

Dr. Rojo Aparicio, José María
Dpto. de Contaminantes y Toxicología. INSHT-CNVM. rojoapa@meys.es

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

OBJETIVOS:

Caracterización del polvo desprendido en operaciones de mecanizado de aglomerados de sílice y otras piedras naturales y artificiales

DETERMINACIONES:

- Composición de los materiales utilizados
- Cuantificación de los polimorfos de la sílice en el polvo y en la fracción respirable del polvo del mecanizado
- Masa y distribución de tamaños de partícula de la sílice cristalina en el medio ambiente laboral



Las muestras proceden de 15 empresas que trabajan con diversos tipos y modelos de materiales artificiales de los fabricantes más importantes del sector (Silstone, Compac, Caesartone, Okite...)



Más del 80 % de los materiales mecanizados en talleres de piedra natural y artificial son aglomerados de sílice

METODOLOGÍA

1. CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL POLVO DE MECANIZADO

Polimorfos de la sílice cristalina (cuarzo, cristobalita y tridimita)

Difracción de rayos X en muestra policristalina



2. SEPARACIÓN DE LA FRACCIÓN RESPIRABLE DEL POLVO DE MECANIZADO

Sedimentación en vía húmeda por efecto de la gravedad → Pipeta Andreason

$$d_{\text{SiO}_2} = \left(\frac{d_{\text{SiO}_2}^3}{\rho_{\text{SiO}_2}} \right)^{1/3}$$

$$t = \frac{18\eta h}{g(\rho_{\text{SiO}_2} - \rho_{\text{agua}})}$$



3. TOMA DE MUESTRAS AMBIENTALES

Impactador de cascada de nueve etapas, modelo Marple 298

La fracción respirable es recogida entre las etapas 4 a 9, ambas inclusive



PUNTOS DE CORTE:
Etapas 1: 21,3 µm Etapas 6: 1,55 µm
Etapas 2: 14,6 µm Etapas 7: 0,93 µm
Etapas 3: 9,8 µm Etapas 8: 0,52 µm
Etapas 4: 6,0 µm Etapas 9: < 0,52 µm
Etapas 5: 3,5 µm

- MTA/MA-056/A06 (2006) Determinación de sílice libre cristalina (cuarzo, cristobalita, tridimita) en aire – Método del filtro de membrana / Difracción de rayos X. INSHT. www.insht.es
- ACT/DRX-PI1/04 (2004) Caracterización de materiales sólidos por difracción de rayos X. Determinación del contenido en sílice en productos industriales. INSHT-CNVM

PORCENTAJES DE CUARZO Y CRISTOBALITA

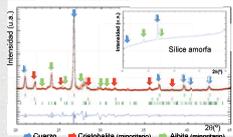
FABRICANTE	MATERIAL	POLVO DE MECANIZADO			POLVO DE MECANIZADO: FRACCIÓN RESPIRABLE		
		(%) Cuarzo	(%) Cristobalita	(%) SC total	(%) Peso	(%) Cuarzo	(%) Cristobalita
1	1	24	28	52			
	2	50	10	60	12	19	10
	3	18	19	37	9	7	3
	4	3	4	7	14	34	31
2	5	56	9	65	4	< LD	< LD
	6				15	54	< 3
3	7	41	24	65	15	37	16
4	8	70	< 3	~ 70	12	52	< 2
5	9	90	< 2	~ 90	8	62	< 2

- Porcentajes elevados de **cuarzo**
- Contenidos en **cristobalita** variados
- Porcentaje de **sílice cristalina total** (cuarzo y cristobalita) muy elevados
- Fracción respirable entre el **8% - 15%** en peso del polvo
- Cuarzo** mayoritario y **cristobalita** muy variado
- Se mantienen porcentajes elevados de **sílice cristalina total**

COMPOSICIÓN DEL POLVO

Operaciones de **corte y pulido** de piedras naturales y artificiales

TIPO DE MATERIAL	COMPOSICIÓN (*)	
	MAYORITARIO	MINORITARIO
NATURAL	Granito	cuarzo, albita, microclina y moscovita
	Mármol	calcita, cuarzo, cristobalita y albita
	Silestone	cuarzo
ARTIFICIAL (*)	Compac quartz	cuarzo, albita y microclina
	Eco-silestone	sílice amorfa, cuarzo y albita
	Okite	cuarzo, cristobalita y albita
	Quarrel quartz	cuarzo, cristobalita
	Caesartone	cuarzo, cristobalita
POLVO SUPERFICIAL	Pulido	cuarzo y otros silicatos
	Deposición (puñales, maquinaria, mesas, almacén...)	cuarzo, cristobalita y albita

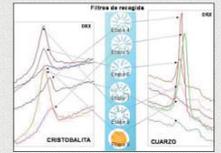


FULLPROF: Análisis del perfil completo del diagrama de difracción (pattern matching) a partir de los parámetros de celda y grupo espacial de sustancias cristalinas (PDF-2: Powder Diffraction Files)

- La mayoría de los **aglomerados de sílice** contienen **cuarzo, cristobalita** y diversos feldespatos como la albita;
- No se ha detectado** la presencia de **tridimita**, polimorfo cristalino de la sílice, en ninguna de las piedras naturales o artificiales analizadas
- El **polvo de superficie** presenta la misma composición (**cuarzo, cristobalita** y albita) que el generado durante las operaciones de mecanizado
- El **granito** es la piedra natural más utilizada

FRACCIÓN RESPIRABLE EN MUESTRAS AMBIENTALES

Muestra	Etapas	Diámetros aerodinámicos (µm)	CUARZO		CRISTOBALITA	
			µg	% (µg/µg polvo)	µg	% (µg/µg polvo)
1	4	9,8 - 6,0	78	36	46	11
	5	6,0 - 3,5	198	45	42	14
	6	3,5 - 1,55	211	12	6	19
	7	1,55 - 0,93	288	< 3	< 2	42
	8	0,93 - 0,52	130	< 3	31	24
2	4	9,8 - 6,0	112	45	40	10
	5	6,0 - 3,5	127	46	36	15
	6	3,5 - 1,55	167	10	6	13
	7	1,55 - 0,93	181	< 3	< 2	25
	8	0,93 - 0,52	107	< 3	< 3	14



- La cantidad de **cuarzo disminuye** al disminuir el tamaño de las partículas mientras que la de **cristobalita aumenta**
- Casi el 50% de las **partículas respirables** presentan diámetros inferiores a **1,55 µm**
- Composición de las partículas **inferiores a 1,55 µm**:
Contenido en **cuarzo < 3%**
Contenido en **cristobalita > 10%**

CONCLUSIONES

- El polvo recogido tras el **mecanizado de los aglomerados de sílice** muestra la importancia de la **fracción respirable** en las exposiciones, presentando porcentajes **próximos al 10% en peso**.
- La **fracción respirable** contiene **mayoritariamente cuarzo** y, en muchas piedras artificiales, se han encontrado **cantidades importantes de cristobalita**
- Prácticamente **el 50%** en peso del **polvo ambiental** recogido como fracción respirable presenta **diámetros aerodinámicos inferiores a 1,55 µm**
- Los resultados obtenidos indican que las partículas de **cristobalita** presentan **tamaños inferiores a 3,5 µm** e inferiores a las encontradas para el cuarzo
- La **presencia de cristobalita y el pequeño tamaño de sus partículas** deben ser **factores a tener en cuenta en la evaluación de la exposición laboral a sílice cristalina** en el trabajo con aglomerados



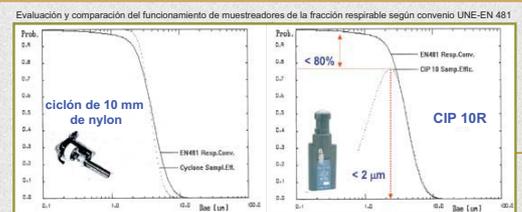
CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A SÍLICE CRISTALINA

- La **FRACCIÓN RESPIRABLE** del polvo contiene un porcentaje importante (~ 70 %) de partículas con diámetros aerodinámicos **inferiores a 3,5 µm**
- MUY IMPORTANTE** elegir el **muestreador** de la fracción respirable que mejor se **ajuste** a la parte del convenio que corresponde a los diámetros aerodinámicos inferiores a 3,5 µm

Muestreadores de la fracción respirable. Norma UNE-EN 13205

MUESTREADOR	CAUDAL (lit/min)	ELEMENTO DE RETENCIÓN	FABRICANTE
DM Multifiltración	2	Filtro	SKC
CIP 10-R	10	Espuma	ARLICO
GK2.69	4,2	Filtro	BGI
SIMPEDS	2,2	Filtro	CABELLA
Respicon	3,11	Filtro	HUND
Ciclón de aluminio	2,5	Filtro	SKC
Ciclón de plástico conductor	2,2	Filtro	SKC
GS-1	2,6	Filtro	
GS-3	2,75	Filtro	
PSP-FSP 2	2	Filtro	OSM
PSP-FSP 10	10	Filtro	OSM
10 mm Nylon	1,7	Filtro	PANAMETRICS

TOMA DE MUESTRA
↓
ANÁLISIS



- La **FRACCIÓN RESPIRABLE** del polvo puede contener **cuarzo y cristobalita**
- MUY IMPORTANTE** elegir la **técnica analítica** adecuada para diferenciar los polimorfos de la sílice

Problemas para distinguir entre polimorfos de la sílice, silicatos u otros minerales (infrarrodeación de la exposición)

ESPECTROFOTOMETRÍA DE INFRARROJO (IR)



DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)

Diferencia simultáneamente entre cuarzo, cristobalita, tridimita, sílice amorfa y la gran mayoría de silicatos minerales



El **método** más adecuado para determinar simultáneamente **todas las variedades de sílice cristalina** (cuarzo, cristobalita y tridimita) es el método **MTA/MA-056/A06 del INSHT** que emplea DRX