el personal de lucha nomo.  
contra incendios

Otros datos : Procedimiento estándar para fuegos químicos.

---

### SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

#### 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Precauciones personales : Equipo de protección individual, ver sección 8.

#### 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Precauciones relativas al medio ambiente : No se requieren precauciones especiales medioambientales.

#### 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Métodos de limpieza : Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.

#### 6.4 Referencia a otras secciones

Equipo de protección individual, ver sección 8.

---

### SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

#### 7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura : Equipo de protección individual, ver sección 8.  
No se requiere consejo de manipulación especial.  
Cuando se manejen productos químicos, siga las medidas estándar de higiene.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión : Disposiciones normales de protección preventivas de incendio.

Medidas de higiene : No comer ni beber durante su utilización. No fumar durante su utilización.

#### 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes : Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Almacenar conforme a las regulaciones locales.

Indicaciones para el almacenamiento conjunto : No hay restricciones especiales para el almacenamiento con otros productos.

Más información acerca de la estabilidad durante el almacenamiento : No se descompone si se almacena y aplica como se indica.



### 7.3 Usos específicos finales

Usos específicos : Consulte la última versión actualizada de la Hoja de Datos del Producto antes de su uso.

## SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

### 8.1 Parámetros de control

#### Límites de exposición profesional

Componentes	No. CAS	Tipo de valor (Forma de exposición)	Parámetros de control *	Base *
cuarzo (SiO <sub>2</sub> )	14808-60-7	VLA-ED (fracción respirable)	0,05 mg/m <sup>3</sup>	ES VLA
Otros datos	véase ITC/2585/2007, Véase UNE EN 481: Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles., En las industrias extractivas véase ORDEN ITC/2585/2007, de 30 de agosto, por la que se aprueba la Instrucción técnica complementaria 2.0.02 «Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas», del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera., Reclasificado, por la International Agency for Research on Cancer (IARC) de grupo 2A (probablemente carcinogénico en humanos) a grupo 1 (carcinogénico en humanos).			

\* Los valores anteriormente mencionados son basados en la legislación vigente a la fecha de la publicación de esta hoja de datos de seguridad.

### 8.2 Controles de la exposición

#### Protección personal

- Protección de los ojos : Gafas de seguridad
- Protección de las manos : Guantes químico-resistentes e impenetrables que cumplen con las normas aprobadas deben ser usados siempre que se manejen productos químicos si una evaluación del riesgo indica que es necesario.
- Protección de la piel y del cuerpo : Ropa de protección (por ejemplo, zapatos de seguridad acc. EN ISO 20345, vestimenta de trabajo de manga larga, pantalones largos). Delantales de goma y botas de protección son adicionalmente recomendados para trabajos de mezcla y agitación
- Protección respiratoria : La selección del respirador se debe basar en el conocimiento previo de los niveles, los riesgos de producto y los límites de trabajo de seguridad del respirador seleccionado. Asegurar una ventilación adecuada. Esto se puede conseguir por extracción de escape local o por ventilación general. (EN 689 - Métodos para la determinación de la exposición por inhalación). Esto se aplica en particular a la mezcla / zona de agitación. En caso de que esto no fuera SUFICIENTE para mantener las concentraciones dentro de los límites de exposición profesional deberán utilizarse medidas de protección de la respiración.



**Controles de exposición medioambiental**

Recomendaciones generales : No se requieren precauciones especiales medioambientales.

---

**SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas**

**9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Aspecto	:	granulado
Color	:	beige
Olor	:	inodoro
Umbral olfativo	:	Sin datos disponibles
pH	:	No aplicable
Punto/intervalo de fusión / Punto de congelación	:	Sin datos disponibles
Punto /intervalo de ebullición	:	Sin datos disponibles
Punto de inflamación	:	No aplicable
Tasa de evaporación	:	Sin datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	:	Sin datos disponibles
Límite superior de explosivi- dad / Límites de inflamabili- dad superior	:	Sin datos disponibles
Límites inferior de explosivi- dad / Límites de inflamabili- dad inferior	:	Sin datos disponibles
Presión de vapor	:	Sin datos disponibles
Densidad relativa del vapor	:	Sin datos disponibles
Densidad	:	1,4 g/cm <sup>3</sup> (20 °C)
Solubilidad(es)		
Solubilidad en agua	:	insoluble
Solubilidad en otros disol- ventes	:	Sin datos disponibles
Coefficiente de reparto n- octanol/agua	:	Sin datos disponibles

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

## Sikadur®-506



Fecha de revisión 30.04.2019

Versión 1.1

Fecha de impresión 28.07.2020

Temperatura de auto-inflamación : Sin datos disponibles

Temperatura de descomposición : Sin datos disponibles

Viscosidad

Viscosidad, dinámica : Sin datos disponibles

Viscosidad, cinemática : No aplicable

Propiedades explosivas : Sin datos disponibles

Propiedades comburentes : Sin datos disponibles

### 9.2 Otros datos

Sin datos disponibles

---

## SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

### 10.1 Reactividad

No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normales.

### 10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable.

### 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones peligrosas : Sin peligros a mencionar especialmente.

### 10.4 Condiciones que deben evitarse

Condiciones que deben evitarse : Sin datos disponibles

### 10.5 Materiales incompatibles

Materias que deben evitarse : Sin datos disponibles

### 10.6 Productos de descomposición peligrosos

No se descompone si se almacena y aplica como se indica.

---

## SECCIÓN 11. Información toxicológica

### 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

#### Toxicidad aguda

No está clasificado en base a la información disponible.

#### Corrosión o irritación cutáneas

No está clasificado en base a la información disponible.



**Lesiones o irritación ocular graves**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Sensibilización respiratoria o cutánea**

**Sensibilización cutánea**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Sensibilización respiratoria**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Mutagenicidad en células germinales**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Carcinogenicidad**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Toxicidad para la reproducción**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición única**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición repetida**

No está clasificado en base a la información disponible.

**Toxicidad por aspiración**

No está clasificado en base a la información disponible.

---

**SECCIÓN 12. Información ecológica**

**12.1 Toxicidad**

Sin datos disponibles

**12.2 Persistencia y degradabilidad**

Sin datos disponibles

**12.3 Potencial de bioacumulación**

Sin datos disponibles

**12.4 Movilidad en el suelo**

Sin datos disponibles

**12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB**

**Producto:**

Valoración : Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores..

**12.6 Otros efectos adversos**

**Producto:**

Información ecológica com- : No existe ningún dato disponible para ese producto.



plementaria

---

## SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

### 13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Producto : Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible.  
Los envases vacíos o los revestimientos pueden retener residuos del producto.  
Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.  
Elimine el sobrante y productos no reciclables por medio de un contratista autorizado para su eliminación.  
La eliminación de este producto, sus soluciones y cualquier derivado deben cumplir siempre con los requisitos de la legislación de protección del medio ambiente y eliminación de desechos y todos los requisitos de las autoridades locales.  
Evitar la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, las vías fluviales, las tuberías de desagüe y las alcantarillas

---

## SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

### 14.1 Número ONU

No está clasificado como producto peligroso.

### 14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas

No está clasificado como producto peligroso.

### 14.3 Clase(s) de peligro para el transporte

No está clasificado como producto peligroso.

### 14.4 Grupo de embalaje

No está clasificado como producto peligroso.

### 14.5 Peligros para el medio ambiente

No está clasificado como producto peligroso.

### 14.6 Precauciones particulares para los usuarios

No aplicable

### 14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y del Código IBC

No aplicable al producto suministrado.

---

## SECCIÓN 15. Información reglamentaria

### 15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Convención Internacional sobre las Armas Químicas : No aplicable

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

## Sikadur®-506



Fecha de revisión 30.04.2019

Versión 1.1

Fecha de impresión 28.07.2020

(CWC) Programas sobre los Productos Químicos Tóxicos y los Precursores (Louisiana Administrative Code, Title 33, Part V Section 10101 et. seq.)

REACH - Lista de sustancias candidatas que suscitan especial preocupación para su Autorización (artículo 59). : Ninguno de los componentes está listado (=> 0.1 %).

REACH - Lista de sustancias sujetas a autorización (Anexo XIV) : No aplicable

Reglamento (CE) no 1005/2009 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono : No aplicable

Reglamento (CE) N° 850/2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes : No aplicable

REACH - Restricciones a la fabricación, comercialización y uso de determinadas sustancias, preparados y artículos peligrosos (Anexo XVII) : No aplicable

REACH Information: Todas las sustancias que forman parte de los productos de Sika están  
- Registradas por nuestros proveedores de materias primas, y / o  
- Registradas por Sika, y / o  
- Excluidas de regulación, y / o  
- Exentas de la inscripción.

Seveso III: Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.  
No aplicable

Compuestos orgánicos volátiles : Ley sobre el impuesto incentivo para los compuestos orgánicos (VOCV)  
ningún derecho de aduana VOC

### 15.2 Evaluación de la seguridad química

El proveedor no ha realizado ninguna evaluación de seguridad química para esta mezcla.

---

## SECCIÓN 16. Otra información

### Texto completo de otras abreviaturas

ES VLA : Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos -  
Tabla 1: Límites Ambientales de exposición profesional  
ES VLA / VLA-ED : Valores límite ambientales - exposición diaria  
ADR : Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route  
CAS : Chemical Abstracts Service  
DNEL : Derived no-effect level  
EC50 : Half maximal effective concentration

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

## Sikadur®-506



Fecha de revisión 30.04.2019

Versión 1.1

Fecha de impresión 28.07.2020

GHS	:	Globally Harmonized System
IATA	:	International Air Transport Association
IMDG	:	International Maritime Code for Dangerous Goods
LD50	:	Median lethal dose (the amount of a material, given all at once, which causes the death of 50% (one half) of a group of test animals)
LC50	:	Median lethal concentration (concentrations of the chemical in air that kills 50% of the test animals during the observation period)
MARPOL	:	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978
OEL	:	Occupational Exposure Limit
PBT	:	Persistent, bioaccumulative and toxic
PNEC	:	Predicted no effect concentration
REACH	:	Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency
SVHC	:	Substances of Very High Concern
vPvB	:	Very persistent and very bioaccumulative

### Otros datos

La información contenida en esta ficha de datos de seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación. Quedan excluidas todas las garantías. Se aplicarán nuestras condiciones generales de venta en vigor. Por favor, consulte la Hoja de Datos del Producto antes de su uso y procesamiento.

|| Cambios con respecto a la versión anterior !

ES / ES