

TRABAJO FIN DE MASTER

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Alumno: Vicent Boix Bornay

Tutor: Ana Isabel Sánchez Blanco

Madrid, 2021

TRABAJO FIN DE MASTER

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

Alumno: Vicent Boix Bornay

TUTOR: Ana Isabel Sánchez Blanco

Madrid, 2021

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que colaboraron en la realización del presente trabajo, a las que compartieron conocimientos y experiencias, a las que hicieron huecos en sus apretadas agendas o en sus momentos de esparcimiento... en especial:

-Profesorado de la Universidad Europea, sobre todo a Ana Isabel Sánchez Blanco, tutora de este trabajo final de máster.

-Carla Ribalta (*The National Research Center for Work Environment*).

-David Rosell (Grupo STN Cerámica).

-Eliseo Monfort (Catedrático de ingeniería química de la UJI e investigador del ITC).

-Isaac Nebot (*Escola Superior de Ceràmica de l'Alcora*).

-Miguel Ángel Pitarch (ASEPEYO).

-Óscar Benavent (INGESOM).

-Pere Soto (Unión de Mutuas).

-Virgilio Elías Rodríguez (UNIMAT Prevención).

-A los colaboradores que pidieron confidencialidad.

-A todas las personas que desde la ciencia y el conocimiento nutrieron y enriquecieron el presente trabajo con sus investigaciones, tesis, artículos, informes, criterios... con sus años de trabajo, sudor e insomnios.

-A mi familia, claro está.

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS.....	10
INDICE DE FIGURAS	11
ACRONIMOS	13
1 RESUMEN / ABSTRACT	15
2 INTRODUCCIÓN	17
2.1 Breve historia del sector cerámico de Castelló.....	17
2.2 Sector cerámico de Castelló en la actualidad	18
2.3 Las baldosas cerámicas	20
2.3.1 Descripción y composición.....	20
2.3.2 Análisis detallado de las materias primas	24
2.3.3 La sílice en la cerámica.....	25
2.3.4 El proceso de fabricación	27
2.3.4.1 Organización y diseño	27
2.3.4.2 Las fases del proceso.....	27
2.4 La sílice cristalina	36
2.4.1 Algunos datos básicos	36
2.4.2 La SCR como agente químico peligroso.....	38
2.4.2.1 La silicosis	39
2.4.2.2 Otras enfermedades.....	40
2.4.2.3 Cáncer de pulmón	42
2.4.2.3.1 Clasificación IARC.....	42
2.4.2.3.2 Otras evidencias.....	45
3 OBJETIVO	49
3.1 Objetivo principal	49
3.2 Objetivos específicos	49
4 ANTECEDENTES	51
4.1 Estudios toxicológicos en actividades cerámicas.....	51
4.1.1 Estudios sobre cáncer de pulmón y SCR	52
4.1.2 Otras investigaciones científicas	55
4.2 Mediciones higiénicas en el sector cerámico de Castelló	58
4.2.1 Conceptos previos	59
4.2.2 UNIMAT Prevención	60
4.2.3 Instituto de Tecnología Cerámica	61
4.2.4 Empresa del sector	62

4.2.5	Conclusiones.....	64
4.3	Las modificaciones del VLA en el estado español	64
4.4	La sílice cristalina como causante de enfermedades profesionales en España	69
4.4.1	Breve repaso histórico	69
4.4.1.1	La Ley de Bases de Enfermedades Profesionales, de 13 de julio de 1936.....	69
4.4.1.2	El Decreto de 10 de enero de 1947.....	70
4.4.1.3	El Decreto 792/1961	71
4.4.1.4	El Real Decreto 1995/1978	72
4.4.2	Cuadro vigente de enfermedades profesionales: El Real Decreto 1299/2006	74
4.4.3	Cifras actuales de casos de silicosis y cáncer de pulmón	77
5	METODOLOGÍA	78
5.1	Higiene industrial	78
5.2	Medicina del trabajo.....	79
6	RESULTADOS.....	81
6.1	Obligaciones legales.....	81
6.1.1	La Ley 31/1995	82
6.1.2	El Real Decreto 374/2001	82
6.1.3	El Real Decreto 665/1997	85
6.2	Evaluación de riesgos higiénica.....	87
6.2.1	Identificación de los procesos con sílice cristalina	88
6.2.2	Fracción respirable.....	89
6.2.3	Mediciones	94
6.2.3.1	Mediciones higiénicas personales.....	95
6.2.3.2	Mediciones de proceso.....	96
6.2.3.3	Mediciones en continuo.....	97
6.2.4	Interpretación de los resultados	98
6.2.4.1	Guía Real Decreto 374/2001 (Norma UNE-EN 689:1996).....	99
6.2.4.2	Norma UNE-EN 689:2019	100
6.2.4.3	Criterios técnicos del INVASSAT sobre la exposición laboral por vía inhalatoria	101
6.2.4.3.1	Disposiciones generales	101
6.2.4.3.2	Anexo SCR	106
6.2.4.4	Mapeo.....	107
6.2.5	Revisión de las evaluaciones de riesgos	108
6.3	Planificación de la actividad preventiva	109

6.3.1	Medidas preventivas	110
6.3.1.1	Sobre las materias primas.....	110
6.3.1.1.1	Reducción del polvo y presentación de los materiales	111
6.3.1.1.2	El proyecto SILIFE	114
6.3.1.2	Sobre el diseño de las instalaciones	115
6.3.1.3	Medidas técnicas.....	116
6.3.1.3.1	Nivel de energía	117
6.3.1.3.2	Medidas sobre el foco emisor	117
6.3.1.3.3	Otras medidas técnicas.....	120
6.3.1.4	Medidas Organizativas.....	123
6.3.1.4.1	Señalización	123
6.3.1.4.2	Fichas de datos de seguridad	125
6.3.1.4.3	Otras medidas organizativas.....	126
6.3.1.5	Medidas higiénicas.....	127
6.3.1.5.1	Limpieza	128
6.3.1.5.2	EPI y EPR	129
6.3.1.5.2.1	Aspectos generales	129
6.3.1.5.2.2	Selección	130
6.3.1.5.2.3	Uso.....	130
6.3.1.5.3	Otras medidas higiénicas	131
6.3.2	Vigilancia de la salud	133
6.3.2.1	Marco legal.....	133
6.3.2.1.1	Obligaciones del empresario y trabajadores	133
6.3.2.1.2	Características	134
6.3.2.1.3	Periodicidad	135
6.3.2.2	El protocolo de vigilancia sanitaria específica para la silicosis	136
6.3.3	Formación e información.....	139
6.3.4	Otros aspectos de la Ley 31/1995	139
6.3.4.1	Coordinación de actividades empresariales (CAE).....	140
6.3.4.2	Protección de trabajadores especialmente sensibles	140
6.3.4.3	Protección de la maternidad.....	141
6.3.4.4	Protección de los menores.....	141
6.3.4.5	ETT's	141
6.3.4.6	Documentación	141
6.3.5	Otros aspectos sobre el anexo I del Real Decreto 39/1997.....	142
7	CONCLUSIONES	145

7.1	Toxicidad de la SCR.....	145
7.2	La SCR en la fabricación de baldosas en Castelló	146
7.3	Planificación de las actividades preventivas	147
8	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	149
9	BIBLIOGRAFÍA	151
10	ANEXOS	167
	Anexo I- Instrucciones de seguridad para trabajar con baldosas cerámicas. Fuente: Gres Aragón, nd	167
	Anexo II - Índice del contenido específico para la formación e información sobre SCR. Fuente: INVASSAT, 2021b	169

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química estándar aproximada de dos tipos de esmaltes en porcentaje. Fuente: Elaboración propia con datos de una entrevista con el Dr. Isaac Nebot.	22
Tabla 2. Composición estándar aproximada de algunos soportes cerámicos. Fuente: Elaboración propia a través de una entrevista con el Dr. Isaac Nebot.	23
Tabla 3. Porcentajes de sílice en arcillas <i>ball clay</i> utilizadas para gres porcelánico en el sector cerámico español. Fuente: Elaboración propia con datos de Lázaro et al., 2012 y de la entrevista con el Dr. Isaac Nebot.....	24
Tabla 4. Porcentajes de sílice en feldespatos utilizados en el sector cerámico español. Fuente: Elaboración propia con datos de Baltuille, 2009.....	25
Tabla 5. Porcentajes de sílice en caolines utilizados en el sector cerámico español. Fuente: Elaboración propia con datos de Galán & Aparicio, 2006.....	25
Tabla 6. Identidad de la sílice cristalina. Fuente: Elaboración propia con datos de ECHA, 2021 y ChemSpider, 2021.	37
Tabla 7. Propiedades físico-químicas de la sílice cristalina. Fuente: Elaboración propia con datos de ChemSpider, 2021 y Wikipedia, 2021	38
Tabla 8. Actividades productivas y los países en donde se desarrollaban, en donde se realizaron los estudios científicos revisados por el IARC para declarar la sílice cristalina como un agente cancerígeno del Grupo 1. Fuente: Elaboración propia con datos de IARC, 1997	44
Tabla 9. Resultados de las mediciones de SCR. Fuente: Elaboración propia con datos de Unimat, 2014	61
Tabla 10. Resumen de las zonas según los criterios de INVASSAT. Fuente: Elaboración propia a partir de INVASSAT, 2021b, Rosell, 2021c y Rodríguez, 2021a	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Soporte cerámico de gres rojo sin esmaltar. Fuente: Fotografía Àngela Colls2021a.....	20
Figura 2. Parte de una baldosa cerámica esmaltada y cocida. Fuente: Adaptado de Zona Hogar.....	21
Figura 3. Red vítrea de tetraedros de sílice. Fuente: Elaboración propia.....	26
Figura 4. Proceso de fabricación de baldosas cerámicas. Fuente: Elaboración propia.	28
Figura 5. Atomizador de tierra cerámica. Fuente: Adaptado de Sacmi, 2014.	30
Figura 6. Vista al microscopio de gránulos de tierra atomizada. Fuente: Tierra Atomizada, 2021.	31
Figura 7. Prensa cerámica. Fuente: Adaptado de Gayafors, 2021.	33
Figura 8. Molinos de bolas para la molturación de esmaltes. Fuente: Sacmi, 2017.....	35
Figura 9. Porcentaje de sílice en algunos minerales (esta cifra puede cambiar). Fuente: HSE-GB adaptado por Puchau, 2019.....	36
Figura 10. Clasificación del SiO₂ (natural) de acuerdo con el Reglamento (CE) N° 1272/2008. Fuente: ECHA, 2021	42
Figura 11. Clasificación del IARC de los agentes carcinogénicos. Fuente: Adaptado de Aróstegui, 2017.....	43
Figura 12. Resultados de evaluaciones higiénicas en factorías de ladrillos refractarios en Italia. Fuente: Puntoni et al., 1988.....	53
Figura 13. Resultados de evaluaciones higiénicas en factorías de Stoke-on-Trent (Inglaterra). Fuente: Cherry et al., 1998.....	54
Figura 14. Resultados de dos evaluaciones higiénicas en factorías cerámicas de Taiwan. Fuente: Liao et al., 2015.....	57
Figura 15. Resultado de las mediciones de SCR. Fuente: Escrig, 2011	62
Figura 16. Los límites de exposición de la SCR en la normativa española. Fuente: Elaboración propia.....	68
Figura 17. La sílice en el cuadro de enfermedades profesionales de 1947. Fuente: Decreto de 10 de enero de 1947	70
Figura 18. La sílice en el cuadro de enfermedades profesionales de 1961. Fuente: Adaptado del Decreto 792/1961	72
Figura 19. La sílice en el cuadro de enfermedades profesionales de 1978. Fuente: Adaptado del Real Decreto 1996/78.....	73
Figura 20. La silicosis en el cuadro de enfermedades profesionales. Fuente: Real Decreto 1299/2006	74
Figura 21. Incorporación del cáncer de pulmón por exposición a sílice libre en el cuadro de enfermedades profesionales. Fuente: Real Decreto 257/2018	75
Figura 22. Grado de penetración de los aerosoles insolubles en función del tamaño de partícula. Fuente: INSST 2019.....	92
Figura 23. Distribución logarítmico-normal para los diferentes tipos de fracciones según los convenios establecidos en la norma UNE-EN 481.....	94

Figura 24. Medición de proceso en la salida de un horno cerámico. Fuente: Rodríguez, nd	97
Figura 25. Mapeo de los resultados de unas mediciones de SCR en una empresa de baldosas cerámicas de Castelló. Fuente: Rodríguez, nd	107
Figura 26. Sectorización de un proceso. Fuente: Rodríguez, nd	116
Figura 27. Sistemas de aspiración localizada. Fuente: Elaboración propia a partir de Unimat Prevención en INVASSAT, 2021b	119
Figura 28. Sistema de humectación por nebulización en empresa de baldosas cerámicas en Castelló. Fuente: propia	121
Figura 29. Señalización mínima en zonas con presencia y detección de SCR. Fuente: elaboración propia.	125
Figura 30. Mascarilla autofiltrante FFP3 empleada en el sector de baldosas cerámicas de Castelló para proteger a las personas trabajadoras de la SCR. Fuente: propia.....	131
Figura 31. Ducha de aire ubicada en una factoría de fabricación de baldosas cerámicas. Fuente: elaboración propia.	132

ACRÓNIMOS

ACGIH	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (American Conference of Governmental Industrial Hygienist).
AMAT	Asociación de Mutuas de Accidentes de Trabajo.
ANFFECC	Asociación Nacional de Fabricantes de Fritas, Esmaltes y Colores Cerámicos
ASCER	Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos.
ATC	Asociación Española de Técnicos Cerámicos.
BOE	Boletín Oficial del Estado.
CAE	Coordinación de Actividades Empresariales.
CLP	Reglamento de Clasificación, Etiquetado y Etiquetado de Sustancias y Mezclas (Classification, Labelling and Packaging).
ED	Exposición Diaria.
EDr	Exposición Diaria Relativa.
EP	Estudios Primarios.
EPI	Equipos de Protección Individual.
EPR	Equipos de Protección Respiratoria.
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.
ETT	Empresa de Trabajo Temporal.
FDS	Fichas de Datos de Seguridad.
GES	Grupo de Exposición Similar.
IARC	Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (The International Agency for Research on Cancer).
INS	Instituto Nacional de Silicosis.
INSST	Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
INVASSAT	<i>Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball.</i>
IPCS	Programa Internacional sobre Seguridad Química (International Programme on Chemical Safety)
ITC	Instituto de Tecnología Cerámica.
LEP	Límites de Exposición Profesional.
MA	Meta-análisis.
MG	Media Geométrica.
NCI	Instituto Nacional del Cáncer (National Cancer Institute).
NRCWE	<i>The National Research Center for Work Environment.</i>

OIT	Organización Internacional del Trabajo.
PRL	Prevención de riesgos laborales.
RD	Real Decreto.
REACH	Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias y Preparados Químicos (Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals).
RICISST	Red de Institutos y Centros de Investigación en Seguridad y Salud en el Trabajo.
RS	Revisiones Sistemáticas.
SCR	Sílice Cristalina Respirable.
SCOEL	Comité Científico para los Límites de Exposición Profesional a Agentes Químicos (Scientific Committee on Occupational Exposure Limits).
SPA	Servicio de Prevención Ajeno.
UJI	<i>Universitat Jaume I.</i>
VLA-EC	Valor límite ambiental Exposición Corta.
VLA-ED	Valor límite ambiental Exposición Diaria.

RESUMEN / ABSTRACT

Resumen

Hace más de un siglo que se sabe que la silicosis es consecuencia de la exposición a la fracción respirable de la sílice cristalina. En España supuso un grave problema laboral y fue considerada enfermedad profesional desde el primer intento de cuadro de enfermedades profesionales en 1936. Años antes organismos como la OIT ya habían anticipado sus efectos adversos y algunos países habían establecido medidas para controlar sus riesgos.

Aunque se sospechaba desde hace décadas, desde 1997 se considera que este agente químico es causante de cáncer de pulmón y España lo incluyó en su cuadro de enfermedades profesionales en 2018. Infinidad de estudios científicos vinculan la exposición laboral a la fracción respirable de la sílice cristalina con estas dos enfermedades y otras.

El sector de fabricación de baldosas cerámicas de Castelló es altamente dependiente de materias primas que contienen sílice en su composición. Cientos de evaluaciones higiénicas han detectado presencia de este agente en diferentes procesos en sus factorías. Este hecho junto a la peligrosidad de la sílice y la cada vez más estricta legislación al respecto, empuja al sector a evolucionar y planificar actividades preventivas tendentes a reducir la emisión y la exposición para proteger a sus personas trabajadoras. Paralelamente la I+D+i está protagonizando un papel crucial en la búsqueda de soluciones para mitigar este problema laboral.

Esta investigación detalla las técnicas empleadas en la evaluación de riesgos higiénica a la vez que recopila las principales medidas que se están investigando e implantando en las empresas del sector para reducir el riesgo de exposición a este agente.

Abstract

Silicosis has been known to result from exposure to the respirable fraction of crystalline silica for more than a century. In Spain, this was a serious labour problem and was considered an occupational disease from the first attempt to treat occupational diseases, in 1936. Years before, organizations such as the ILO had already anticipated its adverse effects, and some countries had established measures to control its risks.

Although suspected for decades, since 1997 this chemical agent has been considered to be the cause of lung cancer and Spain included it in its chart of occupational diseases in 2018. Countless scientific studies link occupational exposure to the respirable fraction of crystalline silica with these two diseases and others.

This Master's Thesis (TFM) analyses in-depth the ceramic tile manufacturing sector of Castelló, due to the wide use of raw materials that contain silica in their composition. This research details the techniques used in the assessment of hygienic risks, while compiling the main measures that are being investigated and implemented in companies in the sector to reduce the risk of exposure to this chemical agent, broadly focused on reducing emissions and exposure of workers, and it is worth noting constant monitoring of workers' health by the company's preventive medicine services.

2 INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Fin de Máster (TFM) se centra en el sector de la fabricación de baldosas y cerámicas en la provincia de Castelló, al tratarse del sector productivo más importante para la provincia desde el punto de vista económico, laboral, social, ecológico, etc.

Desde el punto de vista de la Prevención de Riesgos Laborales (PRL) y debido a la masiva utilización de materias primas compuestas total o parcialmente por sílice (SiO_2), uno de los principales retos que está afrontando el sector es la adopción de medidas preventivas tendentes a reducir la presencia de la sílice cristalina libre en los centros de trabajo y a minimizar el riesgo por la exposición laboral a esta.

Actualmente, el sector cerámico en la economía de Castelló es insustituible, la utilización de materias primas con sílice inevitable, y el riesgo para la salud de la fracción respirable de esta es una evidencia científica incontestable y ampliamente demostrada.

Por tanto, la fusión de estos tres hechos es lo que motiva la elaboración del presente TFM. Porque existe la actividad productiva y el lugar de trabajo, el agente causante de enfermedades profesionales y la literatura científica que así lo certifica.

Se considera que puede ser útil un documento que recopile bibliografía e información sobre el impacto de la sílice cristalina en general, y en las factorías cerámicas en particular, sobre los procesos productivos en la fabricación de baldosas susceptibles de generar polvo en el ambiente, sobre las materias primas y, lo más importante, sobre las acciones preventivas que se están implantando, y otras que se podrían implantar, para reducir la generación de partículas en suspensión y reducir el riesgo a la exposición.

2.1 Breve historia del sector cerámico de Castelló

En la provincia de Castelló se han encontrado restos de piezas cerámicas fechadas siglos antes de Cristo, concretamente de la época íbera. Pero, es en la edad media cuando se transforma en una realidad en determinados municipios de la provincia de Castelló. En esos tiempos, como sucedió en tantos lugares, la cerámica estuvo representada ampliamente por olleros y alfareros que fabricaban diversas piezas para el uso cotidiano en los hogares: vasos, platos, jarrones, ollas, etc.

En su mayoría dicha cerámica era basta, sin excesivos artilugios decorativos, pues se dirigió sobre todo a las clases populares para el uso personal y diario. Su razón de ser era el pragmatismo diario y no la decoración ni la majestuosidad. No se trataba de crear cerámica para aparentar y demostrar poderío social, sino para satisfacer necesidades domésticas habituales.

En esta coyuntura, la Real Fábrica de Lozas finas y Porcelana, constituida por el Conde Aranda en el pueblo de Alcora en el año 1727, fue el claro punto de inflexión en la producción y el devenir cerámico, primero en dicho municipio y luego en el resto de ciudades cercanas.

La existencia de arcillas y otros minerales para la elaboración cerámica, leña abundante de montañas cercanas, agua inacabable de los ríos próximos y la cercanía al mar, fueron algunos de los motivos que propiciaron la puesta en marcha de la Real Fábrica en Alcora por parte del Conde Aranda.

El hecho diferencial de la Real Fábrica es que aportó un modelo productivo industrial, ambicioso, bien estructurado; con una cadena de producción, un organigrama profesional, academia de formación, técnicas innovadoras y estrategia mercantil. Se contrataron a artistas franceses que trabajaron y formaron a jóvenes artesanos. Se intentó imitar la loza y porcelana francesa e inglesa.

El cambio conceptual es evidente. La cerámica ya no se dirige a clases populares, sino que se crean piezas valiosas y de alta calidad dirigidas a la aristocracia. La cerámica de Alcora intenta imitar las modas del momento, tendencias y estilos. De talleres artesanales que confeccionaban productos de primera necesidad se pasa a un modelo industrial, que mima cada elemento del proceso para obtener piezas de gran calidad con valor añadido y que van dirigidas a clases sociales pudientes.

Bajo la influencia de la Real Fábrica brotaron en el siglo XVIII y XIX diversas empresas de loza en algunos municipios cercanos. El vínculo fue directo pues muchos de los nuevos propietarios eran trabajadores o extrabajadores de la Real Fábrica. De esta forma actuó como un árbol que disemina semillas de las que nacerán otras compañías.

Con el paso del tiempo y ya en pleno siglo XX, muchas de estas empresas evolucionaron a la fabricación de baldosas cerámicas debido a la versatilidad, capacidad de innovación, creación de mercado y modernización que ha caracterizado siempre a este sector; y también debido al decaimiento en la demanda de loza y al estancamiento y envejecimiento de sus industrias.

Por tanto el actual sector cerámico de Castelló hay que entenderlo como un sector tradicional fuertemente implantado desde hace 3 siglos, con una salud de hierro al haber sobrevivido a infinidad de vicisitudes, con una gran capacidad creativa e innovadora que le ha permitido adaptarse a los tiempos que corren y sortear los múltiples vaivenes políticos, sociales, ecológicos y económicos que han acaecido desde que la Real Fábrica se instaló en Alcora en 1727 (Ortells 2005).

2.2 Sector cerámico de Castelló en la actualidad

A principios de los años 90 las compañías del sector cerámico español fabricaban 250 millones de metros cuadrados de baldosas cerámicas, lo que equivalía al 12% de la producción mundial.

De todas estas empresas el 78% se ubicaban en aproximadamente 15 municipios de la provincia de Castelló (Criado et al. 1994) situados en un radio de 40 km alrededor de la capital Castelló de la Plana.

Actualmente los porcentajes globales han disminuido debido al incremento de la producción en países emergentes pero la producción casi se ha duplicado. Algunos datos de interés del sector recopilados por la Asociación Española de Fabricación de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER) serían (Ascer, 2020 y 2021a):

- La producción en 2020 se situó en 488 millones de metros cuadrados.
- En el mismo año las ventas totales del sector ascendieron a 3.842 millones de euros. Más del 75% de las ventas fueron para exportación.
- Tradicionalmente Europa ha sido el principal destino de las exportaciones cerámicas españolas, aunque también sobresalen América, Oriente próximo y algunos países africanos.
- En 2019, el 80% de las 248 empresas existentes en el estado y el 94% de la producción se situaban en la provincia de Castelló.
- En ese mismo año España fue el quinto país productor mundial y el segundo que más exportó. Las exportaciones del sector de fabricación de azulejos y pavimentos representaron en 2019 casi el 1% de las exportaciones totales en el estado español.
- La presencia de baldosas cerámicas españolas se extiende por más de 190 países alrededor del mundo.
- A nivel global el sector cerámico castellanense es ampliamente reconocido por su desarrollo tecnológico, diseño y calidad.
- En 2020 proporcionó trabajo a más de 16.000 personas. La creación de empleo se mantuvo creciendo un 1,3% anual desde 2012. Destaca la alta cualificación del personal, lo que aporta valor añadido a la producción.
- Esta cualificación es fruto de un tejido educativo y profesional que ha brotado alrededor de la producción de baldosas, esmaltes, maquinaria, etc. Carreras universitarias, escuelas de artes plásticas y de diseño, ciclos formativos, institutos de investigación, etc. garantizan la cantera de futuros técnicos y contribuyen en la investigación, el desarrollo y la innovación.
- En 2019 las otras organizaciones que conforman el clúster cerámico (empresas de maquinaria, fabricantes de esmaltes, etc.) tuvieron una facturación de más de 1.700 millones de euros.
- En el mismo año estas empresas emplearon a más de 5.200 personas.
- Todas las empresas del clúster cerámico suponen el 30% del valor de la producción industrial en Castelló, el 9% en la Comunitat Valenciana y el 1% en España.

2.3 Las baldosas cerámicas

2.3.1 Descripción y composición

Una baldosa cerámica está compuesta por dos partes fundamentalmente:

- El **soporte cerámico** se constituye de tierras formadas sobre todo por arcillas que generalmente pueden ser prensadas o extruidas. Para el proceso de elaboración las materias primas se mezclan con agua formando una pasta cerámica que al secarse da lugar a estas tierras. Es la parte estructural de la baldosa, la que le confiere forma, tamaño y resistencia a la pieza cerámica. Generalmente se suele esmaltar y decorar para posteriormente cocerse, aunque también se comercializan piezas formadas por el soporte cerámico cocido sin decoración alguna.

El color del soporte depende del tipo de pasta siendo el gres el más reconocido por su color rojizo (aunque también hay pasta de gres blanca) (**Figura 1**). Desde hace años, por su mayor resistencia, compactación, dureza y capacidad para elaborar tamaños más grandes, se ha popularizado el gres porcelánico que se puede distinguir por su color blanquecino.



Figura 1. Soporte cerámico de gres rojo sin esmaltar. Fuente: Fotografía de Àngela Colls.

- El segundo elemento importante es el **esmalte** que se elabora molturando¹ con agua diversas materias primas. Existen diferentes técnicas para aplicarlo sobre el soporte cerámico según el efecto que se quiera lograr.

Una vez esmaltado la pieza se cuece a 1150 °C (cuando el soporte es gres), 1240 °C (gres porcelánico) u otras temperaturas, generalmente más bajas, dependiendo de las pastas cerámicas y las características que se deseen conseguir.

El resultado es una pieza cerámica con una alta resistencia, cubierta por un esmalte vitrificado que es impermeable y que está fuertemente adherido al soporte (**Figura 2**). Muchos modelos de baldosas se presentan solamente con el esmalte, pero casi siempre se suelen aplicar diversas técnicas decorativas (impresión por inyección digital, granillas, fumés, etc.) para generar los más variopintos y espectaculares diseños.

Entre el soporte y el esmalte se añade otra capa de origen arcilloso denominada engobe. Su función consiste en separar ambas para evitar posibles defectos en el esmalte y para tapar el color más intenso de algunos soportes que podrían alterar la decoración. A efectos de este trabajo el engobe se puede incluir como una parte más de la aplicación del esmalte.

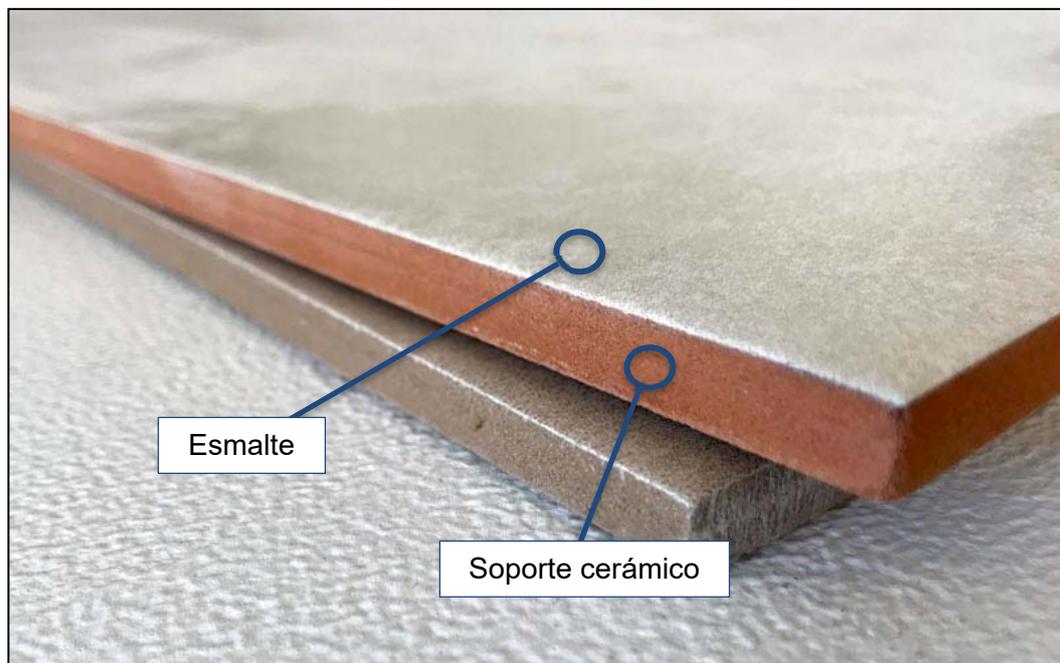


Figura 2. Parte de una baldosa cerámica esmaltada y cocida. Fuente: Adaptado de Zona Hogar.

¹ Molturación: proceso que se desarrolla en un molino en el que se mezclan, se homogeneizan y se reducen los tamaños de las partículas de una suspensión de diferentes materias primas cerámicas y agua.

Es importante mencionar y distinguir ambas partes, **porque para conformar tanto los soportes como los esmaltes, predominan las materias primas y minerales que tienen en su composición porcentajes de sílice** cristalina en mayor o menor medida (**Tablas 1, 2 y 3**).

A esto hay que sumarle - como se verá después - que la preparación tanto del esmalte como de la pasta cerámica para la tierra que se utiliza en el soporte, son procesos que en parte se desarrollan vía seca en ausencia de agua u otro elemento líquido, lo que origina, si no se han adoptado medidas preventivas adecuadas, las condiciones ideales para la generación y la propagación en los lugares de trabajo de **polvo con altos porcentajes de sílice cristalina** debido al constante trasiego y transporte de estos materiales.

Si bien es cierto que la preparación del esmalte y de la pasta cerámica se caracterizan por la generación de polvo en el ambiente laboral, esta emisión dependerá de los procesos y las materias primas.

Tabla 1. Composición química estándar aproximada de dos tipos de esmaltes en porcentaje. Fuente: Elaboración propia con datos de una entrevista con el Dr. Isaac Nebot.

Porcentajes (%)	Esmalte Brillo	Esmalte Mate
SiO ₂	52-65	50-55
Otros compuestos	35-48	45-55

Nota: Se desconoce qué porcentaje de SiO₂ es en forma de frita.

Isaac Nebot es doctor en química, jefe de estudios de la *Escola Superior de Ceràmica de l'Alcora* y exdirectivo de la Asociación Española de Técnicos Cerámicos (ATC). Señala que el 80% de un esmalte puede llegar a estar compuesto por **fritas**, que son **combinaciones de materiales compuestos por sustancias inorgánicas que se funden y enfrían rápidamente** para obtener una composición vitrificada insoluble en forma de escamas o gránulos (Anffecc, 2021). El resto de la fórmula de un esmalte - apunta el Dr. Nebot - estaría formada por caolines y otros componentes (Nebot, 2021).

Por tanto una gran parte de las materias primas que contienen sílice y que conforman un esmalte se introducen como fritas (vitrificadas y en forma de escama o gránulos) lo que reduce la generación de polvo durante este proceso y la exposición laboral, aunque ni mucho menos lo evita por completo. Que la composición de un esmalte sea del 50% en sílice o más (**Tabla 1**) no debe confundir porque, como se explica, gran parte se introduce a través de una estructura vitrificada que genera menos polvo.

A este respecto hay que añadir que el esmalte es una pequeña capa en la pieza final y que la baldosa cerámica está compuesta mayoritariamente por el soporte (ver **Imagen 2**). Por tanto, la demanda de materias primas para la pasta cerámica que da lugar a la tierra que conforma el soporte siempre será mucho mayor que las de los esmaltes.

De esta forma, **la preparación y elaboración de la tierra que forma los soportes cerámicos requieren de una serie de operaciones más tendentes a generar polvo y a generar partículas de sílice cristalina en suspensión**, en comparación con los procesos para elaborar los esmaltes. Primero porque el volumen de materiales para el soporte es mayor, segundo porque los procesos son más complejos y tercero porque las materias primas de estos soportes son naturales, crudas y no se trabajan en forma de frita.

Entre las materias primas que forman parte de la tierra de los soportes (gres, porcelánico, etc.) destacan considerablemente las arcillas debido a sus propiedades ideales para la cerámica. La arcilla es un material barato y, en crudo, posee propiedades plásticas que se adaptan bien a los diferentes usos y técnicas de la cerámica. Cuando se cuece se transforma en un material acabado duro, resistente e intemporal.

En las formulaciones consultadas (**Tabla 2**) las tierras cerámicas estudiadas contenían no menos del 45% de arcillas y algunas como el gres rojo estaban compuestas totalmente por estas. **Las arcillas por tanto son las materias primas más utilizadas** en el proceso de fabricación de baldosas.

Tabla 2. Composición estándar aproximada de algunos soportes cerámicos. Fuente: Elaboración propia a través de una entrevista con el Dr. Isaac Nebot.

	Gres Rojo	Gres Blanco	Porcelánico
Arcillas (%)	100	45-55	50
Feldspatos (%)		25-40	25
Arena silícea (%)		10-15	
Talco (%)		4-5	
Caolín (%)			25

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

En el año 2006 el sector cerámico español consumió 1,5 millones de toneladas de arcilla *Ball Clay* (Lázaro et al., 2012). En los 11 primeros meses de 2020, solo en el Puerto de Castelló se descargaron más de 5 millones de toneladas de materias primas cerámicas de las cuales más de 1,4 eran arcillas (PortCastelló, 2020). A estas cifras habría que sumar las arcillas de minas españolas o quizás de otros países cercanos que se transportan a las factorías cerámicas por otros medios.

Aparte de las arcillas, los feldspatos (sobre todo los alcalinos) se erigen como materia prima fundamental en la composición de las tierras cerámicas sobre todo en los soportes compuestos por pasta blanca. Los caolines, por la blancura y plasticidad, también es un mineral ampliamente usado y codiciado en el sector.

2.3.2 Análisis detallado de las materias primas

El análisis de las materias primas utilizadas en el sector cerámico es importante para este trabajo **porque químicamente están compuestas mayoritariamente por SiO₂** (ver Tablas 3, 4 y 5).

Señalar que las materias primas utilizadas en los soportes cerámicos representan un mayor volumen que las usadas en los esmaltes y entre las formuladas para estos soportes destacan las arcillas, seguidas de feldspatos y caolines. Por tanto hay que incidir que es evidente el riesgo de generación y exposición laboral a sílice cristalina en las fases de preparación de los materiales cerámicos.

Tabla 3. Porcentajes de sílice en arcillas *ball clay* utilizadas para gres porcelánico en el sector cerámico español. Fuente: Elaboración propia con datos de Lázaro et al., 2012 y de la entrevista con el Dr. Isaac Nebot.

	Arc1	Arc2	Arc3	Arc4	Arc5	Arc6	Gres1
% SiO ₂	64,4	57,4	66,5	60,1	69,2	66	60

Nota: Acr1 y Acr2 son arcillas de minas de Teruel, y el resto son importadas de Ucrania y Reino Unido. Gres1 representa una arcilla estándar para gres.

Tabla 4. Porcentajes de sílice en feldespatos utilizados en el sector cerámico español.
Fuente: Elaboración propia con datos de Baltuille, 2009.

	Feld1	Feld2	Feld3	Feld4	Feld5
% SiO ₂	69-71	66	73-77	68-75	72-75

Nota: Feld1, Feld2 y Fel3 son feldespatos importados, mientras que Feld4 y Feld5 son españoles.

Tabla 5. Porcentajes de sílice en caolines utilizados en el sector cerámico español.
Fuente: Elaboración propia con datos de Galán & Aparicio, 2006.

	Cao1	Cao2	Cao3	Cao4	Cao5	Cao6
% SiO ₂	46	47	47	46	61	48

Nota: Cao1 y Cao2 son caolines españoles, y el resto de importación.

2.3.3 La sílice en la cerámica

El predominio de la sílice en el proceso cerámico es abrumador, como se puede visualizar en los apartados y tablas anteriores. En los esmaltes los porcentajes rondan el 50% aunque el riesgo es ligeramente menor por el volumen de producto y por estar en forma de frita. Por el contrario las pastas cerámicas que forman el soporte de la baldosa sí que están formuladas mayoritariamente con minerales crudos compuestos por elevados porcentajes de sílice y en este escenario el riesgo aumenta.

Teniendo en cuenta esto **¿se puede aplicar el principio de la acción preventiva de substituir lo peligroso por aquello que entrañe poco o ningún peligro, contenido en el artículo 15.1 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales?** Dicho de otra manera ¿sería viable substituir la sílice como materia prima en las baldosas cerámicas? ¿existe hoy en día una alternativa viable a la sílice cristalina?

La respuesta es clara: NO. Sí que puede ser factible utilizar materias primas que contengan porcentajes menores de este elemento. Y también es cierto que, en algunas cerámicas avanzadas, existen formulaciones que prescinden de la sílice o minimizan considerablemente su presencia. Pero se trata de aplicaciones muy específicas, novedosas y alejadas totalmente de los clásicos pavimentos y revestimientos cerámicos. Es el caso por ejemplo del nitruro de

silicio (Si_3N_4) que por sus propiedades como material cerámico resistente a las altas temperaturas, la fricción y el desgaste, se utiliza en herramientas de corte, componentes de motores, rodamientos, y conformado y procesado de metales.

Pero en el sector de las baldosas cerámicas en Castelló y en otras partes del mundo, la sílice es imprescindible **porque es el único elemento viable para ser “formador de red” tanto en pastas para el soporte como en el esmalte**. Esto significa que una pieza cerámica cruda y frágil, al cocerse a una determinada temperatura, **se transforma en una estructura vítrea amorfa y desordenada** que le da la consistencia y dureza conocida.

Esa estructura vítrea es posible gracias a la sílice que adquiere forma tridimensional en forma de tetraedros, **con los iones Si^{4+} en el centro y los O^{2-} en cada uno de los vértices** (ver **Figura 3**), que se unen con otros tetraedros compartiendo O^{2-} ; creando así la red vítrea.

Otros óxidos y materias primas facilitarán el proceso de creación de la red vítrea o proporcionarán características concretas como pueden ser el brillo en un esmalte, color de una pasta cerámica, etc. Estos materiales se denominan “modificadores de red” (Artes Cerámicas, 2021).

En resumen, la sílice es en una baldosa cerámica lo que los cimientos, las vigas y las columnas son en un edificio: la parte estructural sobre la que recaen el resto de elementos. Sin esa parte estructural, no hay nada.

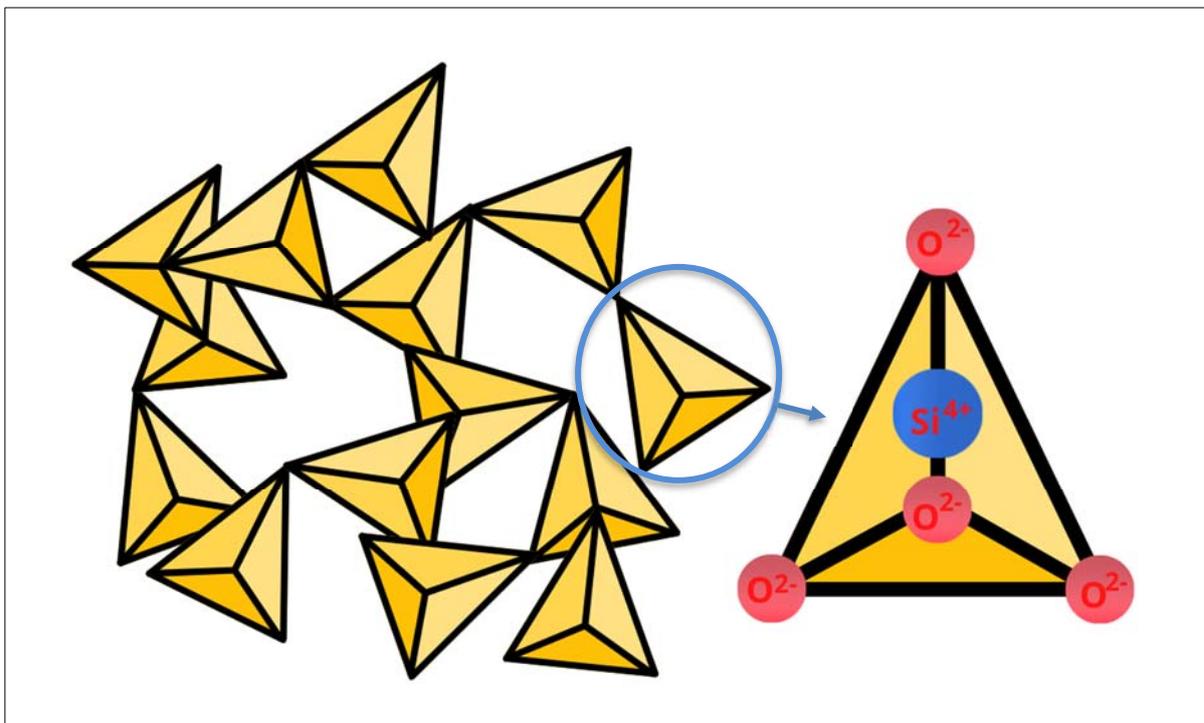


Figura 3. Red vítrea de tetraedros de sílice. Fuente: Elaboración propia.

2.3.4 El proceso de fabricación

2.3.4.1 Organización y diseño

Como se ha visto, la posible sustitución de la sílice como elemento cerámico es a día de hoy prácticamente imposible. Es cierto que para reducir la exposición a este elemento químico hay otras líneas de trabajo en el análisis de las propiedades de los materiales, pero este punto ya se analizará más adelante.

Junto a las materias primas, **las diferentes fases del proceso cerámico** en el que se elaboran las baldosas cerámicas **suponen el segundo y más importante de los factores que van a influir** en la presencia de partículas en suspensión y, por tanto, **en la presencia de sílice cristalina en el ambiente**.

Generalmente, analizar y monitorear los procesos y equipos de trabajo es una dirección de trabajo acertada y que da buenos resultados cuando se trata de riesgos higiénicos. Pasa con los agentes químicos como es el caso, pero también un cambio en el proceso o en la organización de este puede reducir la exposición a agentes biológicos y, por supuesto, a los físicos (vibraciones, ruido, etc.). Incluso en ergonomía el diseño de los procesos y los puestos de trabajos es un aspecto troncal para controlar los riesgos, tanto en ergonomía física, como en la cognitiva y en la macroergonomía. Por eso, en este caso, **es esencial comprender cómo se crean las baldosas cerámicas ya que, a partir de ahí, se podrán detectar y analizar los focos de emisiones y posibles líneas de trabajo**.

Las fases principales del proceso cerámico en la provincia de Castelló, en general son bastante comunes en las diferentes organizaciones, aunque es cierto que hay ligeras variaciones (ver **Figura 4**).

Otra cosa muy diferente **es cómo esté diseñada y organizada cada una de estas fases en cada una de las factorías**. En este sentido cada fábrica es única y presenta sus peculiaridades y diferencias. Este hecho puede propiciar que en una determinada empresa una fase del proceso derive en un foco de emisión de sílice cristalina, y en otra factoría no suponga riesgo alguno.

2.3.4.2 Las fases del proceso

En cualquier caso hay unas fases en las que la manipulación de materias primas se hace en crudo (sin cocer), sin prensar y total o parcialmente en ausencia de agua (vía seca). Por tanto son etapas susceptibles de generar partículas en suspensión en general y de sílice cristalina en particular.

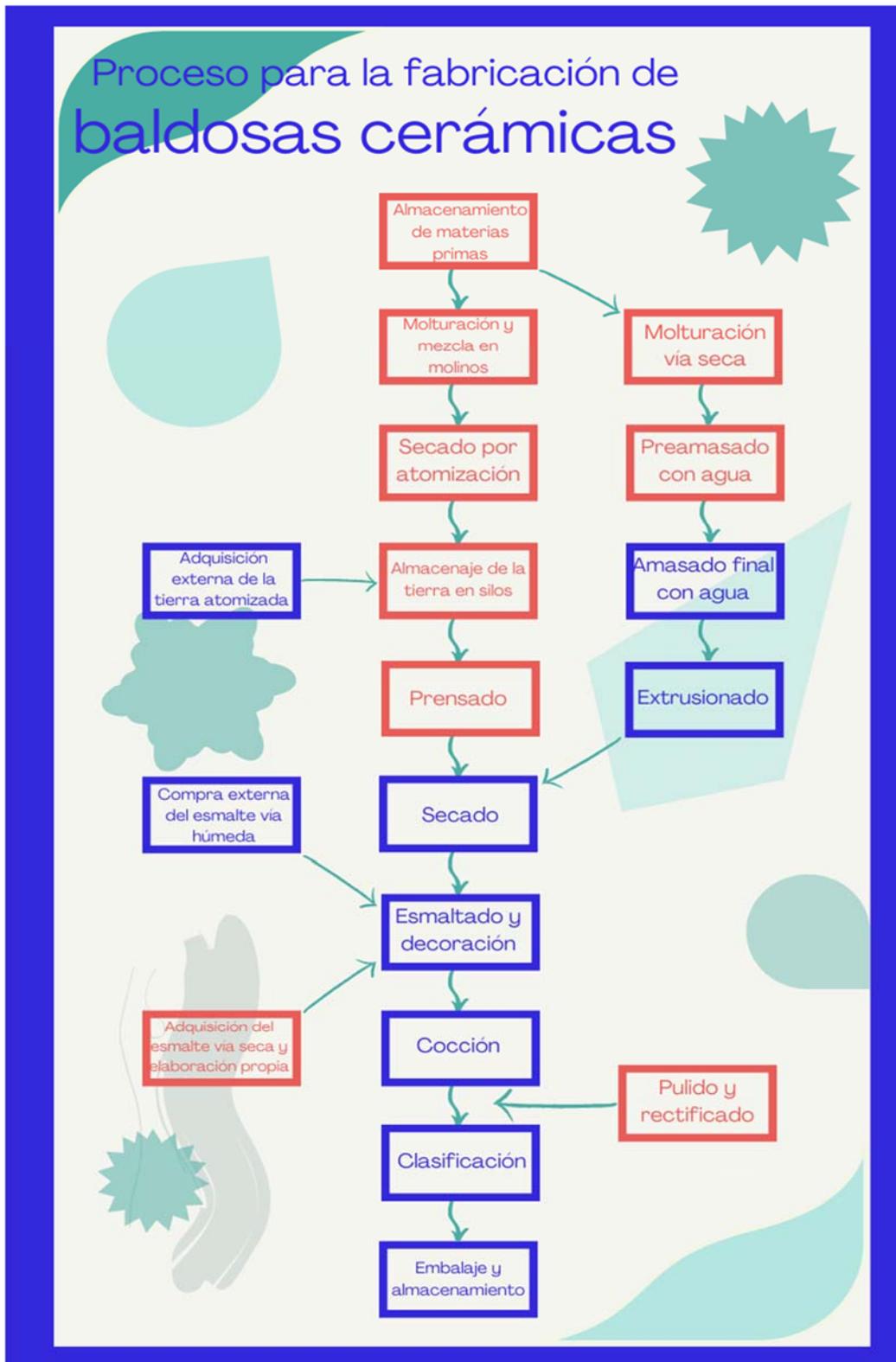


Figura 4. Proceso de fabricación de baldosas cerámicas. Fuente: Elaboración propia.

NOTA: En rojo se pueden ver aquellas fases del proceso que total o parcialmente se desarrollan en ausencia de agua (vía seca) por lo que son más susceptibles de generar polvo y partículas de sílice en suspensión.

La elaboración de la **tierra atomizada (granulación)** que conformará el soporte cerámico es la primera de las partes del proceso y, sin duda, una de las más preocupantes desde el punto de vista de exposición a la sílice cristalina. La etapa de obtención de tierra atomizada a su vez se divide en otras. Se inicia con el **almacenamiento de materias primas** (arcillas, feldespatos, arena silícea, etc.) que son transportadas en camiones a las diferentes factorías donde se almacenan en eras en el exterior de estas o directamente en silos.

Según fórmulas ya establecidas, cantidades concretas de las materias primas se introducen (a veces dosificándolas automáticamente) en **molinos donde se molturan y se mezclan** con agua. Se trata de una serie de molinos en continuo donde entran las materias primas por un extremo y salen por el otro ya tratadas.

El resultado es una suspensión homogénea o barbotina (mezcla de sólidos en agua) compuesta por las diferentes partículas provenientes de las materias primas. La mezcla se deposita en balsas hasta su posterior **secado por atomización**.

Un atomizador es una gran torre cilíndrica que en la parte inferior adquiere forma de cono invertido. En la sección central de esta torre se introduce la barbotina a presión a través de una tubería, y es pulverizada por una o varias boquillas generando un torbellino que sigue un flujo ascendente.

Por la parte superior de la torre se introduce aire caliente obtenido de un quemador, que adquiere un flujo rotatorio y descendente. Este aire caliente seca la barbotina, generando la tierra atomizada que, por peso, cae en el fondo de la torre donde se descarga en cintas transportadoras que la redirigen a los **silos de almacenado** previos al prensado (ver **Figura 5**). El sistema se completa con ciclones separadores y un abatidor (compuesto por un depurador en húmedo y un filtro de mangas) que capturan el aire húmedo y las partículas más finas que no han sedimentado en el fondo del atomizador y expulsan el aire limpio a la atmósfera a través de una chimenea (Sacmi, 2014).

La tierra atomizada obtenida tiene unas características peculiares que la hacen única para el prensado. Los gránulos tras el atomizado adquieren una forma esférica, hueca en su interior y con una granulometría uniforme (ver **Figura 6**). De esta forma, se facilita el proceso de llenado de moldes, el prensado posterior y la compactación de la pieza (Ascer, 2020).

En esta parte inicial del proceso hay que subrayar **dos aspectos importantes en relación a la generación de partículas de sílice cristalina en el ambiente y la exposición a esta**.

Primero, muchas empresas que fabrican baldosas cerámicas en Castelló tienen externalizado este proceso y adquieren la tierra atomizada de compañías que se dedican exclusivamente a ello. Es por esto que al prescindir de algunas etapas mencionadas en párrafos anteriores reducen también la cantidad de posibles focos emisores de particulado sólido en el ambiente. De esta forma estas organizaciones obtienen directamente la tierra atomizada que almacenan en silos para su posterior prensado.

La segunda cuestión importante es que está bastante generalizado el “aislamiento” de estas primeras fases del proceso en zonas “cerradas” dentro de las factorías, para evitar, precisamente, la propagación de polvo y partículas hacia el resto de los procesos.

De esta manera la exposición a sílice cristalina se limita sobre todo a las personas que trabajan en estas fases aunque también dependerá la exposición - como se verá después - de la tarea concreta que se esté realizando.

Añadir que existe un proceso poco extendido para baldosas y piezas cerámicas con unas características concretas, en el que no se atomiza ni se prensa la tierra. En este caso **las materias primas se molturan vía seca**, se mezclan con agua y, por **extrusión**² se confecciona el soporte. Al respecto López (2017) determinó que este proceso de molturación vía seca era el más desfavorable en cuanto a emisiones de polvo, comparado con otras formas de presentar la pasta cerámica como es por ejemplo el secado por atomización.

Por tanto, en estas primeras fases (tanto en el atomizado como en la extrusión) **los focos que pueden generar sílice cristalina en el ambiente se sitúan en aquellas zonas donde se manipulan las tierras y materias primas en seco**. Para contrarrestar dicha presencia, aparte del aislamiento del proceso comentado más arriba, se cuenta con sistemas de extracción localizada en aquellos lugares que representan focos de emisión. Lógicamente, las empresas del sector han implementado otras medidas que ya se analizarán posteriormente.

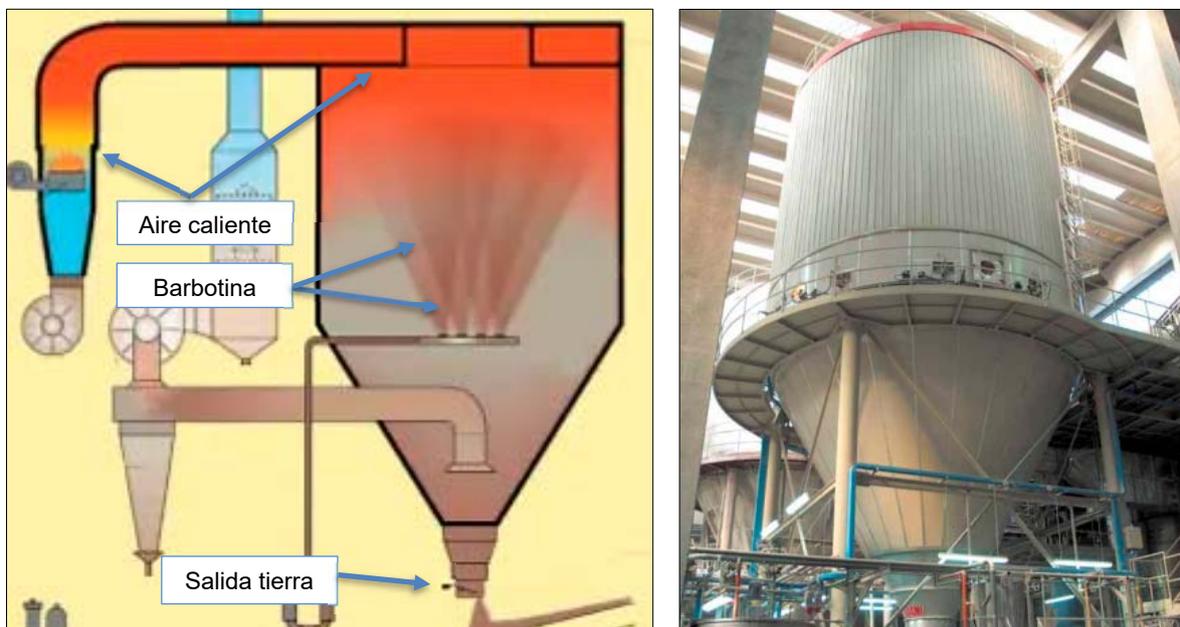


Figura 5. Atomizador de tierra cerámica. Fuente: Adaptado de Sacmi, 2014.

² La masa compuesta por materias primas y agua se presiona y empuja a través de un troquel que determina la forma del soporte.

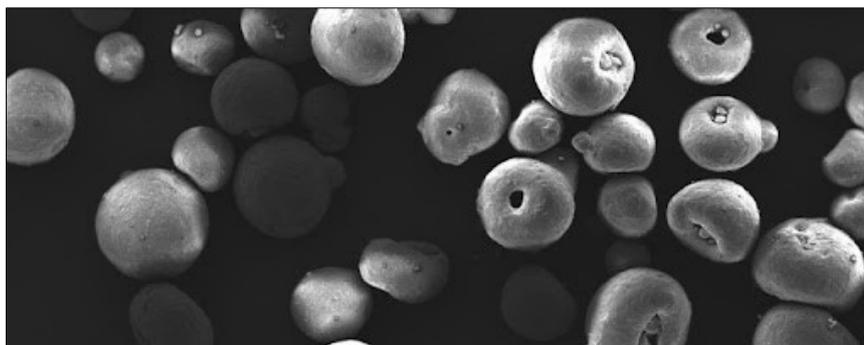


Figura 6. Vista al microscopio de gránulos de tierra atomizada. Fuente: Tierra Atomizada, 2021.

De los silos de almacenamiento la tierra atomizada es transportada por cintas para la fase en la que se transforma en el soporte cerámico: el **prensado en seco** a través de grandes prensas hidráulicas.

Una vez en la prensa, la tierra es distribuida uniformemente por el molde gracias a un elemento móvil llamado carro. Seguidamente el pistón hidráulico desciende automáticamente ejerciendo sobre el molde presiones que pueden alcanzar más de 400 kg/cm^2 (Poyatos, 2012). Una vez prensado el soporte, el mismo carro que esparce la tierra empuja las piezas conformadas hacia unos rodillos que las llevan a la siguiente fase del proceso (ver **Figura 7**).

La cantidad de piezas que se pueden prensar por cada golpe del pistón dependerá de las dimensiones y las características de estas. En soportes de gran formato solo se puede compactar una pieza por cada golpe y el ciclo es más lento. Mientras que en tamaños menores son varias las que se pueden obtener cada vez que baja el pistón y además el ciclo es más rápido.

Por ilustrar un ejemplo, un ciclo de 14 golpes de pistón por minuto con un molde que compacta dos piezas de $60 \times 60 \text{ cm}$ por cada golpe (Sacmi, 2021) permite prensar más de 13.000 soportes por cada turno de 8 horas. Si se tiene en cuenta que una pieza de esas dimensiones pesa aproximadamente 7 kg, el resultado es que una prensa puede procesar más de 90 toneladas de tierra en cada turno.

Como se observa, **el proceso está altamente tecnificado para obtener un gran número de soportes compactados con unas calidades establecidas**. La generación de polvo en estas circunstancias es inevitable debido al trasiego de tierra y a la propia acción del prensado que fractura algunos gránulos de tierra y genera partículas. No obstante la concentración de esta dependerá de las circunstancias concretas de cada factoría, de cada producto, cantidad de líneas de producción y por tanto de prensas, medidas preventivas adoptadas, etc.

A diferencia de las fases anteriores que se suelen desarrollar en zonas cerradas, **muchas factorías ubican las prensas en el inicio de la línea de producción sin estar físicamente aisladas de otras fases del proceso**. El grado de exposición al polvo y a la sílice cristalina dependerá, aparte de los factores mencionados en el párrafo anterior, de la forma en que se ha diseñado y se ha ubicado cada fase del proceso en cada factoría.

Por ejemplo, la sección de prensado puede estar en un lateral o en una esquina, sin ninguna otra sección cercana, o puede colindar con otras, o puede estar situada en un lugar más céntrico, etc. Cada factoría es única.

La mano de obra que controla el funcionamiento de las prensas también difiere de una empresa a otra, aunque lo habitual es que **un operario pueda llegar a trabajar con dos o más prensas a la vez**. Además, **también pueden exponerse supervisores, técnicos y otras personas trabajadoras que acuden frecuentemente a esta sección** y, como se ha dicho antes, según la ubicación de la prensa podrían estar en contacto con la sílice cristalina operarios de secciones cercanas.

Como ya se ha insinuado más arriba, es extraño la factoría que solo dispone de una prensa. Generalmente están compuestas de varias líneas de producción que compactan soportes de diferentes tamaños. Las factorías de tamaño medio pueden llegar a disponer de 2 a 4 prensas, sin embargo algunas compañías de mayor tamaño pueden llegar a disponer de 10 o más.

David Rosell es director de Seguridad y Salud, Calidad y Medioambiente del grupo cerámico STN. Su factoría en Nules (Castelló) es la que más baldosas cerámicas fabrica a nivel europeo con una producción diaria de 100.000 m². Además Rosell forma parte de un grupo de trabajo sobre la sílice cristalina junto a otras empresas del sector, Ascer y algunos Servicios de Prevención Ajenos (SPA).

En una visita en planta, Rosell (2021b) explica que tras la detección de niveles de SCR hay que determinar cuál es el motivo precursor que origina esta presencia. Generalmente se trata de factores del proceso, materias primas, diseño, medidas preventivas adoptadas, etc.

Por ejemplo en prensas la misma forma granular de la tierra atomizada (ver **figura 6**) reduce la generación de polvo, pero el constate trasiego y el golpe del pistón de la prensa rompe la estructura granular y genera polvo respirable y SCR en el ambiente.

Al comparar los niveles en los procesos destinados a la fabricación de baldosas de gres respecto a las baldosas de gres porcelánico, detectaron que en los segundos los valores de SCR eran superiores. Encontraron que el elemento precursor era la utilización como materia prima de un tipo de feldespato micronizado que elevaba la concentración de SCR. Por eso **es importante analizar los procesos minuciosamente para encontrar los elementos precursores que activan la desviación**.

Estas secciones vistas hasta el momento son las más problemáticas ya que parte de sus procesos se desarrollan vía seca en ausencia de agua lo que propicia la generación de SCR en lugar de trabajo.

Sobre las medidas preventivas a implantar, Rosell (2021b) sugiere el adecuado mantenimiento de un **sistema cerrado** en aquellas zonas de proceso por donde hay trasiego de tierras para evitar la formación de polvo en el ambiente; así como **sistemas de aspiración localizados**, **limpieza** y desde hace un tiempo han instalado y están analizando **un sistema de humectación que pulveriza agua en el ambiente** periódicamente con el objetivo de aumentar la masa de las partículas más finas en suspensión y que caigan en el suelo donde serán recogidas mediante limpieza.

Los primeros datos son muy positivos, hasta el extremo de que Rosell (2021b) sitúa esta medida preventiva como la más importante al lograr combatir las partículas más finas que escapan a otras medidas de prevención y que además pueden estar horas y horas suspendidas en el ambiente.

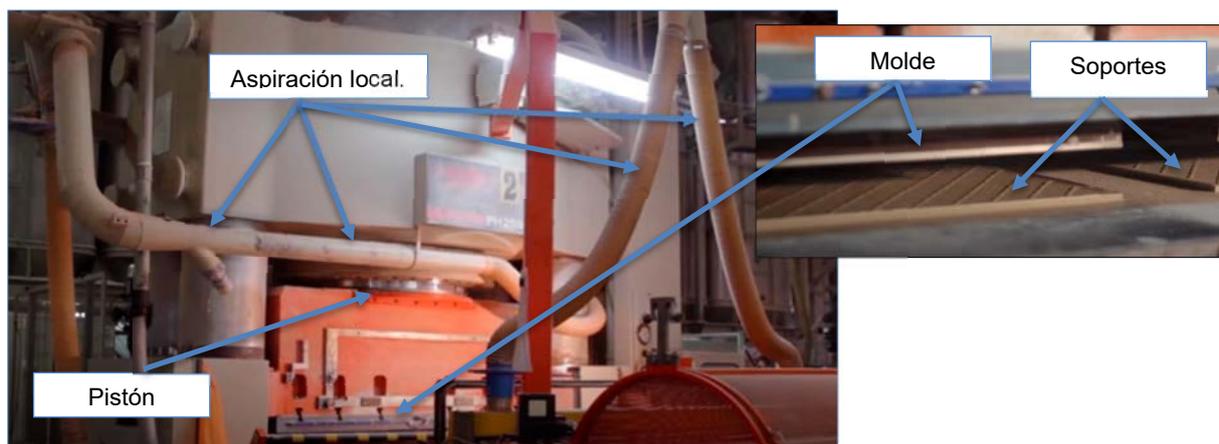


Figura 7. Prensa cerámica. Fuente: Adaptado de Gayafiores, 2021.

Una vez el soporte está prensado el riesgo de generación de partículas de sílice cristalina se reduce considerablemente. Para compactar adecuadamente el soporte, la tierra tiene una humedad que oscila el 5-7% en peso que hay que eliminar antes de la fase de decoración. Para ello, tras salir de la prensa, los soportes atraviesan el **secadero** que elimina la humedad.

A la salida un sencillo dispositivo elimina las rebabas que pudieran quedar tras el prensado y el secado en una operación denominada **“desbarbado”**. En ella se genera también polvo, pero en pocas cantidades y además se controla adecuadamente mediante extracción localizada.

Las materias primas que se añaden a la pieza cerámica en el **esmaltado y decoración** son vía húmeda. Algunos modelos requieren la aplicación del esmalte pulverizado generándose

neblinas pero esta se realiza en cabinas cerradas que disponen de sistemas de extracción al igual que algunas aplicaciones de esmaltes en seco.

En el resto de procesos la generación de partículas sólidas prácticamente es inexistente, sobre todo a partir de la **cocción** y hasta las etapas finales (**clasificación, embalaje y almacenamiento**).

Muchas factorías incorporan las operaciones de **pulido y rectificado**.³ Estas fases generan mucho polvo pero debido a que también originan altos niveles de ruido son procesos que se realizan encerrados en cabinas o secciones y con diversos sistemas de extracción localizada. Además son operaciones automáticas que no exigen presencia continua de operarios.

Como ha indicado previamente en la **Figura 4**, otro proceso susceptible de general abundante polvo y partículas de sílice cristalina en suspensión, es la que se refiere a la **adquisición vía seca en big bags de los esmaltes para molturarlos con agua** en las propias factorías donde se elaboran baldosas cerámicas. Para evitar esto, una segunda opción que emplean algunas organizaciones o que se utiliza junto a la anterior, es obtener el esmalte ya **molturado, mezclado en agua y envasado** de las compañías empresas de esmaltes y colores cerámicos.

A efectos de este trabajo que analiza la problemática de la sílice cristalina en las empresas de baldosas cerámicas, la adquisición vía seca y la descarga de los *big bags* en los molinos de bolas representa un foco de emisión de partículas sólidas en el ambiente.

Este tipo de molinos son discontinuos, cilíndricos, están colocados en posición horizontal y giran sobre su eje. Tienen una boca de descarga y una boca, o más, por donde se cargan el agua y el esmalte que se vacía por gravedad de los *big bags*. En su interior infinidad de bolas de alúmina de diferentes tamaños favorecen la mezcla y la molturación del esmalte en el agua. Posteriormente, se descarga la barbotina con el tamaño de partícula deseado y un porcentaje de un 60-70% en sólidos, bien en grandes envases o bien en torres para su posterior uso en las líneas de esmaltado y decoración (ver **Figura 8**).

Esta operación presenta dos diferencias importantes respecto a las fases de secado por atomización y prensado, que la hacen menos propensa a generar polvo en suspensión:

1. Mientras que la atomización y prensado es un proceso continuo que genera polvo constantemente, la molturación del esmalte solo lo hace durante el proceso de carga del molino desde los *big bags*. Dependerá por tanto del tamaño, ya que existen molinos con capacidad para 1.000 kg de esmalte y otros para 10.000 kg (sin contar el agua). Y dependerá también de la cantidad de molinos en una misma factoría. Una vez cargado

³ Operación de corte en los lados de la baldosa para eliminar el bisel y asegurar ángulos de 90° entre los lados.

el molino la duración de la molturación se puede extender por 12 - 16 horas (Reyes, 2007), de tal modo que entre una carga y la siguiente puede pasar casi un día.

2. La introducción de sílice cristalina (y otros elementos químicos) en el esmalte en seco se hace mayoritariamente a través de fritas cerámicas en forma de escamas, lo que reduce ligeramente la presencia de SCR en el ambiente aunque el trasiego acaba generando polvo. Sí que se añaden algunas materias primas crudas que pueden tener sílice cristalina, pero en un porcentaje menor.

Otro factor de riesgo, al igual que antes, será la ubicación de la sección de molturación de esmaltes dentro de la geografía de la factoría y por supuesto, el aislamiento de la sección, el uso de extracción localizada y otra serie de medidas que se revisarán después.

Sobre el número de personas trabajadoras en la sección dependerá, lógicamente, del tamaño de esta, aunque es cierto que un solo operario puede realizar las diferentes operaciones a varios molinos durante su jornada laboral.



Figura 8. Big bags de esmalte y molinos de bolas para la molturación de esmaltes. Fuente: Sacmi, 2017.

La realidad es que la preparación de esmaltes se ha erigido como una sección con riesgo desde el punto de vista de la exposición a SCR, como así lo muestran algunas mediciones que se exponen más adelante.

Para Rosell (2021b) a pesar de forma de su presentación, el transporte y manipulación de los big bags puede fracturar las escamas de frita generando polvo. La operación de descarga, en

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

la que el contenido cae dentro del molino por gravedad, es el momento crítico porque el polvo generado y que se genera en ese instante entra en contacto con el ambiente.

Los **sistemas de extracción localizados** son aconsejados para estas operaciones aparte de proveer al operario que efectúa la descarga de los adecuados **Equipos de Protección Respiratoria (EPR)**.

2.4 La sílice cristalina.

2.4.1 Algunos datos básicos.

El silicio es el segundo elemento químico más abundante en la tierra tras el oxígeno. Al combinarse con este se forma la sílice o el dióxido de silicio (SiO_2) y puede presentarse con diferentes estructuras: cristalina, microcristalina, criptocristalina y amorfa (Puchau, 2019).

Fuentes minerales	Porcentaje de sílice cristalina
Arcilla plástica	5 - 50%
Basalto	Hasta el 5%
Diatomea natural	5 - 30%
Dolerita	Hasta el 15%
Sílex	Superior al 90%
Granito	Hasta el 30%
Gravilla	Superior al 80%
Minerales de hierro	7 - 15%
Piedra caliza	Normalmente inferior al 1%
Mármol	Hasta el 5%
Cuarcita	Superior al 95%
Arena	Superior al 90%
Arenisca	Superior al 90%
Esquisto	40 - 60%
Pizarra	Hasta el 40%

Figura 9. Porcentaje de sílice en algunos minerales (esta cifra puede cambiar). Fuente: HSE-GB (nd) adaptado por Puchau, 2019.

La presentación más habitual en la naturaleza y la que más importa a efectos de este trabajo es la estructura cristalina, y esta, a su vez, dependiendo de la distribución espacial de los tetraedros de SiO_2 se puede encontrar como cuarzo, tridimita o cristobalita entre otros.

La primera de las tres es la más habitual y se encuentra en muchos tipos de roca. Es el segundo mineral más abundante de la tierra e incluso está presente en la arena de playa al estar formada por porcentajes de un 90% en cuarzo (Cobo y Estébanez, 2021).

De esta forma la sílice se puede encontrar en infinidad de piedras, rocas, arcillas y arenas. Su abundancia unida a sus propiedades fisicoquímicas como la piezoelectricidad, dureza, resistencia química, alto punto de fusión, piroelectricidad y transparencia (ver propiedades en **tablas 6 y 7**), hacen de ella un mineral polivalente, útil y codiciado en sectores productivos como la construcción, cerámica y vidrio, áridos, fundición, minería, siderometalurgia, detergentes, pinturas, plástico, cantería o la piedra natural (Cobo y Estébanez, 2021).

Datos de principios de siglo indican que en la Unión Europea había más de 3 millones de personas expuestas en el año 2000, mientras que en España es cifra era de 1,2 millones en 2004, fundamentalmente personas trabajadoras de la construcción (Álvarez et al., 2015). En China en el año 2011 se calcula que eran 23 millones de personas expuestas a este agente químico (Ministry of Health, 2011) y en la India 3 millones (Jindal, 2013).

Tabla 6. Identidad de la sílice cristalina. Fuente: Elaboración propia con datos de ECHA, 2021 y ChemSpider, 2021.

Parámetro	Valor
Número EC	231-545-4
Nombre EC	Silicium dioxide (natural)
Número CAS	7631-86-9
Nombre IUPAC	Silicium dioxide (natural)
Otros nombres	Silica, Dioxosilano
Fórmula Molecular	SiO ₂
SMILES	-
Peso molecular	60.08 g/mol
Estructura molecular	

Tabla 7. Propiedades físico-químicas de la sílice cristalina. Fuente: Elaboración propia con datos de ChemSpider, 2021 y Wikipedia, 2021

Propiedad	Valor
Estado físico a 20° y 101.3 kPa	Sólido
Punto de fusión	1710 °C
Punto de ebullición	2230 °C
Densidad	2,2 – 2,6 g/mL
Solubilidad	Insoluble en agua y ácidos. Soluble en HF y ligeramente soluble en soluciones alcalinas.
Susceptibilidad magnética	- 29,6 · 10 ⁻⁶ cm ³ /mol
Conductividad térmica	12, 6,8, 1,4 W/(m°K)
Índice de refracción	1,5444

2.4.2 La SCR como agente químico peligroso.

Según el artículo 2.5 del Real Decreto 374/2001, se define como agente químico peligroso aquel «que puede representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en que se utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo». El mismo artículo aclara en el punto b, que en particular adquieren esta denominación aquellos que tienen un Valor Límite Ambiental (VLA) establecido.

Bajo esta definición no hay duda que la Fracción Respirable de la Sílice Cristalina (SCR)⁴ está considerada un agente químico peligroso ya que como se ha comentado este agente aparece desde hace años en los Límites de Exposición Profesional (LEP) que edita anualmente el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).

No obstante la calificación de la SCR como agente químico peligroso tiene ya mucho recorrido a lo largo del tiempo en numerosos países y desde hace siglos que se asocia con algunas

⁴ Como se verá detalladamente más adelante, la fracción respirable de cualquier aerosol es aquella de granulometría más fina que es capaz de penetrar hasta los alveolos pulmonares y por tanto suele ser la fracción más peligrosa y la que se tiene en cuenta en las evaluaciones higiénicas. De hecho el VLA de la sílice cristalina hace referencia únicamente a la fracción respirable de esta.

enfermedades pulmonares en el ámbito del trabajo. Camargo et al. (2016) realizan un breve recorrido histórico de esta forma:

En sus principios fue descrita por el alemán Georgius Agricola en su obra *De re metallica*, publicada en 1556, quien describe una enfermedad pulmonar que aqueja a canteros y mineros. En 1705 Ramazzini citó la descripción de Diembrock sobre los pulmones de canteros "en los cuales al diseccionar sus pulmones le dio la sensación de estar cortando arena". éste, fue uno de los primeros en establecer un vínculo entre la ocupación del trabajador y su salud, lo cual quedó documentado en su libro *De Morbis Artificum Diatriba*, un estudio de las enfermedades relacionadas con los distintos oficios. En 1870 Visconti introdujo el término silicosis, derivado del vocablo latino *sílex*.

No fue hasta el siglo XX cuando empiezan a reconocerse globalmente los efectos en la salud en personas trabajadoras expuestas a la SCR, especialmente a la **silicosis**. Es en ese siglo, debido en parte a las luchas obreras y a los avances médicos y técnicos, cuando las enfermedades asociadas a la exposición a la SCR comienzan a reconocerse y a indemnizarse. La situación traspasa fronteras y algunos organismos entran en el asunto.

Así resumen Martínez y Menéndez (2006) los primeros movimientos internacionales para atajar el problema en el capítulo que firman del libro "Historia de la neumología y la cirugía torácica españolas":

Así, en torno a la Primera Guerra Mundial existía un amplio consenso médico sobre el papel preeminente del polvo de sílice como causante de enfermedad pulmonar. La celebración en Lyon, en 1929, de la IV Reunión de Enfermedades Profesionales de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la de las dos conferencias internacionales de silicosis, en Johannesburgo y en Ginebra, en 1930 y 1938, respectivamente, marcaron el pleno reconocimiento internacional del problema. Ello tuvo su correlato en la consideración de la silicosis como una enfermedad indemnizable y su incorporación progresiva a la legislación compensadora de los países occidentales, a partir de su reconocimiento en Sudáfrica en 1912 (p.146).

2.4.2.1 La silicosis.

Mientras pueden existir enfermedades sobre las que hay dudas de su posible origen laboral, o incluso productos químicos, como el glifosato, sobre los que no existe todavía un reconocimiento unánime de sus potenciales efectos en la salud, con la SCR no hay duda alguna y el consenso científico es incuestionable desde hace muchas décadas.

La silicosis es una enfermedad asociada sin discusión alguna con la exposición acumulada a SCR (Ministerio de Sanidad, 2020). Desde hace siglos se conocen sus efectos peligrosos y desde hace más de un siglo los países la vienen incorporando como enfermedad relacionada con el trabajo y por tanto indemnizable.

La silicosis es un tipo de **neumoconiosis**, que se puede definir como el **conjunto de enfermedades que son fruto de la acumulación de polvo inorgánico en los pulmones y las reacciones tisulares** (reacciones ante un cuerpo extraño) que provoca la presencia de este polvo u otros cuerpos extraños.

Dependiendo del agente que cause la enfermedad, la neumoconiosis se denomina de una manera u otra: silicosis (si la sustancia extraña es la sílice), asbestosis (si es el asbesto), siderosis (si es el hierro) o estannosis (si es el estaño). Aunque se generan de forma similar, cada una de estas enfermedades tiene sus propias características anatómicas y médicas.

La neumoconiosis forma parte de las enfermedades pulmonares intersticiales difusas de causa conocida. En todas ellas el desarrollo de la enfermedad depende de tres factores: la magnitud de la exposición en la vida laboral, las características del agente y la susceptibilidad del individuo (Ministerio de Sanidad, 2020).

La silicosis en concreto se caracteriza por la **producción de tejido colágeno en el pulmón como respuesta de defensa ante la existencia de partículas de SCR**. Se trata de un mecanismo de defensa ante la agresión de las partículas, en el que los macrófagos alveolares (células especializadas en destruir organismos extraños) van a fagocitar estas partículas externas originando en el proceso un daño celular.

Actualmente la silicosis no tiene un tratamiento efectivo y existen varios niveles de gravedad en función de los síntomas, función pulmonar, radiología y tiempo de exposición. Aunque la más frecuente es la **silicosis crónica** que se produce tras años de exposición, también se puede desarrollar **silicosis aguda** en periodos más cortos de contacto (Puchau, 2019). En los casos más graves se puede pasar de una silicosis simple a una **fibrosis pulmonar**, consecuencia del daño ocasionado en el tejido pulmonar y la aparición de cicatrices. Esta transición dependerá de una complicada relación entre la exposición y las características del individuo (Álvarez et al., 2015).

En función de la gravedad los síntomas de la silicosis son variados pudiendo ocasionar tos, dificultad para respirar, falta de aliento, cansancio, pérdida de peso (Comisión Europea, 2016), insuficiencia respiratoria, disnea y en los casos más graves aparición de masas de fibrosis pulmonar (Álvarez et al., 2015).

La fibrosis por su parte puede derivar en falta de aliento especialmente durante el ejercicio, tos seca y persistente, respiración rápida y superficial, pérdida de peso involuntaria, dolor en articulaciones y músculos, cansancio y acropaquia de las puntas de los dedos de las manos y los pies (American Lung Association, 2020).

2.4.2.2 Otras enfermedades.

Es importante subrayar que, al igual que sucede en otras enfermedades profesionales **es inexistente la relación causa-efecto lineal entre la exposición laboral a la SCR y el desarrollo de cualquier enfermedad asociada a esta exposición. Que dicha patología vendrá determinada por muchos factores** derivados de la actividad productiva, del proceso concreto, del medio ambiente laboral, de la generación de polvo de las materias primas que contienen sílice cristalina, del porcentaje y características físicas de esta, de la concentración, el tiempo de exposición, la legislación aplicable, las características genéticas individuales y el exposoma (tabaquismo, hábitos, alimentación, contacto con tóxicos, polución, etc.).

Y de la misma manera que sucede con otras enfermedades profesionales, **los efectos en la salud suelen detectarse y el trabajador los empieza a sufrir en el medio y largo plazo**. La sílice cristalina es inodora, no irritante, y no produce ningún efecto notorio inmediato. Por lo tanto además de que se puede confundir con el polvo ordinario, es casi imposible detectar la exposición excesiva al agente hasta cuando empiezan a notarse los efectos en la persona afectada (Anlar et al., 2017).

Aun así no hay duda alguna que la silicosis es la principal enfermedad consecuencia de la exposición laboral a la SRC. Sin embargo existen otras patologías que también se pueden desarrollar aunque las posibilidades sean menores.

Entre ellas destacan el cáncer de pulmón, tuberculosis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), descenso acelerado de la función pulmonar, otras micobacteriosis, algunas colagenosis, enfermedad renal crónica (Ministerio de Sanidad, 2020), enfermedades cardiovasculares o enfermedades del sistema inmunitario como lupus eritematoso sistémico (Puchau, 2019).

La EPOC se ha diagnosticado en personas trabajadoras expuestas a la SCR y que también se agrava con el paso del tiempo y la exposición. Por eso cumple con esa característica tan habitual en las enfermedades profesionales: tarda en manifestarse e incluso en los primeros estadios puede ser que el trabajador se sienta bien y no perciba síntoma alguno.

Con el paso del tiempo el trabajador afectado por la EPOC pierde capacidad pulmonar y se vuelven comunes los problemas respiratorios: tos, respiración sibilante o infecciones respiratorias (Comisión Europea, 2016).

A nivel de caracterización de los riesgos que implica la sílice cristalina, el Reglamento de Clasificación, Etiquetado y Etiquetado de Substancias y Mezclas (CLP por sus siglas en inglés) (Reglamento (CE) N° 1272/2008) establece el marco legal para todos los países de la UE sobre las bases para la clasificación y comunicación de los riesgos y peligros de los productos químicos, con criterios y características normalizadas a nivel mundial.

En la **Figura 10** se puede ver la clasificación del **dióxido de silicio** según este reglamento. Está considerado y por tanto debe ir etiquetado con el pictograma de “peligro”. Está clasificado

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

como STOT RE 1, H372 por Inhalación, que significa que provoca daños en los órganos <pulmones> tras exposiciones prolongadas o repetidas <inhalación> (INSST, 2008b).

Substance identity	Hazard classification & labelling
EC / List no.: 951-041-4	 <i>Danger!</i> According to the classification provided by companies to ECHA in CLP notifications this substance causes damage to organs through prolonged or repeated exposure.
CAS no.: -	
Mol. formula: <i>No image available</i>	

Figura 10. Clasificación del SiO₂ (natural) de acuerdo con el Reglamento (CE) N° 1272/2008. Fuente: ECHA, 2021.

2.4.2.3 Cáncer de pulmón.

2.4.2.3.1 Clasificación IARC

Aunque existía evidencia científica previa de que la SCR pudiera ser cuasante del cáncer de pulmón, no fue hasta 1997 cuando el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC por sus siglas en inglés) decidió incluir la SCR como agente cancerígeno.

Lo hizo de la siguiente manera:

- **Cuarzo y cristobalita:** entran a formar parte del grupo 1 dentro de la clasificación de agentes cancerígenos del IARC (ver **figura 11**). Forman parte de este grupo aquellos agentes sobre los que existe suficiente evidencia de carcinogenicidad en humanos. Pueden incluirse de forma excepcional aquellos cuya evidencia de carcinogenicidad en humanos no llega a ser suficiente, pero hay evidencia suficiente de carcinogenicidad en pruebas realizadas en animales de laboratorio, además de sólida evidencia en humanos expuestos de que el agente actúa como un mecanismo que origina carcinogenicidad.
- **Sílice amorfa:** no puede ser clasificada como cancerígena para el ser humano porque actualmente no hay ninguna evidencia científica de que cause cáncer.

Anteriormente los grupos de trabajo del IARC ya habían realizado investigaciones y seguimientos a diversos casos y estudios publicados alrededor del mundo sobre la relación entre el cáncer de pulmón y la exposición a SCR. En 1987 fue incluida por este organismo por primera vez en el grupo 2A (ver **figura 11**). Para ello el IARC (1987) indicaba:

Varios estudios han demostrado que las personas diagnosticadas con silicosis después de la exposición laboral al polvo que contiene sílice cristalina tiene un mayor riesgo de

muerte de cáncer de pulmón. Este aumento se ha visto entre mineros, trabajadores de canteras, fundición obreros, ceramistas y trabajadores del granito y canteras.

Las evidencias no eran lo suficientemente consistentes y tuvieron que pasar 10 años para que la SCR fuera considerada un agente cancerígeno del grupo 1. Sin embargo el párrafo anterior tiene dos aspectos importantes:

- 1- La exposición continuada a SCR puede originar silicosis y esta desembocar en cáncer de pulmón.
- 2- El diagnóstico de silicosis se produjo después de la exposición, lo que indica que la enfermedad se manifiesta tardíamente y después de muchos años de exposición.

La memoria del IARC en 1997 destaca el punto primero. **La gran mayoría de los estudios científicos que revisó el organismo sobre silicóticos indicaron un aumento de riesgo de contraer cáncer de pulmón.** Se observaron excesos en todos los países analizados, en industrias variadas y en diferentes períodos de tiempo. Algunos estudios, sobre todo uno de Carolina del Norte (USA) y otro de Finlandia, ofrecieron evidencia de una asociación sin elementos de confusión entre la silicosis y el riesgo de cáncer de pulmón.

En realidad, que las personas que sufren silicosis tengan más posibilidades de contraer cáncer de pulmón es una cuestión que genera alguna duda según la bibliografía. Pero aun así hay consenso científico al respecto porque hay estudios que sí apuntalan esta idea, aunque alguno no acaba de ser concluyente porque siempre influyen otros factores como las particularidades de la exposición en concreto así como los factores individuales de cada persona.



Figura 11. Clasificación del IARC de los agentes carcinogénicos. Fuente: Adaptado de Aróstegui, 2017.

El grupo de trabajo del IARC indicó que **la carcinogenicidad podría depender de las propiedades inherentes de la sílice cristalina o de factores externos** que incidan sobre su actividad biológica o las características de sus polimorfos. Por ejemplo, las partículas de sílice

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

cristalina recién trituradas o molturadas podrían aumentar su efecto al tener una mayor actividad superficial que las partículas de polvo antiguas.

En los seres humanos, una gran parte de la sílice cristalina persiste en los pulmones durante el tiempo originando silicosis crónica, enfisema, EPOC y en algunos estudios se observó también fibrosis de los ganglios linfáticos.

Los estudios in vitro han demostrado que la sílice cristalina puede estimular la aparición de citocinas y factores de crecimiento de macrófagos y células epiteliales. Existe evidencia de que estos eventos ocurren in vivo y contribuyen a la enfermedad (IARC, 1997).

Añadir por último que la declaración de la sílice cristalina como agente del grupo 1 según la clasificación del IARC, el grupo de trabajo de este organismo la sustentó en una recopilación variada de estudios científicos en animales y personas.

En lo referente a los estudios en personas se investigó a silicóticos de varios países del mundo. Pero aparte de este grupo, se analizaron también datos más concretos de nueve grupos de personas trabajadoras de actividades y países concretos (ver **tabla 8**). **El dato curioso es que cuatro de ellos eran trabajos científicos efectuados sobre personas trabajadoras relacionadas con actividades cerámicas.**

Tabla 8. Actividades productivas y países en donde se realizaron los estudios científicos revisados por el IARC para declarar la sílice cristalina como un agente cancerígeno del Grupo 1. Fuente: Elaboración propia con datos de IARC, 1997.

Actividad	País
Minas de oro	Dakota del Sur (USA)
Industria de la piedra	Dinamarca
Canteras y cobertizos de granito	Vermont (USA)
Trituración de piedras	USA
Industria de la tierra de diatomeas	USA
Silicóticos	Diferentes países
Ladrillos refractarios	China

Ladrillos refractarios	Italia
Industria cerámica	Gran Bretaña
Industria cerámica	China

2.4.2.3.2 Otra evidencia.

Aparte del IARC existen otras fuentes que relacionan la exposición a sílice cristalina con un aumento de los casos de cáncer de pulmón. Por ejemplo en octubre de 1997, en las Fichas de datos de Seguridad (FDS) que elabora el Programa Internacional sobre Seguridad Química (IPCS, por sus siglas en inglés) ya se indicaba que «Esta sustancia es cancerígena para humanos» (Rice, 2000).

En 2003 el Comité Científico para los Límites de Exposición Profesional a Agentes Químicos (SCOEL por sus siglas en inglés) informó que el principal efecto de la exposición a polvo de SCR era la silicosis y que existía suficiente evidencia para concluir que el riesgo relativo a contraer cáncer de pulmón es mayor en personas con silicosis.

Con lo cual reduciendo esta enfermedad se reduciría el cáncer de pulmón, porque todavía está en debate si se puede producir cáncer de pulmón por exposición a SCR sin haber enfermado previamente de silicosis (Comisión Europea, 2016).

En 2006 la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH por sus siglas en inglés) clasificaba la sílice cristalina dentro del grupo A2 como “sospechoso de provocar cáncer en humanos” (Puchau, 2019).

Sin embargo **la posibilidad de que el polvo de sílice pudiera incrementar las posibilidades de contraer cáncer de pulmón es una cuestión que desde hacía décadas se sospechaba.** El Dr. Wilhelm Carl Hueper, pionero en la medicina en el trabajo y director de la Sección de Cáncer Ambiental en el Instituto Nacional del Cáncer de Estados Unidos (NCI por sus siglas en inglés) al respecto ya había recopilado información y evidencia que publicó en 1966 en su libro *Occupational and Environmental Cancers of the Respiratory System* (Forastiere et al. 1986).

Desde entonces cientos de artículos científicos se han publicado en todo el mundo. A nivel del estado español, la Red de Institutos y Centros de Investigación en Seguridad y Salud en el Trabajo (RICISST), que engloba a instituciones públicas estatales y autonómicas que investigan en materia de seguridad y salud laboral de todo el estado, acordó en enero de 2011 una iniciativa muy interesante al organizar una revisión sistemática de la literatura científica sobre los efectos carcinogénicos del polvo de sílice cristalina.

Para ello desarrolló un escrupuloso sistema de selección de fuentes. Primero que nada deberían responder a la siguiente pregunta: **¿Tienen más riesgo las personas trabajadoras de sufrir cáncer de pulmón por la exposición laboral a polvo de sílice/sílice cristalina?** (INSST, 2014).

Se decidió analizar solamente las Revisiones Sistemáticas (RS) y los Meta-análisis (MA) publicados entre los años 1997 (decisión del IARC de incluir el cuarzo y la cristobalita en el Grupo 1) y 2013 (año en el que el RICCIST desarrolla este trabajo). Sin embargo al analizar algunas RS/MA se detectó que contenían Estudios Primarios (EP) que analizaron casos anteriores a 1997. Por ejemplo Lacasse et al., 2009, incluye EP publicados entre 1966 y 2007.

Los participantes en las RS/MA analizadas en esta investigación eran personas trabajadoras en activo o post-ocupacionales que en su actividad laboral se habían expuesto a la sílice cristalina/polvo de sílice (por la lectura de algunos resultados de los trabajos científicos analizados, se entiende que se refiere a la fracción respirable).

Además se tuvo en cuenta cualquier estudio científico que vinculara el polvo de sílice cristalina con el cáncer, independientemente de si los sujetos analizados en las RS/MA eran personas que habían padecido silicosis. Con estas premisas de inicio el RICCIST creó grupos de trabajo que leyeron y analizaron los estudios publicados, y a la vez desarrollaron un complejo sistema de calidad para cribar, preseleccionar y seleccionar aquellos textos más relevantes, interesantes y metódicos.

En una primera búsqueda se localizaron 237 referencias de las que fueron desechadas todas menos 18, fundamentalmente porque no se trataban de RS/MA. En una segunda revisión se escogieron finalmente 11 trabajos, para posteriormente analizar y evaluar a través de un *check-list* los EP que los componían.

Tras analizar y ponderar las RS/MA y los EP, finalmente se escogieron 4 RS/MA y sus EP: el primer estudio analiza 78 artículos que incluyen 35 cohortes (Birk et al., 2003), otro que analiza 30 artículos (Kurihara y Wanda, 2004), otro 40 EP más (Lacasse et al., 2005) y uno más analiza 10 EP compuestos por 4 cohortes y 6 casos-contrroles (Lacasse et al., 2009).

Estos 4 RS/MA y sus EP son los mejor puntuados. En base al estudio pormenorizado y meticuloso de estos trabajos, el RICCIST concluye (INSST, 2004):

Las revisiones sistemáticas de la literatura científica y los meta-análisis de mayor calidad publicados hasta el día de hoy aceptan unánimemente la existencia de una relación entre la exposición a sílice y el cáncer de pulmón. Sin embargo, existen entre ellos diferencias tanto desde el punto de vista metodológico como en la base de evidencias sobre la que cada uno de ellos se sustenta. (...) A pesar de que se evidencia que a mayor concentración de sílice existe mayor riesgo de sufrir cáncer de pulmón, no es objeto de

este grupo de trabajo establecer un umbral de exposición a partir del cual el riesgo sea mayor (p.16).

En el documento creado por el RICCIIST sobre esta investigación de estudios científicos (INSST, 2004) se indican las conclusiones de estos cuatro RS/MA de mayor calidad. De Birk et al., 2003, se indica:

...en general los estudios analizados de alta calidad muestran un mayor riesgo de cáncer de pulmón en los grupos con mayor exposición a sílice, teniendo en cuenta la potencial influencia del hábito tabáquico y la presencia de silicosis. Sin embargo, debido a la falta de datos fiables de exposición a sílice cristalina en los estudios analizados, no es posible establecer un valor límite de exposición (p.32).

De Kurihara y Wanda, 2004:

...el estudio revela que la silicosis es un factor de riesgo de sufrir cáncer de pulmón. También se observa un pequeño riesgo de cáncer de pulmón en sujetos expuestos a sílice (incluyendo silicóticos). Esto sugiere que la sílice cristalina induce el cáncer de pulmón en humanos de forma indirecta. Además el análisis muestra que el tabaquismo incrementa de manera importante el riesgo de cáncer de pulmón entre los silicóticos (p.33).

De Lacasse et al., 2005:

Hay una relación dosis-respuesta débil entre la exposición a sílice y el riesgo de cáncer de pulmón. Los autores concluyen que los datos publicados hasta la fecha sugieren que la exposición laboral a la sílice representa un factor de riesgo bajo de sufrir cáncer de pulmón a niveles de exposición elevados que superan los límites de exposición permisible según los estándares norteamericanos. La interpretación de estos resultados es limitada debido a la heterogeneidad de los resultados de los estudios analizados en el MA. Estas conclusiones, salvo matices, están de acuerdo con las de la IARC (p.34).

De Lacasse et al., 2009:

Los resultados del estudio indican que existe una relación entre la exposición a sílice y el cáncer de pulmón por encima de un nivel umbral de 1,84 mg/m³ año. Sin embargo, la interpretación es limitada por la amplia gama de exposiciones a sílice respirable en los estudios originales, la heterogeneidad entre los estudios y el efecto de confusión de la silicosis, que no puede ser evaluado por completo (p.35).

3 OBJETIVOS

El objetivo principal de este TFM se basa tanto en la especialidad de higiene industrial como en las implicaciones que esta posible exposición puede reflejar en los procesos de vigilancia de la salud de las personas trabajadoras. Este objetivo principal se consigue mediante la aplicación de acciones que implican objetivos específicos complementarios.

3.1 Objetivos específicos

- Elaborar un documento que pueda resultar útil y práctico para la industria que contenga las metodologías de evaluación de riesgos higiénicos aplicables y una serie de medidas preventivas para reducir la exposición y las consecuencias en la salud de las personas trabajadoras que están expuestas a la sílice cristalina durante el proceso de fabricación de pavimentos y revestimientos en el sector cerámico de Castelló.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico actual sobre la presencia de sílice cristalina en el proceso productivo de elaboración de pavimentos y revestimientos cerámicos (baldosas cerámicas).
- Explicar los métodos de evaluación higiénica que se están empleando para determinar la gravedad del riesgo por exposición a este agente químico dentro del sector.
- Enumerar las principales medidas técnicas e higiénicas que han adoptado las empresas de fabricación de pavimentos y revestimientos en sus factorías y plantas para reducir la exposición de sus personas trabajadoras a la sílice cristalina.
- Proponer otras medidas y líneas de investigación que podrían analizarse y valorarse para su posible implantación en las organizaciones.
- Exponer otra serie de medidas complementarias para reducir posibles daños por exposición a la sílice cristalina: vigilancia de la salud, protección de personas trabajadoras especialmente sensibles, formación e información de acuerdo con la nueva información generada sobre esta sustancia, etc.
- Detallar los aspectos nuevos a los que se deberá adaptar el sector por la declaración de la sílice cristalina como agente cancerígeno y mutágeno.

4 ANTECEDENTES

En la introducción se abordó el sector de la fabricación de baldosas cerámicas en la provincia de Castelló. Se desgranaron cifras y sobre todo se hizo hincapié en las materias primas y los procesos. Se concluyó que el sector no puede prescindir de la sílice cristalina para su actividad. También se desmenuzó la actividad productiva para detectar aquellos procesos que por trabajar con materias primas en seco presentaban para las personas trabajadoras mayor riesgo de exposición a SCR.

En otro apartado independiente de la introducción se abordó la sílice cristalina. Se relataron sus características, usos y propiedades. Se explicó con detalle la influencia del tamaño de partícula en el riesgo para salud humana. Y por último este trabajo se sumergió en las enfermedades y patologías que puede originar la exposición laboral a este agente químico y en los datos científicos que así lo corroboran.

Ahora es momento de que estos dos temas que han ido separados, por fin confluyan en una misma dirección para conocer los impactos de la sílice cristalina en empresas cerámicas así como datos de exposición en sus factorías. Por eso en este apartado se mostrarán estudios toxicológicos realizados en empresas cerámicas en diferentes países del mundo. Asimismo se examinarán tres evaluaciones higiénicas realizadas en empresas del sector cerámico de Castelló. Por último se realizará un breve recorrido por la legislación española para conocer el progreso del VLA de la sílice cristalina y su evolución en el cuadro de enfermedades profesionales a lo largo de un siglo.

Se considera que el análisis de estos puntos permitirá obtener un punto de partida, una radiografía de la situación actual de cara a poder repasar la evaluación de riesgos y la planificación de las actividades preventivas que están desarrollando las empresas del sector y proponer alguna sugerencia e idea para su análisis.

4.1 Estudios toxicológicos en actividades cerámicas.

Ya se apuntó anteriormente que los daños causados al ser humano por la exposición laboral a SCR es una realidad que se conoce desde hace siglos y que se fue oficializando y extendiendo por todo el mundo en la primera mitad del siglo XX.

Esta situación originó que algunos países establecieran rápidamente programas de atención, análisis, investigación, prevención y vigilancia de la salud a personas expuestas a la SCR en sus trabajos. Con el paso de los años estos programas han servido de base de datos para la elaboración de estudios científicos que analizaron información, por ejemplo como se ha indicado antes, de personas trabajadoras que tuvieron contacto con la SCR en los años 60.

Todos los estudios científicos encontrados y consultados tienen menos de 30 años. La mayoría de estudios mencionados en la investigación realizada por el RICCIIST sobre la SCR y el cáncer

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

de pulmón también se realizaron en el mismo periodo con un fuerte incremento de estos durante este siglo (INSST, 2004).

Posiblemente esta situación se deba a, primero, la inclusión de la sílice cristalina en el grupo 2A del IARC en 1987, y segundo, a la reclasificación 10 años después en el grupo 1. Quizás la aparición de la SCR en los grupos del IARC espoleó la investigación en este sentido.

Hay que subrayar un aspecto muy importante: los estudios analizados no entran a explicar con detalle el tipo de proceso cerámico, ni las clases de materias primas usadas, ni la tecnología empleada en la producción en cada momento, ni las medidas preventivas adoptadas, etc. Por tanto **los resultados y conclusiones no deben extrapolarse al sector de baldosas cerámicas de Castelló ni a ningún otro, porque cada momento, país, región y factoría es un mundo con sus propias peculiaridades.**

También hay que señalar que los resultados se van a ver afectados por el exposoma de cada uno de los participantes en estos trabajos. Por eso los autores en el momento de realizar las investigaciones han tenido en cuenta **hábitos como el tabaquismo**, que son variables que podrían alterar los resultados y conclusiones y más cuando se trata de enfermedades pulmonares.

Por todo ello los datos que se proporcionan en este apartado **deben ser meramente orientativos**, para motivar la **concienciación** entre empresarios, políticos, institutos de investigación, técnicos en PRL, servicios de prevención, personas trabajadoras, etc. Debe animar a que **se sigan adoptando e implantando medidas preventivas** para hacer frente a esta grave situación ocupacional antes de que sea demasiado tarde.

4.1.1 Estudios sobre cáncer de pulmón y SCR.

Investigaciones realizadas en Civitacastellana (Italia) durante un periodo de estudio de 1968 a 1984, concluyeron que personas trabajadoras de la industria cerámica tenían más posibilidades de contraer cáncer de pulmón respecto a otros sin exposición a sílice. Sobre todo este incremento se produjo entre personas trabajadoras fumadoras y con silicosis. Tampoco se pudo descartar la influencia de otros agentes carcinogénicos aunque el estudio cree que fueron poco relevantes (Forastiere et al. 1986).

En Italia se realizó un estudio de mortandad en 231 trabajadores de factorías de ladrillos refractarios expuestos a sílice cristalina, empleados en el año 1960 y a los que se les hizo un seguimiento hasta 1979. El grupo de personas trabajadoras se dividió entre individuos con y sin silicosis. Los datos de esta cohorte se compararon con las estadísticas médicas oficiales de Génova en el mismo periodo de tiempo. Además se realizaron evaluaciones higiénicas para conocer la concentración de polvo de sílice (ver **figura 12**).

Los resultados mostraron un mayor riesgo de contraer tumores laríngeos, enfermedades respiratorias y enfermedades cardiovasculares entre los silicóticos. La mortalidad por cáncer de pulmón era mayor entre los trabajadores, tanto los que sufrieron silicosis como los que no (Puntoni et al., 1988).

Work areas	No. of samples	Respirable dust concentration (mg/m ³)		Crystalline SiO ₂ in respirable dust (%)	
		Geometric mean	Range	Geometric mean	Range
Grounding ¹	4	0.56	0.21 - 0.99	20.9	7.8 - 64.6
Grounding	12	0.46	0.09 - 13.0	5.9	0.6 - 18.9
Pressing ¹	6	0.22	0.12 - 0.54	15.8	8.0 - 29.5
Pressing	7	0.32	0.13 - 0.93	9.1	3.2 - 34.2
Mixing	7	0.33	0.21 - 0.59	14.6	7.7 - 54.2
Selection ¹	7	0.55	0.23 - 0.99	8.8	2.9 - 23.5
Selection	4	0.21	0.11 - 0.52	8.7	4.8 - 11.7
Offices	3	0.43	0.34 - 0.48	6.2	4.4 - 8.80
Maintenance	1	0.20	—	10.5	—

¹ Grounding, pressing and selection areas; sampling carried out at two distinct locations.

Figura 12. Resultados de evaluaciones higiénicas en factorías de ladrillos refractarios en Italia. Fuente: Puntoni et al., 1988.

En otro estudio realizado en Civitacastella los autores observaron un aumento del riesgo de cáncer de pulmón entre trabajadores de la industria cerámica especialmente los silicóticos. (Lagorio et al., 1990; tomado de INSST, 2014). Sin embargo analistas del RICCIIST detectaron algunas irregularidades que dejarían en entredicho el estudio en general (INSST, 2014).

Un estudio sobre 6.187 alfareros y trabajadores cerámicos de Inglaterra y Gales buscaba detectar la posible relación entre el cáncer de pulmón y niveles bajos de sílice cristalina. El estudio encontró cierta asociación entre ambas variables basándose en la exposición acumulada. Una vez se ajustó el tabaquismo se mantuvo esa ligera relación (Winter et al., 1990; tomado de INSST, 2014)

Otro estudio en más de 1000 personas trabajadoras italianas expuestas a sílice cristalina en empresas de ladrillos refractarios encontró una mayor incidencia de cáncer de pulmón en aquellas empleadas antes de 1957. También detectaron un mayor índice del cáncer de pulmón en personas con más de 19 años trabajados en estas factorías (Merlo et al., 1991)

En un intento por determinar si la sílice induce cáncer de pulmón, se llevó a cabo un estudio de 316 casos de cáncer de pulmón y 1352 controles entre trabajadores alfareros y mineros de tungsteno, cobre-hierro y estaño en cinco provincias del centro sur de China. El estudio pudo encontrar relación entre la sílice y el cáncer de pulmón en personas trabajadoras cerámicas, aunque en los resultados pudieron contribuir otros contaminantes. Además el grupo de personas trabajadoras a las que se detectó cáncer estaban altamente expuestos a polvo y a otros agentes (McLaughlin et al., 1992).

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

En China se investigaron los expedientes médicos de más de 6000 personas trabajadoras de 11 empresas de ladrillos refractarios que habían sido empleadas antes de 1962 y de las que se hizo un seguimiento hasta 1985. Los resultados señalaron una mayor incidencia de sufrir cáncer de pulmón entre las diagnosticadas con silicosis por contacto con sílice cristalina (Dong et al., 1995).

En 1994 se realizó en Holanda un estudio retrospectivo en personas que habían trabajado al menos dos años en empresas cerámicas entre los años 1972 y 1982. El estudio no observó una relación entre el cáncer de pulmón y la exposición a sílice. Sin embargo sí se detectó un exceso de muertes por cáncer de pulmón en personas trabajadoras con neumoconiosis simple. Por eso los autores concluyen que aquellas que enferman de silicosis por su contacto con la sílice en las factorías cerámicas tienen más posibilidades de desarrollar posteriormente un cáncer de pulmón (Meijers et al., 1996).

En Stoke-on-Trent (Inglaterra) se efectuó un trabajo científico para determinar la sílice cristalina como carcinogénico humano, en una cohorte de 5115 hombres, nacidos entre 1916 y 1945 y empleados en las industrias de cerámica, refractarios y de areniscas. Se compararon las tasas de mortalidad de la cohorte con las de la población inglesa y se encontró una mayor incidencia de cáncer de pulmón y enfermedades no malignas entre las personas trabajadoras.

Este estudio además tuvo acceso a infinidad de datos sobre mediciones de concentraciones de sílice cristalina en diferentes secciones de las empresas (ver **figura 13**). Tras ajustar y realizar estimaciones se encontró la relación entre riesgo de cáncer de pulmón y las estimaciones cuantitativas de exposición a sílice (Cherry et al., 1998).

Table 1 Estimated exposures levels of respirable crystalline silica in pottery processes 1930–92*

Process	1930–9	1940–9	1950–9	1960–9	1970–9	1980–9	1990–2
Material preparation	600	370	250	175	100	60	45
Body preparation	400	300	225	170	115	60	50
Primary shaping (production)	400	325	250	175	70	60	50
Primary shaping (non-production)	200	160	125	90	35	30	25
Secondary shaping	500	425	340	180	40	50	40
Firing	800	650	500	220	24	20	20
Glazing	250	200	150	100	80	29	25
Tiles	550	450	370	95	80	60	50
Maintenance	230	190	150	90	50	40	30
Mould making	150	110	70	40	30	20	15
Pottery support activities	20	16	12	9	3	3	2
Pottery activity, no job details known	200	160	125	90	35	30	25

*Reported as daily 8 hour time weighted airborne concentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 13. Resultados de evaluaciones higiénicas en factorías de Stoke-on-Trent (Inglaterra). Fuente: Cherry et al., 1998.

NOTA: Obsérvese que con el avance del tiempo se iba reduciendo la concentración de sílice en todos los procesos.

En un estudio realizado en varias minas y 8 factorías de cerámica de China cuyos trabajadores se exponían a la sílice cristalina, las conclusiones indicaron que diversos factores laborales y extralaborales influirían de forma compleja en el riesgo de provocar cáncer de pulmón y que

futuros estudios deberían tener en cuenta información sobre otros cancerígenos de pulmón en el trabajo, la cantidad de polvo respirable total y sobre tamaño superficial y antigüedad de las partículas de sílice. El estudio también revela que la relación cáncer de pulmón-sílice (sin silicosis) es muy débil (Cocco et al., 2001; tomado de INSST, 2014).

Un estudio realizado en 29 empresas mineras y cerámicas concluyó que no existía relación entre la sílice cristalina y el cáncer de pulmón. La investigación que inicialmente sí detectó la relación causa-efecto, aseveró que esta dejaba de existir cuando se tenían en cuenta otros factores ocupacionales como la presencia de otros agentes químicos (Chen et al., 2007).

En Alemania se acometió un estudio para evaluar la mortalidad por cáncer de pulmón, silicosis, cáncer de riñón y otras patologías, entre los trabajadores en más de 100 plantas de producción de porcelana potencialmente expuestos a la sílice cristalina. La cohorte estuvo compuesta de más de 17.000 trabajadores que entre los años 1985 y 1987 recibieron vigilancia de la salud (rayos X periódicos, historial médico, de empleo, etc.). Se les hizo un seguimiento hasta 2005.

En este, uno de los estudios más extensos, se observó un aumento de mortalidad por silicosis. Sin embargo no se asoció la exposición a la sílice cristalina con enfermedades renales y los cánceres de riñón y de pulmón (Birk et al., 2009).

Dos años después, parte del equipo científico que realizó este estudio publicó otro realizado también en factorías de porcelana de Alemania. Se tuvieron en cuenta más de 8.000 mediciones higiénicas y se revisaron radiografías históricas de los trabajadores de la cohorte. Al igual que antes se detectó un aumento de la silicosis pero esta no se pudo asociar al cáncer de pulmón. Debido al escaso número de silicóticos, el estudio no fue concluyente (Mundt et al., 2011).

4.1.2 Otras investigaciones científicas.

En Italia se analizó a 2480 trabajadores de industrias cerámicas en Civitacastellana, que ingresaron el programa de vigilancia de la salud entre 1974 y 1987 y fueron monitoreados anualmente hasta 1991 con radiografías de tórax. Se detectó un aumento de silicosis en trabajadores expuestos al polvo de sílice. Se indicaba que el riesgo era extremadamente alto en personas con más de 30 años de trabajo en dichas empresas en comparación con lo que llevaban solo 10 (Cavariani et al., 1995).

Estudios efectuados en factorías cerámicas de Taiwán detectaron anomalías pulmonares en el 79% de los hombres y en el 81% de las mujeres. Entre las concentraciones medidas por los autores se llegaron a valores tan altos como $5750 \mu\text{gm}^{-3}$ con un contenido de sílice $<10\%$ (Chen, 2002).

En Civitacastellana se realizó una investigación sobre 642 mujeres para observar en qué grado podían sufrir silicosis y disminución de la capacidad pulmonar por estar expuestas a la sílice cristalina en las empresas cerámicas de la región. Se monitorearon los informes de la vigilancia

de la salud desde 1974 hasta 1987 con un seguimiento hasta 1991 que incluyó radiografía y medición de la función pulmonar. El estudio detectó que el riesgo para las mujeres de desarrollar silicosis era el mismo que en hombres, siendo similar la relación entre tiempo de exposición y el grado de enfermedad. (Forastiere et al. 2002).

En Turquía un estudio descubrió que trabajadores de la fundición y la cerámica que estaban expuestos al polvo de sílice presentaban alteraciones en el sistema inmunológico (Başaran et al., 2002).

En el sur de China, estudios efectuados a trabajadores de una compañía cerámica y dos minas (una de tungsteno y otra de estaño) revelaron una alta incidencia y mortalidad de silicosis en los tres lugares de trabajo. Las investigaciones se realizaron en empleados que estuvieron más de un año entre 1960 y 1974. El seguimiento se hizo desde 1960 hasta 2003 (Zhou et al., 2012).

En el sur de la India se llevó a cabo un estudio en 50 trabajadores de 8 empresas cerámicas del sur del país. El grupo control estaba compuesto de 35 personas de características similares. En un cuestionario breve se interrogó sobre el trabajo y detalles personales. El estudio mostró que los trabajadores no adoptaban medidas especiales de prevención. No existía vigilancia de la salud y por eso se les tuvo que preguntar para obtener datos de su estado de salud. Manifestaron que apenas existían sistemas de ventilación y que el contenido de polvo era elevado.

Se asociaron daños genéticos a la exposición a sílice, aunque hay que tomarse este dato con cierta precaución porque el tabaquismo y otros productos químicos como los metales pesados pudieron influir. Además los parámetros inmunológicos examinados en el estudio observaron que la exposición crónica ocupacional a la sílice cristalina se asoció con una disminución significativa de los niveles séricos de las inmunoglobulinas IgG, IgA e IgM (Balamuralikrishnan et al., 2014).

Liao et Al. (2015) realizaron estudios en dos empresas cerámicas de New Taipei (Taiwán), una de baldosas cerámicas y otra de productos básicos cerámicos. El objetivo del mismo era evaluar el riesgo para la salud humana de trabajadores expuestos a sílice cristalina.

Para ello el estudio caracterizó los lugares de trabajo efectuando mediciones para determinar la concentración y el tamaño de partícula (ver **figura 14**). Con estos datos aplicaron un modelo para estimar la dosis de exposición y posibles daños en el organismo que permitieran evaluar los riesgos para los trabajadores.

Una vez realizadas las evaluaciones higiénicas detectaron que los trabajadores del proceso de granulación (en Castelló este proceso corresponde en la mayoría de factorías al atomizado de la tierra) eran los que trabajaban con un mayor porcentaje y concentración de sílice. Por este motivo el estudio estimaba que serían los que mayor carga de sílice tendrían en sus pulmones

y que podrían desarrollar enfermedades como la fibrosis pulmonar tras periodos largos de exposición.

El estudio estimó que casi todas las partículas de polvo de sílice se distribuyeron dentro de un intervalo de diámetro aerodinámico de 2,5-10 μm . Había pequeños porcentajes de partículas de sílice que se encontraban dentro del rango de tamaño fino con diámetro aerodinámico inferior a 2.5 μm .

Observar que estos datos de tamaño de partícula se alejarían del diámetro aerodinámico de la fracción respirable para situarse mayoritariamente en la fracción torácica, según la norma UNE-EN 481.

Working area	MMAD (μm) ^a	GSD ^a	Silica content (%)	Silica dust concentration ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Commodity ceramic factory				
Molding (grouting)	10.76	2.44	1.37	1.93±1.40 ^b
Molding (extrusion)	8.69	1.95	0.56	0.55±0.13
Repairing	10.86	2.28	0.22	0.21±0.10
Glazing	7.13	2.50	2.18	2.64±2.84
Burning	5.64	1.74	1.77	0.71±0.57
Tile ceramic factory				
Soil mixing	9.46	2.00	9.48	148.72±39.30
Glaze mixing	7.26	1.73	3.13	46.68±90.57
Granulation	15.72	3.03	33.04	1246.32±516.98
Molding	13.92	2.47	7.33	250.08±43.85
Drying and Glazing	12.48	2.44	5.27	69.55±11.87
Burning (at entrance)	20.90	3.08	0.46	1.74±1.28
Burning (at middle)	9.26	1.94	2.72	17.39±3.65

Figura 14. Resultados de dos evaluaciones higiénicas en factorías cerámicas de Taiwan. Fuente: Liao et al., 2015.

NOTA: MMAD: diámetro aerodinámico medio; GSD: desviación geométrica estándar.

En Turquía se desarrolló un estudio entre trabajadores cerámicos expuestos a sílice cristalina. Se les entregó un cuestionario detallado que incluía preguntas sobre las condiciones de trabajo factores de confusión, tabaquismo, alcohol y otros hábitos como los nutricionales. Se hicieron pruebas a los trabajadores y al grupo control en el Hospital de Enfermedades Profesionales de Ankara, desde junio de 2014 hasta marzo de 2016. Los resultados mostraron que la exposición

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

a la sílice se asocia con el estrés oxidativo⁵ y también con la activación del sistema inmunológico (Anlar et al., 2017).

4.2 Mediciones higiénicas en el sector cerámico de Castelló.

El presente trabajo ha tenido acceso a tres informes sobre mediciones higiénicas realizadas en el sector cerámico de Castelló. Dos de ellos (Unimat Prevención, 2014 y Escrig, 2011) fueron parte de las ponencias de jornadas técnicas sobre la sílice cristalina que organiza periódicamente el *Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball* (INVASSAT).

Ambos trabajos resumen los resultados de evaluaciones higiénicas que se realizaron, no solo en empresas del sector de fabricación de baldosas de Castello, sino en otras organizaciones como fabricantes de ladrillos y vajillas u otros tipos de actividades del clúster cerámico castellonense, como es el caso de empresas que se dedican única y exclusivamente a la atomización de tierra.

Aunque en este capítulo más adelante se abordará con todo lujo de detalles el “culebrón” del Valor Límite ambiental Exposición Diaria (VLA-ED) de la SCR en los últimos 15 años en el estado español, es necesario indicar ya que ambas ponencias se realizaron en épocas en los que el VLA-ED de la SCR especificado en los LEP de esos años era de 0,1 mg/m³. Sin embargo los profesionales de la PRL, servicios de prevención, empresarios del sector cerámico, etc. mucho antes del 1 de enero de 2022 ya asumían y trabajaban en el problema de la SCR concibiendo un VLA-ED de 0,05 mg/m³.

Al aplicar normas que ya se analizarán después como la UNE-EN 689:2019, una modificación del VLA-ED a la baja puede originar nuevas no conformidades **ya que exposiciones que hace unos años estaban dentro de los VLA-ED aprobados, ahora se situarían por encima de este. También resultados que antes eran conformes ahora dejarían de serlo y se activarían nuevas mediciones.** Todo -como se desgranará después- por una decisión política... ¿correcta o incorrecta?... pues no es misión del presente trabajo posicionarse o despejar esta “x” en concreto.

Por último, la tercera evaluación higiénica ha sido facilitada por el máximo responsable de PRL de uno de los principales grupos cerámicos de Castelló y se llevó a cabo en una de sus factorías. Por razones de confidencialidad se obviarán datos precisos sobre la compañía y este trabajo se ceñirá únicamente a los resultados de la evaluación.

⁵ El estrés oxidativo, se produce cuando los antioxidantes no son suficientes para reducir los radicales libres de las células aumentando la actividad oxidativa en la célula y favoreciendo un cambio estructural y funcional de la misma que acelera el envejecimiento y la apoptosis (muerte celular). Como consecuencia se produce un deterioro de los tejidos favoreciendo enfermedades cardiovasculares, trastornos neurológicos, el envejecimiento de la piel y en el peor de los casos, cáncer (Sanitas, nd).

4.2.1 Conceptos previos.

Los resultados de las evaluaciones higiénicas no deben interpretarse de forma dual, según se supere o no el VLA establecido como criterio de valoración. Existen normas como la UNE-EN 689:2019 -que se detalla en el apartado 6.2.4 de este trabajo- que deben aplicarse para interpretar las mediciones y establecer la «conformidad» o la «no conformidad» de los resultados.

De entrada y para poder entender mejor este apartado y los resultados que se desgranán, avanzar que una medición será «no conforme» si se supera el VLA-ED y será «conforme» si no se supera el 10% de este VLA-ED. Los valores comprendidos entre estos dos parámetros requerirán nuevas mediciones, interpretaciones y periodos de realización de nuevas evaluaciones.

Por tanto si el VLA-ED de la SCR es de 0,05 mg/m³, según esta norma una medición será «no conforme» si la concentración medida excede 0,05 mg/m³; será «conforme» si el resultado es menor de 0,005 mg/m³ y si está entre esos dos valores se procederá según se explica más adelante.

Se aplica esta metodología porque **las mediciones realizadas son muy pocas y las circunstancias que pueden modificar las condiciones de trabajo son muchas. Por tanto exigir una medición del 10% del VLA, es una forma de asegurarse que el resto de concentraciones reales que se producen en el lugar de trabajo no excederá el VLA.**

A pesar de lo comentado en el párrafo anterior se acepta un error conocido, es decir, se asume que en algún momento se podría exceder el VLA a pesar de que la medición fue «conforme».

Aunque se analizará con más calma después, en algunas de las evaluaciones higiénicas los cálculos no se basan en el VLA directamente sino en la Exposición Diaria Relativa (EDr)⁶.

Para calcularla se aplica la siguiente fórmula:

$$EDr = \frac{ED}{VLA - ED}$$

Donde:

ED= Exposición diaria. Es el valor obtenido en la medición que corresponde a la concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas.

VLA-ED= se obtiene del LEP que edita cada año el INSST.

⁶ En INSST (2013) se indica como I₁ (Índice de la exposición de la jornada). EDr es un parámetro idéntico que se utiliza en la UNE-EN 689:2019 y que se ha aplicado ampliamente en las mediciones efectuadas en el sector cerámico. Por eso en el presente trabajo se utilizará dicho término.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Si se observa la fórmula cualquier cociente igual o superior a 1 significa que se excede el VLA-ED de la SCR. La conformidad de la medición es igual que antes y pasa por no superar el 10% de la ED_r (<0,1). Mediciones entre ambos parámetros requieren nuevas evaluaciones y cálculos.

4.2.2 UNIMAT Prevención.

La ponencia realizada en 2014 por este SPA en el marco de las jornadas técnicas del INVASSAT se cimiento en un total de 713 mediciones, que se realizaron entre 2005 y 2013 en aproximadamente 100 empresas de fabricación de baldosas cerámicas y compañías atomizadoras.

Del total de mediciones, 217 se efectuaron en la sección de prensado que como se ha visto antes en la introducción es una de las secciones que más polvo puede generar (por no decir la que más). 112 se realizaron en el proceso de molturación y mezcla de materias primas para el soporte, 78 en la molturación de esmaltes y 137 en el atomizador (86 de condiciones habituales, 41 durante la limpieza y 10 en la carretilla). El resto de mediciones se llevaron a cabo entre varias secciones más.

Los resultados de estas mediciones Unimat Prevención (2014) los presentó en VLA-ED y en ED_r dependiendo del proceso evaluado (ver **tabla 9**). **De estos valores cabe recordar que se realizaron en 2014, cuando la VLA-ED para la SCR era de 0,1 mg/m³**. De los resultados se puede deducir:

- Aplicando el método detallado en la norma UNE-EN 689:2019 (ver punto 6.2.4), el 31,4% de las mediciones serían conformes al no superar el 10% del VLA y el 12,3% no conformes al superar el VLA-ED.
- El resto al estar entre estos dos parámetros requerirían nuevas mediciones.
- En molturación de esmaltes el 13% de las mediciones superaban el umbral del VLA-ED. En prensas, la sección a priori más conflictiva, los resultados mostraron que se superaba el límite en el 6% del total de mediciones.
- Con el nuevo valor del VLA-ED (0,05 mg/m³) y estos datos, el 32% de las mediciones totales superarían el umbral, en molturación de esmaltes el 33,3% lo rebasarían y en prensas el 22% estarían por encima.
- La reducción también afectaría a los valores situados entre el VLA y su 10%. Muchos valores conformes con el anterior VLA-ED, ahora requerirían nuevas mediciones y los periodos entre las mediciones se estrecharían.
- Es conveniente matizar que durante el periodo en el que se ejecutaron estas mediciones (2005-2013) el sector vivió cambios tecnológicos (por ejemplo: implementación de la inyección digital) que modificaron ostensiblemente los procesos.

- El informe de Unimat Prevención (2014) indica que los niveles más elevados de SCR se detectaron en empresas atomizadoras, mientras que en las factorías de fabricación de baldosas es donde las concentraciones fueron inferiores.
- No se especifican las actividades realizadas en cada una de las secciones evaluadas en el estudio.

Tabla 9. Resultados de las mediciones de SCR. Fuente: Elaboración propia con datos de Unimat, 2014.

	< 10% VLA-ED	10-50% VLA-ED	> 50-100% VLA-ED	> 100% VLA-ED	Total
Total	224 (31,4%)	260 (36,4%)	141 (19,7%)	88 (12,3%)	713
Molturación Esmaltes	20	10	9	6	45
	< 10% ED _r	10-50% ED _r	50-100 %ED _r	> 100% ED _r	Total
Prensas	88	81	35	13	217

4.2.3 Instituto de Tecnología Cerámica.

La recopilación de mediciones presentada por el Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) también se hizo en el marco de unas jornadas técnicas del INVASSAT y se plasmaron en el informe de Escrig (2011). Las evaluaciones efectuadas por el ITC de realizaron en empresas de fabricación de baldosas, de ladrillos, refractarios y vajilla.

Uno de los datos que aporta el informe es que de las muestras tomadas el contenido de SCR no superaba el 10% del total en ninguna de las actividades evaluadas. Fue la fabricación de baldosas la que más SCR tenía con un 8,1% del total de cada muestra.

El informe también proporciona datos interesantes sobre el diámetro aerodinámico del particulado. Casi el 80% de las partículas superaban las 4 µm y el contenido de cuarzo del total era muy pequeño. Sin embargo las partículas inferiores a este diámetro, y por tanto, comprendidas dentro de la fracción respirable, alcanzaban poco más del 20% del total, pero aproximadamente la mitad estaba compuesta por cuarzo. Por tanto, aproximadamente el 10% de la muestra era cuarzo con un diámetro aerodinámico comprendido en la fracción respirable.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

El VLA-ED que se tuvo en cuenta en el estudio, por la fecha del mismo se entiende que es de 0,1 mg/m³. Sobre los resultados (ver **figura 15**), destacar:

- Más del 17% de las mediciones superaban el VLA-ED establecido en ese año. Si se tiene en cuenta el actual, la cantidad de muestras que superarían el VLA-ED alcanzaría más del 41%.
- Las secciones que mostraron niveles más altos de SCR se corresponden con aquellas en las que se manipulan las materias primas en seco lo que favorece la formación de polvo (atomización, prensado y secado y molienda vía seca).
- Con el nuevo VLA-ED estas secciones incrementarían considerablemente el porcentaje de mediciones que lo superan. Dos de cada tres muestras superarían el VLA-ED en la sección de atomización.
- Llama la atención los resultados elevados en procesos como cocción o esmaltado, que a priori deberían presentar mejores resultados.

Etapa de proceso	Número de muestras	Distribución (%)		
		<0,05 mg/m ³	0,05-0,1 mg/m ³	>0,1 mg/m ³
Molienda vía seca	33	45,5	36,3	18,2
Molienda vía húmeda	51	64,7	23,5	11,8
Atomización	45	33,3	40,0	26,7
Prensado y secado	123	56,1	21,9	22,0
Esmaltado	99	57,6	24,2	18,2
Cocción	42	57,1	28,6	14,3
Otras	90	76,6	13,4	10,0
Combinadas	483	58,4	24,2	17,4

Figura 15. Resultado de las mediciones de SCR. Fuente: Escrig, 2011.

4.2.4 Empresa del sector.

El informe al que se ha tenido acceso es de una empresa del sector y por razones de confidencialidad no se mencionará el nombre ni tampoco se proporcionarán datos muy concretos sobre las mediciones. De este informe destacar:

- Se desarrollaron mediciones sobre 27 puestos de trabajo comprendidos en 11 secciones diferentes.

- Además de medir la SCR también se calcularon las concentraciones y la EDr del polvo respirable.
- Los VLC-ED de partículas sólidas insolubles según los LEP actuales del INSST, son:
 - Partículas sólidas insolubles, **fracción inhalable**: VLA-ED: 10 mg/m³ (se inhala a través de la boca y nariz)
 - Partículas sólidas insolubles, **fracción respirable**: VLA-ED: 3 mg/m³ (fracción másica de partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias ciliadas).
 - A efectos de las mediciones y al igual que pasa con la SCR, la fracción respirable es la que se tiene en cuenta.
- Se trata de una evaluación higiénica realizada más recientemente y en este caso el VLA-ED que sirve de criterio de valoración sí que es el actual establecido en 0,05 mg/m³.
- Al igual que en los dos informes anteriores, aquellas secciones donde se manipulan las materias primas en seco presentan los niveles más elevados de concentración de SCR. Además en esta evaluación tres procesos de “limpieza” mostraron resultados elevados de la EDr.
- De los 27 puestos de trabajo solo en uno la EDr de la SCR fue superior a 1 y por tanto no conforme. Este resultado se dio en una medición efectuada a un operario de prensas, un proceso que como se ha visto antes genera polvo en el ambiente.
- En mediciones a otros dos operarios de prensas la concentración de SCR fue menos de la mitad, lo que sugiere que el proceso del operario de prensas que superó el EDr presentó alguna característica exclusiva que facilitó una alta concentración de SCR.
- El siguiente proceso con más exposición a SCR con una EDr ligeramente superior a 0,9 fue “limpieza con barredora” en el almacén. Sin embargo otro trabajo de “limpieza” también en el almacén, a pesar de que generó casi el doble de polvo respirable, la EDr de SCR era menor a 0,1. Este dato sugiere que hay que prestar especial atención a los procesos de limpieza ya que, primero, generan polvo respirable y por tanto pueden tener altos niveles de SCR, y segundo, pueden existir diferencias marcadas según el procedimiento que se utilice.
- La sección de molturación de esmaltes presentó una EDr de SCR de 0,8 y junto a los dos procesos de limpieza del punto anterior, fue el proceso que más polvo respirable generó.
- En la sección de atomizado se realizaron mediciones en varios procesos (puestos de trabajo) y las EDr mostraron resultados muy diferentes según el proceso que se evaluó. En este caso la “limpieza” en esta sección tuvo una EDr superior a 0,7 mientras que el puesto de trabajo “palista” obtuvo un valor 10 veces menor.
- Sobre el polvo respirable todos las EDr estuvieron por debajo de 1 y la gran mayoría fueron menores al 10% por lo que se trataría de resultados conformes según la UNE-EN 689:2019.
- Los porcentajes de SCR del total del polvo respirable oscilaron entre el 2 y el 5% dependiendo de procesos.

4.2.5 Conclusiones.

Se han desglosado los datos y se han analizado tres estudios con más de 1000 mediciones higiénicas en conjunto. Se llevaron a cabo en años distintos y en empresas con actividades variadas. Todas ellas eso sí, englobadas en el sector cerámico de Castelló.

Obtener valoraciones más precisas y exactas sobre estas evaluaciones requeriría tener más información sobre las empresas y las factorías en donde se realizaron. Sin embargo con los datos aportados se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- Los niveles más elevados de SCR se obtuvieron en aquellas secciones y procesos donde **las materias primas cerámicas se manipulan en seco**, lo que propicia la generación de polvo en el ambiente.
- Como ya se ha dicho cada puesto de trabajo tiene sus particularidades concretas (ubicación, productos, focos, etc.). Esto propicia que **procesos que parecen idénticos generen resultados diferentes** (el caso de las prensas en la evaluación de la empresa del sector).
- **En cada sección se pueden desarrollar diferentes trabajos y procesos que generen resultados distintos**. Por eso es imprescindible la identificación de estos procesos y la correcta evaluación.
- A pesar de que el trasiego de materias primas en seco es más propenso a generar polvo en suspensión y por tanto SCR, **no hay que olvidar procesos y puestos de trabajo como los servicios de limpieza**, que son transversales a la actividad principal pero por sus características pueden generar polvo si no se aplican procedimientos adecuados.
- Los porcentajes de SCR respecto a las muestras tomadas en dos de los estudios **no superarían el 8%**.
- Aunque es difícil e incluso imprudente cruzar datos de los tres estudios, es interesante subrayar que **con el paso del tiempo parece ser que los niveles de VLA y EDr han mejorado**. Esta mejora se debería al esfuerzo del sector en combatir la presencia de SCR junto a mejoras tecnológicas en el proceso de fabricación de baldosas experimentadas en los últimos años.
- **La aprobación de un VLA más estricto ha conllevado que muchas mediciones dejen de ser conformes y requieran más evaluaciones**. Dicho umbral ha requerido un esfuerzo extra a nivel humano, técnico, económico, etc.

4.3 Las modificaciones del VLA en el estado español.

En 1990 se aprobó la Directiva 90/394/CEE del Consejo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos durante el trabajo. Fue añadida a la legislación española con el Real Decreto 665/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

La Directiva 90/394/CEE del Consejo, fue modificada varias veces codificándose esta en 2004 como la Directiva 2004/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo.

Esta directiva fue modificada en 2017 por la Directiva (UE) 2017/2398, que es incorporada a la legislación española por el Real Decreto 1154/2020, de 22 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

De esta manera queda actualizado el anexo I del Real Decreto 665/1997, que incorpora los trabajos que supongan exposición al polvo respirable de sílice cristalina generado en un proceso de trabajo, y también el anexo III, para incorporar los nuevos agentes de la directiva y sus correspondientes valores límite de exposición profesional.

Esta transposición guarda un hecho curioso y es que, mientras la Directiva (UE) 2017/2398 en su anexo III indica un valor límite de exposición de la fracción respirable de sílice cristalina de **0,1 mg/m³**, en la adaptación a la legislación española con el Real Decreto 1154/2020 y en el actual Real Decreto 665/1997 modificado por este, el VLA-ED es de **0,05 mg/m³**.

Dicho de otra forma, **los límites de exposición profesional adaptados a la legislación española son más estrictos que los señalados en la mencionada directiva**, aunque es cierto que el Real Decreto 665/1997 **también incorpora una medida transitoria que eleva temporalmente el límite a 0,1 mg/m³ hasta el 31 de diciembre de 2021.**

De esta forma, en los “Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España” de 2021 que edita el INSST anualmente, el límite de exposición de la SCR cambia y se adapta a los valores del Real Decreto 665/1997 modificado. El VLA-ED es de 0,05 mg/m³ pero incorpora la medida transitoria explicada arriba que eleva la concentración permitida a 0,1 mg/m³ hasta finales de 2021 (INSST, 2021).

En realidad, el VLA-ED para la fracción respirable de sílice cristalina ya se había establecido en 0,05 mg/m³ para cuarzo y cristobalita unos años antes de la transposición, concretamente en los LEP editado por el INSST en 2015.

Que cinco años después se transpusiera la Directiva (UE) 2017/2398 en donde el límite de exposición de la sílice cristalina es de 0,1 mg/m³, originó cierta confusión y titulares curiosos en algunos medios de comunicación, que pensaron que con la nueva directiva la exposición a sílice cristalina podía duplicarse por mandato europeo.

Cuidado, en realidad así era, pero este aumento del límite de exposición solo sería válido por un corto periodo de tiempo a modo de medida transitoria hasta finales de 2021. A partir de 2022 se reestablecerían los VLA-ED contenidos en los LEP de 2015.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

De hecho es muy probable que pocas organizaciones y prevencionistas hayan hecho uso de esta medida transitoria. Muchas empresas y servicios de prevención, antes de la modificación en 2020 del Real Decreto 665/1997, ya habían evaluado el riesgo por exposición a SCR, habían adoptado medidas preventivas y habían establecido procesos de control, chequeo y mejora continua. Debido a los LEP de 2015 el valor de referencia y requisito legal era el de un VLA-ED de 0,05 mg/m³. Por tanto no tenía sentido “relajar” la acción preventiva durante el año 2021 por la medida transitoria que duplica el límite de exposición, para pocos meses después, en 2022, volver otra vez a ajustarla ante la vigencia de nuevo de los valores de 2015.

La lógica es la misma para las empresas que pudieron iniciar la evaluación higiénica de la SCR y la planificación de la acción preventiva en 2020 o 2021. Tampoco es muy útil la medida transitoria ya que en 2022 tendrían que adaptarse a unos límites más estrictos. En esta coyuntura, mejor asumir esos límites más severos y así se evita reajustar el sistema meses después.

Regresando a la evolución y vaivén que ha sufrido el límite de exposición profesional de la SCR en el estado español, hay que matizar que **los cambios y modificaciones derivados de la transposición de la Directiva (UE) 2017/2398 hacen referencia al carácter cancerígeno de este agente químico.**

Pero previamente, los límites de exposición a la SCR se habían establecido atendiendo a otras normativas y sobre todo para prevenir la silicosis. Incluso según una fuente consultada, el límite de exposición profesional de la sílice cristalina ya se habría estipulado en la primera publicación que hizo el INSST de los LEP en el año 1999 (Castejón, 2019b).

Sin embargo no se ha podido obtener constancia de valores límite para la SCR (INSST, 1999) hasta la Orden ITC/2585/2007, 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.

En el artículo 4.2.7 de dicha orden se establece una concentración de sílice libre de 0,1 mg/m³ para el cuarzo y de 0,05 para la cristobalita.

Estos valores concretados en la orden técnica mencionada se publican posteriormente en los LEP de 2008. Además en esta edición se detalla una tabla de “propuesta de modificación de los VLA” en la que se sugiere que el VLA-ED de la sílice cristalina se reduzca a 0,025mg/m³ en los próximos años (INSST, 2008c).

No obstante ese límite de exposición nunca se alcanzaría. Es en 2015 cuando se unifican los límites en 0,05 mg/m³ tanto para el cuarzo como para la cristobalita, decisión que se adopta bajo el Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (Maya, 2021).

Es llamativo porque esta decisión ya había sido decidida 3 años antes, como se lee en una nota a pie de página contenida en el LEP de 2015, que se transcribe a continuación (INSST, 2015):

Acuerdo de la CNSST de 20 de diciembre de 2012: “Respecto de la Sílice cristalina, cuarzo, se prorroga el *acuerdo del Pleno de 16 de diciembre de 2011* hasta 2015, año en el que se incorporará en la Tabla 1. Valores Límite Ambientales (adoptados) el VLA-ED de 0,05 mg/m³, con el compromiso de que si la Unión Europea adopta un valor límite superior se adoptará éste.

Es interesante la parte final porque la Unión Europea, como se ha expuesto antes, sí estipuló un valor límite superior en la Directiva (UE) 2017/2398 que se transpuso con el Real Decreto 1154/2020, aunque sin que dicho Real Decreto (RD) adaptara los límites a la legislación española salvo la medida transitoria detallada.

Durante la discusión y redacción del Real Decreto 1154/2020 los sindicatos presionaron para mantener el límite de exposición en 0,05 mg/m³ como hasta el momento, mientras que patronal y la Asociación de Mutuas de Accidentes de Trabajo (AMAT) se posicionaron para que se materializara lo indicado en la nota a pie de página publicada en el LEP de 2015 y por tanto que el límite de exposición se adaptara a la Directiva (UE) 2017/2398 que lo establecía en 0,1 mg/m³ (Castejón, 2019b).

Al respecto, por ejemplo la patronal cerámica Ascer (2021b) se manifestaba enérgicamente de la siguiente forma:

Sin embargo, el RD publicado no ha tenido en cuenta ni el trabajo del anterior ejecutivo, ni de todos los sectores implicados, fijando un valor límite de 0,05 mg/m³, muy por debajo del inicialmente previsto. Esta limitación, entrará en vigor el 1 de enero de 2022, lo que dinamita todas las previsiones y las inversiones realizadas por las empresas hasta ese momento. (...) Desde la industria de fabricación de baldosas cerámicas entendemos que se trata de una decisión que comprometerá la competitividad del sector tanto a nivel europeo como a nivel mundial, al exigir España un nivel el doble de restrictivo que el establecido por la UE.

La decisión fue más bien favorable a los sindicatos frente al desencanto de ASCER, AMAT, etc. que solo lograron “arrancar” una medida transitoria tan corta como impráctica. Con la aprobación del Real Decreto 1154/2020 se incrementó el límite de exposición a 0,1 mg/m³ pero solo temporalmente hasta el 31 de diciembre de 2021.

De hecho en la última edición de los LEP para agentes químicos en España 2021 (INSST, 2021) la SCR aparece en el cuadro desglosado en el capítulo 8 que indica los VLA actuales y en donde la concentración para este agente químico es de 0,1 mg/m³. Y también se puede encontrar en el cuadro del capítulo 9 donde se detallan los VLA con entrada en vigor en años venideros y que especifica la concentración de 0,05 mg/m³ para enero de 2022.

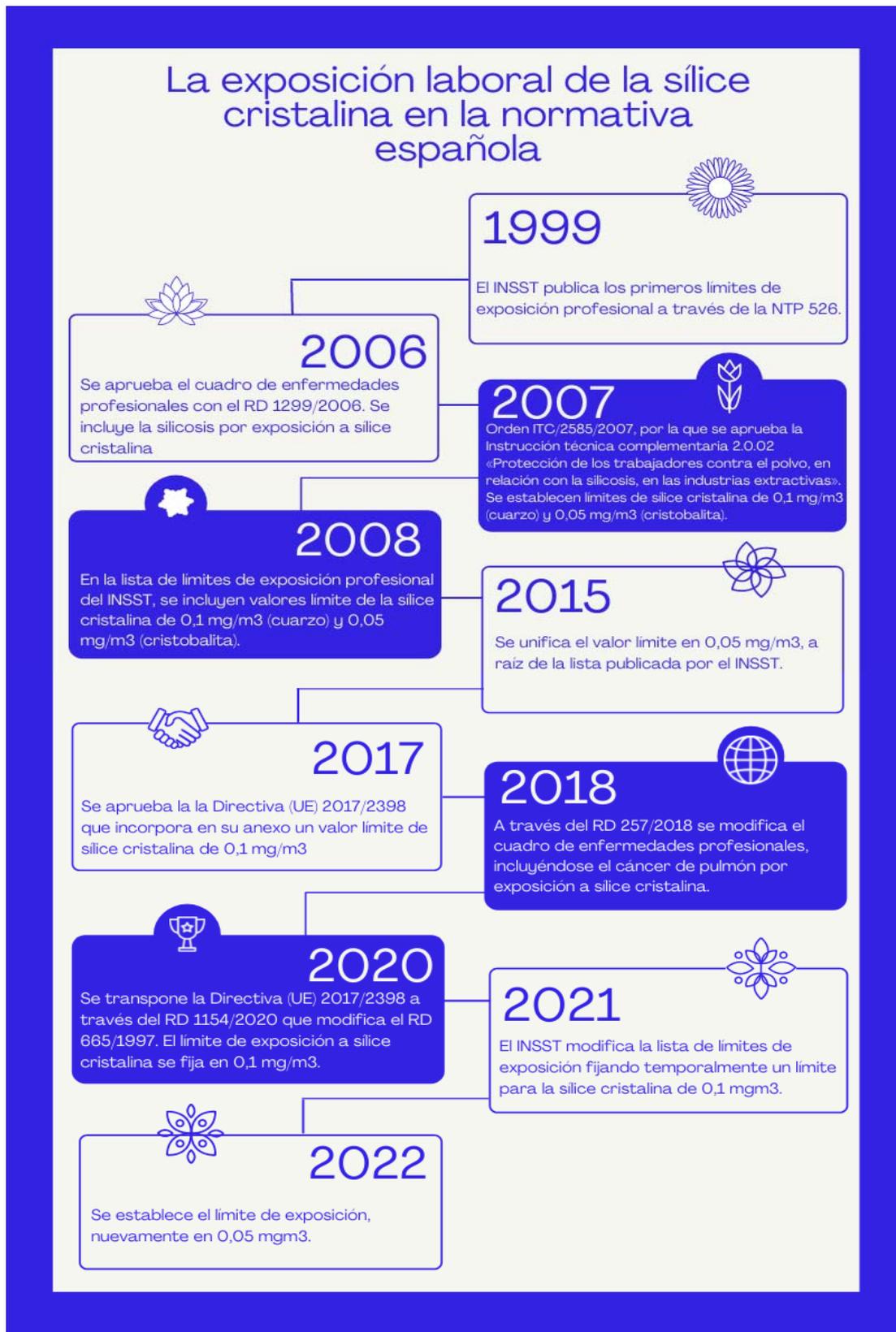


Figura 16. Los límites de exposición de la SCR en la normativa española. Fuente: Elaboración propia.

4.4 La sílice cristalina como causante de enfermedades profesionales en España.

4.4.1 Breve repaso histórico.

El presente apartado se ha confeccionado sobre todo a partir del trabajo de Martínez y Menéndez (2006) en el que se narra la evolución en la gestión y tratamiento de las enfermedades profesionales en España. La investigación hace especial hincapié en la silicosis, que en los años 30 del siglo pasado, fue declarada un grave problema a nivel laboral debido a la gran cantidad de personas trabajadoras y actividades implicadas. El sector minero estaba ampliamente extendido y decenas de miles de obreros pasaban horas dentro de las minas extrayendo carbón y otros minerales.

4.4.1.1 La Ley de Bases de Enfermedades Profesionales, de 13 de julio de 1936.

El primer intento de legislar este problema tuvo lugar durante la segunda república con la Ley de Bases de Enfermedades Profesionales de 13 de julio de 1936. La elaboración de este texto legal respondía a la ratificación de los convenios de la OIT de 1925 y 1934, que fijaban la necesidad de equiparar las enfermedades profesionales a los accidentes de trabajo en cuanto al derecho de recepción de una indemnización.

La ley mencionada establecía dos grupos: uno de **enfermedades** con 22 grupos y otro con cerca de 40 tipos de **industrias**. Para que existiera el reconocimiento de enfermedad profesional, de una forma similar a la actualidad, la enfermedad debía aparecer en su grupo y producirse en una de las industrias del segundo grupo. Se trata pues del primer paso hacia una lista cerrada de enfermedades profesionales que se ha mantenido en los siguientes cuadros hasta hoy en día.

Entre esas enfermedades indemnizables estaba las neumoconiosis y concretamente la silicosis con o sin tuberculosis y otras enfermedades producidas por el polvo sin especificar más. En cuanto a industrias hubo menciones a las minas, a la industria del carbón, túneles y alguna indeterminación como: «Trabajos de mineros, de canteros, de talladores de piedra, etc.» que dejaba la puerta abierta a otras actividades (Ley de Enfermedades Profesionales, 1936).

Un año antes, en 1935, se había creado el Patronato de Lucha contra la Silicosis, adscrito a la Dirección General de Minas y Combustibles. Fue el responsable de la creación de un centro especializado para atender la silicosis que se ubicó en Linares y que tenía un fin meramente asistencial.

En 1941 se creó el Seguro de Silicosis que se incorporó a la legislación de accidentes de trabajo y cuya gestión la desarrollaba la Caja Nacional del Seguro de Accidentes del Trabajo. Inicialmente fue muy limitante y solo se admitían casos de silicosis que ocurrieran en minas de oro, plomo, carbón y en las industrias cerámicas y derivados. En 1944 se crea la Junta Administrativa del Seguro de Silicosis.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

En 1945 se orquestó la primera campaña de prevención para reducir la avalancha de casos de silicosis que se producían a lo largo del estado. Las medidas preventivas que se quisieron impulsar estaban enfocadas a reducir la formación de polvo mediante la perforación en húmedo, aunque su funcionalidad dependió de la obtención de la tecnología necesaria y de las condiciones de la explotación.

4.4.1.2 El Decreto de 10 de enero de 1947.

En 1947 se aprueba el decreto de 10 de enero por el que crea el Seguro de Enfermedades Profesionales, que se concibe como una extensión más amplia del Seguro de Silicosis existente (Alcázar, 2014).

En su artículo 2, expresaba que para tener el tratamiento de enfermedad profesional y estar bajo la cobertura del seguro que se creaba, la enfermedad debería estar incluida en el cuadro de enfermedades (ver **figura 17**) incorporado en el anexo del reglamento (Decreto de 10 de enero, 1947).

A diferencia de la ley de 1936, este cuadro determina que para que exista enfermedad profesional debe existir una triple conexión entre el agente que lo genera, la enfermedad que provoca y la actividad donde se produce la exposición. Esta triple condición será común a otros cuadros que se publicarán posteriormente incluido el más actual.

Con la creación de este seguro se vuelve a hablar de enfermedad profesionales como algo independiente a los accidentes de trabajo, aunque no llegaría a funcionar ni a desligarse plenamente.

490	21 enero 1947	B O. del E.—Núm. 21
CUADRO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES A QUE SE REFIERE EL ARTICULO SEGUNDO		
F. Neumoconiosis (silicosis, con o sin tuberculosis, antracosis, siderosis, asbestosis, etc.) y otras enfermedades respiratorias producidas por el polvo (cannabosis, asma profesional, etc.).	Minas de plomo, oro, carbón, hierro, wolfram y demás minas metálicas. Industrias cerámicas y sus derivados. Canteras, labrado y pulido de granito, mármoles y demás piedras de ornamentación y construcción. Vidrio. Cemento. Industrias del cáñamo y del esparto. Todas las industrias, minas y trabajos en que se desprenda polvo de naturaleza mineral—pétreo o metálico—, vegetal o animal, susceptible de causar enfermedad.	

Figura 17. La sílice en el cuadro de enfermedades profesionales de 1947. Fuente: Decreto de 10 de enero de 1947.

Tras los pobres resultados de las acciones preventivas anteriores, en 1957 se constituyó una Comisión Interministerial para la Prevención y Reparación de la Silicosis, que en 1960 modificó

el reglamento de la policía minera⁷ y propició la introducción de martillos perforadores con dispositivos para evitar el polvo.

4.4.1.3 El Decreto 792/1961.

En 1961 se aprobó un nuevo cuadro de enfermedades profesionales a través del Decreto 792/1961, de 13 de abril, por el que se organiza el aseguramiento de las enfermedades profesionales y la Obra de Grandes Inválidos y Huérfanos de fallecidos por Accidente de Trabajo.

Se trata de un cuadro de enfermedades profesionales más similar a lo que se conoce hoy en día en el que se amplía la cantidad de agentes, enfermedades y actividades respecto al decreto de 1947. En este último el cuadro tenía una extensión de una página del Boletín Oficial del Estado (BOE).

Por ejemplo en el caso concreto de la silicosis, con este nuevo decreto entraron a formar parte del seguro otras actividades en las que claramente había exposición peligrosa con la sílice cristalina y además existía un alto número de enfermos por esta situación. Se trataba de sectores como la minería de hierro, la excavación de túneles, las obras públicas, el trabajo en las canteras o el labrado de piedras. Algunas de estas actividades habían sido incorporadas en la ley de 1936 pero desaparecieron años después en el Reglamento de Enfermedades Profesionales de 1947.

Además por primera vez el cuadro se divide en los siguientes grupos:

- A) Enfermedades causadas por metales.
- B) Enfermedades causadas por metaloides.
- C) Enfermedades causadas por compuestos orgánicos.
- D) Enfermedades causadas por agentes animados.
- E) Enfermedades causadas por agentes físicos.
- F) Enfermedades sistemáticas La silicosis queda encuadrada en este grupo (ver **figura 18**).

⁷ Tal vez se trate de un antepasado cercano del técnico en PRL actual o de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social. Regulado por el “Reglamento de Policía Minera” de 1897, se constituye este cuerpo para combatir «...las arriesgadas e insalubres condiciones en que el obrero se encuentra en las minas» y así evitar los accidentes «...que pudieran ser ocasionados por la codicia, por la temeridad o por la ignorancia». El reglamento contempla la obligatoriedad de que propietarios de minas, encargados, etc. permitan la entrada a unos ingenieros de minas que ejercen como inspectores cuyo cometido no es solo sancionador, sino también didáctico y preventivo. El reglamento acoge conceptos que hoy se pueden encontrar en la Ley 31/1995 sobre PRL, como “peligro inminente” o “riesgo grave e inminente”. El reglamento contempla la designación de personas que vigilen trabajos de especial peligrosidad (García, 2008).

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Como novedad de este Decreto, el Seguro de Enfermedades Profesionales creado en 1947 a partir del Seguro de Silicosis, pasa a denominarse Fondo Compensador de Seguro de Accidentes y Enfermedades Profesionales.

Al igual que en 1947 se considera que la enfermedad profesional debe ser producida por «...elementos o sustancias en industrias u operaciones incluidas en el cuadro anexo a este decreto.». Además el Decreto acogió la posibilidad de que el cuadro pudiera ser ampliado por orden ministerial a medida que se reconocieran otras afecciones de tipo laboral.

S146		30 mayo 1961	B. O. del E.—Núm. 128
Enfermedad profesional	Riesgos profesionales		
22. Enfermedades causadas por el trabajo en aire comprimido	Trabajos subacuáticos en cámara neumática.		
23. Enfermedades causadas por vibraciones de los útiles de trabajo.	Todos los trabajos con herramientas portátiles y máquinas fijas para machacar, perforar, remachar, apisonar, martillar, apuntalar, prensar, etc.		
<i>F) Enfermedades sistémicas</i>			
24. Silicosis.	Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías Trabajos en cantería, tallado y pulido de rocas silíceas. Fabricación de carborundo, vidrio porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base de sílice. Trabajos de desmoldeo y desbarbado en las fundiciones. Fabricación y conservación de abrasivos y de polvos detergentes. Trabajos en chorro de arena y esmeril.		
25. Asbestosis.	Extracción, preparación, manipulación, del amianto o sustancias que lo contengan. Fabricación o reparación de tejidos de amianto (trituration, cardado, hilado, tejido). Fabricación de guarniciones para frenos, material aislante de amianto y productos de fibrocemento.		
26. Cannabosis.	Trabajos de manipulación del cáñamo.		
27. Otras neumoconiosis fibróticas.	Todos los trabajos de extracción y empleo de hierro, aluminio.		

Figura 18. La sílice en el cuadro de enfermedades profesionales de 1961. Fuente: Adaptado del Decreto 792/1961.

En esos años también se diseñaron sistemas de vigilancia de la salud a través de la Caja Nacional del Seguro de Accidentes del Trabajo, de la que formaba parte el Seguro de Silicosis, lo que propició la creación de una larga red de centros médicos y dispensarios que se extendieron a nivel provincial y comarcal. Hay que sumar a esto que las reivindicaciones obreras propician un régimen especial para la minería de carbón y la creación en 1971 del Instituto Nacional de Silicosis (INS), que se encarga de la asistencia, la investigación, la prevención y el asesoramiento no solo sobre la silicosis sino sobre otras neumoconiosis.

4.4.1.4 El Real Decreto 1995/1978.

En esa década España acaba imitando a otros países europeos al utilizar el mismo modelo de lista cerrada a pesar de que existían otras opciones según la OIT. De esta forma en 1978 entró en vigor el Real Decreto 1995/1978, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades

profesionales en el sistema de la Seguridad Social, que estará vigente hasta la entrada del actual Real Decreto 1299/2006.

Este RD, de acuerdo al art. 85 del Decreto 2065/1974, de 30 de mayo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social; incorporó el desarrollo de un procedimiento para incluir nuevas enfermedades profesionales que se estimen que se deben agregar. En la práctica, durante este periodo de tiempo, solo en 1993 se modificó para incluir el Síndrome de Ardystil en el sector de la aerografía textil (Alcázar, 2014) y también para incorporar en 1981 una nueva actividad que podía inducir enfermedades infecciosas o parasitarias (Real Decreto 2821/1981).

Al igual que ahora, el cuadro del Real Decreto 1995/1978 se divide en seis grupos, algunos bastante similares a los actuales:

- A) Enfermedades profesionales por agentes químicos.
- B) Enfermedades profesionales de la piel causadas por sustancias y agentes no comprendidos en alguno de los otros apartados;
- C) Enfermedades profesionales provocadas por la Inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados. La silicosis queda encuadrada en este grupo (ver **figura 19**).
- D) Enfermedades profesionales infecciosas y parasitarias.
- E) Enfermedades profesionales por agentes físicos.
- F) Enfermedades sistemáticas.

19914	25 agosto 1978	B. O. del E.—Núm. 203
<p>C) Enfermedades profesionales provocadas por la inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados:</p> <p>1. <i>Neumoconiosis.</i></p> <p>a) <i>Silicosis, asociada o no a tuberculosis pulmonar.</i></p> <p>Trabajos expuestos a la inhalación de polvo de sílice libre, y especialmente:</p> <p>Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías. Tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canteras. Trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas. Fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base de sílice. Fabricación y manutención de abrasivos y de polvos detergentes. Trabajos de desmoldeo, desbardado y desarenado en las fundiciones. Trabajos con muelas (pulido, afinado) que contengan sílice libre. Trabajos en chorro de arena y esmeril.</p> <p>b) <i>Asbestosis, asociada o no a la tuberculosis pulmonar o al cáncer de pulmón.</i></p>	<p>refinerías de petróleo (preparación y utilización de ciertos catalizadores) y en numerosas industrias donde el aluminio y sus compuestos entran en la composición de numerosas aleaciones.</p> <p>3. <i>Afecciones broncopulmonares debidas a los polvos de los metales duros, talco, etc.</i></p> <p>Trabajos de mezclado, tamizado, moldeado y rectificado de carburos de tungsteno, titanio, tántalo, vanadio y molibdeno aglutinados con cobalto, hierro o níquel. Soldadura al arco eléctrico en espacios confinados. Pulidores de metales que utilizan óxido de hierro. Trabajos de explotación de minas de hierro cuyo contenido en sílice sea prácticamente nulo. Trabajos expuestos a la inhalación de talco cuando está combinado con tremolita, serpentina o antofilita. Operaciones de molido y ensacado de la barita.</p> <p>4. <i>Afecciones broncopulmonares causadas por los polvos de escorias Thomas.</i></p> <p>Obtención y empleo de escorias Thomas y especialmente: Molido, triturado, ensacado, transporte, almacenado y mezcla con otros abonos y el esparcimiento de estos abonos.</p> <p>5. <i>Asma provocado en el medio profesional por las sustancias no incluidas en otros apartados.</i></p>	

Figura 19. La sílice en el cuadro de enfermedades profesionales de 1978. Fuente: Adaptado del Real Decreto 1995/1978.

Como se ha indicado, las diferentes listas y cuadros de enfermedades profesionales publicados en diferentes textos legales en los años 1936, 1947, 1961 y 1978 muestran una clara tendencia y dominio de un modelo de lista cerrada, que configura y se manifiesta también en el actual Real Decreto 1299/2006. Aun así se avanza poco a poco hacia un modelo mixto donde algunas

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

decisiones judiciales ya han reconocido otras enfermedades ajenas al cuadro vigente, eso sí, declarándolas accidentes laborales y no enfermedades profesionales.

4.4.2 Cuadro vigente de enfermedades profesionales: el Real Decreto 1299/2006.

Mediante la Recomendación de la Comisión, de 19 de septiembre de 2003, relativa a la lista europea de enfermedades profesionales; se instó a los estados miembros a que introdujeran en su normativa un listado de enfermedades profesionales comprendidas en su anexo I. Asimismo la Recomendación especificaba un segundo anexo (al igual que el que incorpora el Real Decreto 1299/2006) con enfermedades que se sospechaba que podían tener origen laboral y que con el tiempo podrían formar parte del anexo I. Incluso en el párrafo 2 del artículo 1 se instaba a que se introdujeran en las disposiciones legislativas, reglamentarias o administrativas el derecho de una indemnización para aquel trabajador una enfermedad no incluida en el anexo 1, pero que por su origen y características pudiese relacionarse con el ámbito profesional en especial si esta formaba parte del anexo II.

En el anexo I de la recomendación las enfermedades se dividían en cinco grupos. No señalaba las actividades donde podían contraerse, se supone que debido a la variedad de procesos productivos que hay en los diferentes estados miembros, aunque sí indicaba que cada estado debía ligar cada enfermedad con las actividades.

En el estado español esta Recomendación es introducida a través del 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. En el mismo se establecen -siguiendo las indicaciones de Europa- los criterios para su notificación y registro.

El cuadro está desarrollado en el anexo I del RD y la silicosis producida por el polvo de sílice libre encabeza el grupo 4 (enfermedades profesionales causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados). De esta forma se confirma como una enfermedad de origen laboral que desde 1936 ha estado en todos los cuadros de enfermedades profesionales aprobados y sin aprobar (ver **figura 20**).

4	A			Enfermedades profesionales causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidas en otros apartados
		01		Polvo de sílice libre:
				Silicosis
				Trabajos expuestos a la inhalación de polvo de sílice libre, y especialmente:
		01	4A0101	Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías, obras públicas.
		02	4A0102	Tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canterías.
		03	4A0103	Trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas.
		04	4A0104	Fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base de sílice.
		05	4A0105	Fabricación y manutención de abrasivos y de polvos detergentes.
		06	4A0106	Trabajos de desmoldeo, desbardado y desarenado en las fundiciones.
		07	4A0107	Trabajos con muelas (pulido, afinado) que contengan sílice libre.
		08	4A0108	Trabajos en chorro de arena y esmeril.
		09	4A0109	Industria cerámica.
		10	4A0110	Industria siderometalúrgica.
		11	4A0111	Fabricación de refractarios.
		12	4A0112	Fabricación de abrasivos.
		13	4A0113	Industria del papel.
		14	4A0114	Fabricación de pinturas, plásticos y gomas.

Figura 20. La silicosis en el cuadro de enfermedades profesionales. Fuente: Real Decreto 1299/2006.

NOTA: De las catorce actividades que aparecen en el cuadro, cuatro de ellas podrían relacionarse con el sector cerámico (Códigos 4A0103 4A0104, 4A0109 y 4A0111).

Al igual que en los cuadros de 1961 y sobre todo el de 1978, el Real Decreto 1299/2006 admite la posibilidad de que el cuadro de enfermedades se amplie incorporando otras enfermedades desglosadas en el anexo II, de las que se sospecha que pueden tener un origen laboral (art. 1 y 2.1). Otra forma de ampliación acogida en el RD es la incorporación de nuevas enfermedades que aparezcan en la Lista Europea de Enfermedades Profesionales (art. 2.2). Ambos procesos de ampliación del cuadro vendrán precedidos por informes científicos que avalen la decisión.

Desde entonces el RD ha sufrido dos modificaciones. La primera con el Real Decreto 1150/2015, de 18 de diciembre, que incorpora el cáncer de laringe por exposición a amianto.

La segunda y última se produce en mayo de 2018 a través del Real Decreto 257/2018. Este cambio precisamente es para reconocer como enfermedad profesional el cáncer de pulmón ocasionado por el polvo de sílice libre. Se incorpora como el agente R en el grupo 6 (enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos) y las actividades donde puede producirse son las mismas que con la silicosis (ver **figura 21**).

Artículo único. Modificación del 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.

En el anexo 1, cuadro de enfermedades profesionales (codificación), grupo 6, enfermedades profesionales causadas por agentes carcinógenos, del 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, se añade un nuevo agente R, polvo de sílice libre, subagente 01, cáncer de pulmón, con el siguiente contenido:

Grupo	Agente	Subagente	Actividad	Código	Enfermedades profesionales con la relación de las principales actividades capaces de producirlas
6					Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinógenos.
	R				Polvo de sílice libre.
		01			Cáncer de pulmón.
			01	6R0101	Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías, obras públicas.
			02	6R0102	Tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canterías.
			03	6R0103	Trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas.
			04	6R0104	Fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base de sílice.
			05	6R0105	Fabricación y mantenimiento de abrasivos y de polvos detergentes.
			06	6R0106	Trabajos de desmoldeo, desbardado y desarenado de las fundiciones.
			07	6R0107	Trabajos con muelas (pulido, afinado) que contengan sílice libre.
			08	6R0108	Trabajos en chorro de arena y esmeril.
			09	6R0109	Industria cerámica.
			10	6R0110	Industria siderometalúrgica.
			11	6R0111	Fabricación de refractarios.
			12	6R0112	Fabricación de abrasivos.
			13	6R0113	Industria del papel.
			14	6R0114	Fabricación de pinturas, plásticos y gomas.

Figura 21. Incorporación del cáncer de pulmón por exposición a sílice libre en el cuadro de enfermedades profesionales. Fuente: Real Decreto 257/2018.

La redacción del Real Decreto 257/2018 se hizo en mayo de 2018 y fue prácticamente inmediato a la aprobación de la Directiva (UE) 2017/2398 y por tanto el cáncer de pulmón por

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

exposición a SCR se incluía en el cuadro de enfermedades profesionales desglosado en el anexo I del Real Decreto 1299/2006.

Sin embargo la trasposición de la mencionada directiva tardó tres años y como se ha explicado se hizo en diciembre de 2020 a través del Real Decreto 1154/2020 que modificaba el Real Decreto 665/1997 incluyendo los trabajos que supongan exposición SCR en su anexo I y los LEP en el anexo III.

Dicho de otra manera para que se entienda mejor, **existe una disparidad temporal entre la modificación del cuadro de enfermedades profesionales donde se incluye la SCR en el grupo 6 y la inclusión de este agente en el Real Decreto 665/1997.**

Es decir, durante dos años y medio (de mayo de 2018 a diciembre de 2020) **la SCR fue un agente cancerígeno en el cuadro de enfermedades profesionales pero no estuvo incluida en el Real Decreto 665/1997 que regula las disposiciones y medidas para proteger a las personas trabajadoras de los agentes cancerígenos.**

Aunque en el Real Decreto 257/2018 no se menciona para nada la Directiva (UE) 2017/2398 y hace alusión a «Las evidencias científicas han demostrado que el polvo respirable de sílice libre, que puede adoptar la forma cristalina, es susceptible de provocar cáncer de pulmón...» lo lógico es pensar que esta ampliación del cuadro de enfermedades profesionales se cimentó en parte en la mencionada directiva.

Seguramente la disparidad temporal se debió a motivos burocráticos y al hecho de que fueron dos ministerios distintos los que aprobaron ambos RD. La modificación del Real Decreto 1299/2006 a través del Real Decreto 257/2018 fue responsabilidad del Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Mientras que la transposición de la directiva con el Real Decreto 1154/2020 que modificaba el Real Decreto 665/1997, recayó en el Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. Además, esta última trasposición vino con casi un año de retraso ya que debería haberse materializado en enero de 2020 (Gómez, 2019).

Seguramente lo importante de esta cuestión es que el retraso de dos años y medio en la trasposición de la directiva significó un retraso en la adopción de medidas y disposiciones para proteger a las personas trabajadoras en comparación con la modificación del cuadro de enfermedades profesionales.

Aunque también es cierto que algunas empresas, mutuas y SPA relacionados con el sector cerámico de Castelló, se anticiparon a la transposición de la directiva y reaccionaron más de dos años antes de que esta tuviera lugar, trabajando en el asunto, creando estrategias y analizando cómo implantar los requisitos del RD 665/1997 (Gómez, 2019).

4.4.3 Cifras actuales de casos de silicosis y cáncer de pulmón.

Según el sistema CEPROSS, de comunicación de enfermedades profesionales de la Seguridad Social, entre enero y septiembre de 2021 se produjeron en España 135 casos de enfermedad profesional (partes cerrados) correspondientes al grupo 4, agente A (polvo de sílice; mirar **figura 20**).

En pocas palabras, durante ese periodo se diagnosticaron 135 casos de silicosis por exposición laboral. En ese mismo periodo y según la misma fuente, solo se declaró un caso de cáncer de pulmón asociado a la sílice cristalina (grupo 6, agente R; mirar **figura 21**) (Seguridad Social, 2021).

Según datos del INVASSAT, entre septiembre de 2020 y agosto de 2021, en la provincia de Castelló se abrieron 5 partes por silicosis (3 de ellos con baja) y no hay datos sobre los casos de cáncer de pulmón por exposición a sílice (INVASSAT, 2021a).

En comunicación con Pere Soto (2021), médico del trabajo de Unión de Mutuas, señala que «Los casos detectados en la población laboral activa, deben aproximarse a los casos reales porque es una enfermedad profesional típica imposible de confundirse con una patología común». Señala que es difícil extraer conclusiones en base a los pocos casos de silicosis detectados según las cifras oficiales expuestas. Finaliza diciendo que estos casos deben ser de exposiciones laborales antiguas, considerando que la silicosis crónica que es la más típica requiere 10 años de contacto.

Las cifras mostradas no deben permitir relajación alguna ya que el riesgo está latente en cada industria cerámica que genera polvo. Además la exposición a SCR sin medidas de protección podría agravar enfermedades respiratorias comunes. Por eso la mejor manera de prevenir es atajar el riesgo y tomar las medidas preventivas.

5 METODOLOGÍA

Este TFM pretende abordar la resolución de la problemática planteada de manera teórica y práctica, para ello se abordará el estudio de los datos disponibles actualmente mediante el examen pormenorizado de la bibliografía existente, y de los posibles informes relevantes de empresas del sector a los que se tenga acceso. De manera complementaria, se realizarán entrevistas, que permitirán obtener información relevante y actualizada realizando una investigación a través de entrevistas a los profesionales del sector y de la prevención de riesgos laborales.

5.1 Higiene industrial

Como se ha indicado antes, el Real Decreto 1299/2006, 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; desglosa en su anexo I las diferentes enfermedades profesionales, el agente causante de dicha enfermedad y las actividades en las que puede desarrollar dicha enfermedad. En el cuadro hay **dos enfermedades profesionales (silicosis y cáncer de pulmón)** que se asocian a la exposición profesional a la sílice cristalina en diferentes fases del proceso de preparación y fabricación de variados productos cerámicos.

Por otra parte, este trabajo de investigación no pretende profundizar exhaustiva y minuciosamente en los efectos negativos para la salud humana durante la exposición laboral a la sílice cristalina en general; porque como se ha expuesto en los objetivos de la presente investigación, la idea fundamental es centrarse en la problemática en el sector cerámico castellanense y realizar un compendio de las principales medidas preventivas que se están adoptando en dicho sector. Asimismo y debido al estudio bibliográfico y a entrevistas con expertos, este ensayo también recoge algunas ideas nuevas y ambiciosas que pueden ser estudiadas y valoradas para ser implementadas como posibles medidas preventivas.

Por todo ello esta investigación queda encuadrada, fundamentalmente, en la especialidad de higiene industrial. La metodología empleada ha sido la siguiente:

- Estudio bibliográfico. Se ha realizado una búsqueda para tratar de encontrar documentos que aporten información sobre el tema tratado. Esta búsqueda ha contenido estudios toxicológicos basados en la sílice en general y otros más concretos en actividades cerámicas.

Cuando la investigación ha requerido de datos concretos se ha realizado una búsqueda para tratar de solucionar los interrogantes puntuales que se han presentado. El trabajo contiene abundante información obtenida de legislación y normas internacionales.

-
- Observación de informes técnicos y evaluaciones higiénicas. Además de los artículos publicados, se ha realizado un estudio pormenorizado de informes y evaluaciones higiénicas realizadas por empresas del sector, SPA e institutos de investigación que suponen una fuente muy valiosa de información.

Debido al carácter confidencial de estos documentos solo se ha podido obtener una **evaluación higiénica de una empresa del sector**. Aunque parezca poco, los datos contenidos y la metodología resultan de vital importancia y podrían representar, por sí misma, un trabajo final de máster.

Los resultados contenidos en esta evaluación pueden ser extrapolables (con las modificaciones oportunas) a otras compañías, y de esta forma, se puede establecer un patrón en lo referente a los puestos de trabajo más expuestos a sílice cristalina, medidas técnicas adoptadas, procedimientos, etc.

- Entrevistas. Junto a la anterior fuente, las entrevistas representan una importante fuente de información para nutrir el presente trabajo. Lo más interesante es que la entrevista supone una fuente de información primaria que contiene datos reveladores, únicos y de mucho interés para el presente trabajo.

En esta especialidad las entrevistas realizadas han sido, sobre todo, a técnicos de prevención de riesgos laborales pertenecientes a empresas cerámicas y a servicios de prevención ajenos. De esta forma se ha podido conseguir información de primera mano sobre la planificación preventiva que han desarrollado en sus diferentes empresas, evaluaciones higiénicas, etc.

En el caso concreto de este trabajo se cuenta con la participación del jefe de prevención de riesgos laborales de un grupo cerámico que aporta datos, informes y testimonios. Dicho técnico es responsable prevención de varias empresas del sector que pertenecen a dicha firma y ha participado -junto a otros técnicos y ASCER- en un grupo de trabajo que lleva varios años abordando la problemática de la sílice cristalina en el sector.

De manera breve, la escasez de fuentes bibliográficas y artículos científicos sobre una temática tan específica (planificación preventiva para reducir la exposición e impacto de la sílice cristalina en las personas trabajadoras del sector de fabricación de baldosas cerámicas en la provincia de Castelló) ha obligado a recurrir a fuentes primarias de información, investigaciones no publicadas al ser confidenciales, entrevistas, etc.

5.2 Medicina del trabajo

Dentro del presente trabajo se quiere abordar y desentrañar el cómo se está gestionando la **Vigilancia de la Salud de las personas trabajadoras** que dentro del sector cerámico están en puestos de trabajo cuyas evaluaciones higiénicas han mostrado concentraciones

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

preocupantes de sílice cristalina. Se pretende saber así las actuaciones que las empresas y los Servicios de Prevención están realizando para vigilar la salud de las personas trabajadoras.

La bibliografía existente sobre un tema tan concreto es poca. Sin embargo, este trabajo se ha apoyado mucho, ya que es un documento a tener en cuenta, en el “**Protocolo de Vigilancia Sanitaria Específica**” en lo referente a la silicosis, así como en otros documentos que abordan la vigilancia de la salud en personas expuestas laboralmente a sílice cristalina, aunque no de forma específica en el sector cerámico.

Además, se han realizado entrevistas a técnicos de prevención de riesgos laborales y a un profesional médico del trabajo para obtener toda aquella información que pueda ser de interés en este punto concreto.

6 RESULTADOS

Resultaría interesante realizar un breve resumen de todos los aspectos que se han venido explicando hasta el momento para ver en el punto en que se encuentra la presente investigación y así poder seguir con la parte final de la misma. Las ideas principales hasta el momento serían las siguientes:

- **El sector cerámico de fabricación de baldosas cerámicas en Castelló necesita las materias primas cuya base es la sílice** y por tanto en algunos procesos puede existir exposición laboral a la misma.
- **La peligrosidad de la SCR es conocida desde hace siglos** y hoy en día no hay duda de que provoca algunas enfermedades debido a la exposición laboral a esta.
- Aunque no es extrapolable con el sector cerámico de Castelló, **existen numerosos estudios toxicológicos que han detectado la relación entre algunas enfermedades concretas y la exposición a SCR en diversas industrias cerámicas** en varios países del mundo.
- Si bien es cierto que la situación tiende a mejorar en los últimos años, más de 1000 **evaluaciones higiénicas realizadas en los últimos 15 años en empresas cerámicas de Castelló han mostrado que algunas de ellas encontraron concentraciones superiores respecto al VLA-ED** en algunas actividades y procesos concretos.
- En España la sílice cristalina ha sido un problema sanitario y social de primer nivel desde hace más de un siglo. Desde entonces **la silicosis, originada por la exposición a SCR, ha estado clasificada como enfermedad profesional en todos los cuadros de enfermedades profesionales existentes**: en 1936 (aunque la ley no se aprobó), en 1947, 1961, 1978 y 2006. En 2018 se modificó el cuadro actual reconociendo el cáncer de pulmón por exposición a SCR.
- Para tratar de eliminar o al menos controlar el riesgo de exposición a SCR, **las autoridades han aprobado diversa legislación para garantizar la salud de las personas trabajadoras.**
- Además **han establecido un VLA-ED para la SCR** que ha tenido varios cambios en los últimos años, en función de las evidencias científicas y las modificaciones, novedades y decisiones legislativas que se han producido.

6.1 Obligaciones legales.

Una vez identificado el riesgo y una vez hecho el diagnóstico es perentorio establecer una estrategia para actuar y eliminar el riesgo de exposición a SCR, y si no se puede al menos controlarlo.

Para ello es necesario conocer la legislación más importante que aplicaría en este caso, pues establece una serie de requisitos mínimos que hay que cumplir.

6.1.1 La Ley 31/1995.

La gestión de este riesgo es una obligación reconocida en la **ley 31/1995**, cuando señala que:

- «La política en materia de prevención tendrá por objeto la promoción de la mejora de las condiciones de trabajo dirigida a elevar el nivel de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo» (art. 5.1).
- «Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo» (art. 14.1).
- «En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo (...) el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la integración de la actividad preventiva en la empresa y la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores» (art. 14.2).
- «El empresario deberá cumplir las obligaciones establecidas en la normativa sobre prevención de riesgos laborales» (art. 14.3).
- «La prevención de riesgos laborales deberá integrarse en el sistema general de gestión de la empresa, tanto en el conjunto de sus actividades como en todos los niveles jerárquicos de ésta, a través de la implantación y aplicación de un **plan de prevención de riesgos laborales**... (art. 16.1).
- «Los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación del plan de prevención de riesgos, que podrán ser llevados a cabo por fases de forma programada, son la **evaluación de riesgos** laborales y la **planificación de la actividad preventiva**...» (art. 16.2).

6.1.2 El Real Decreto 374/2001.

Al respecto, del **Real Decreto 374/2001** destacar que:

- «El empresario deberá determinar, en primer lugar, si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. Si así fuera, se deberán evaluar los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, originados por dichos agentes...» (art. 3.1).
- Sobre ellos se deberán considerar y analizar sus características peligrosas y otra información contenida en las FDS; los VLA; cantidades utilizadas o almacenadas; el tipo, el nivel y la duración de la exposición y cualquier otro factor relacionado; cualquier otra condición de trabajo que pueda influenciar sobre otros riesgos relacionada con la presencia de agentes químicos; el impacto de las medidas adoptadas; los resultados de la vigilancia de la salud; los accidentes e incidentes relacionados con los agentes químicos (art. 3.1).

-
- «La evaluación del riesgo deberá incluir la de todas aquellas actividades, tales como las de mantenimiento o reparación, cuya realización pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores...» (art. 3.2).
 - Cuando esta detecte un riesgo para la salud de las personas trabajadoras deberán aplicarse las medidas contempladas en los artículos 5, 6 y 7 (art. 3.3).
 - Independientemente de la evaluación, los artículos 5 y 6 se tendrán que aplicar si se superan los valores límite establecidos (art. 3.4).
 - «La evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda». El procedimiento y estrategia de medición dependerán de la normativa específica y si no existe según lo especificado en el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, es decir aplicando este orden:
 - A) Norma UNE.
 - B) Guías del INSST, INS y protocolos y guías del Ministerio de Sanidad y Consumo, así como de Instituciones competentes de las Comunidades Autónomas.
 - C) Normas internacionales.
 - D) Otras guías de instituciones de prestigio. Si el empresario demuestra el control sobre el riesgo no será necesaria la medición (art. 3.5).
 - Si hay exposición a varios agentes la evaluación se realizará teniendo en cuenta el riesgo combinado de todos ellos (art. 3.6).
 - La evaluación de los riesgos deberá mantenerse actualizada
 - Los riesgos por exposición a agentes químicos se reducirán mediante:
 - A) La organización y concepción de los procesos en el lugar de trabajo.
 - B) La selección de equipos de trabajo.
 - C) El establecimiento de procedimientos adecuados.
 - D) La implantación de medidas higiénicas.
 - E) La reducción de las cantidades de agentes químicos, del tiempo e intensidad de la exposición, así como del número de trabajadores expuestos. (art. 4).
 - El empresario deberá eliminar o reducir al mínimo el riesgo, evitando el agente químico peligroso, reduciendo su uso o sustituyéndolo por otro que entrañe nada o menos riesgo. Cuando no sea posible el empresario deberá:
 - A) Utilizar equipos, procedimientos, controles, etc. que aislen al agente y que eviten escapes y el contacto con el trabajador.
 - B) Aplicar medidas preventivas en el origen como es la ventilación.
 - C) Proporcionar Equipos de Protección Individual (EPI) cuando las medidas anteriores no sean suficientes y no se pueda evitar la exposición o contacto.
 - D) Adoptar medidas técnicas y organizativas (art. 5).
 - Cuando la evaluación de riesgos determine la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores se deberá realizar la vigilancia de la salud de estos. Será adecuada:
 - A) Si la exposición a un agente se relaciona con una enfermedad o efecto adverso.
-

B) Si esa enfermedad o efecto adverso puede desarrollarse en las condiciones en las que está el trabajador.

C) Si hay técnicas para detectar los síntomas sin que entrañe riesgo para el trabajador.

Para el trabajador la vigilancia de la salud será obligatoria cuando lo determine una disposición legal o para evaluar las condiciones del trabajo sobre la salud por:

A) No está garantizado el control de la exposición sobre el trabajador.

B) Por las condiciones concretas y específicas del trabajador que lo hacen más sensible al agente.

Si la vigilancia de la salud es un requisito obligatorio habrá que informar al trabajador antes de que se le asigne la tarea en la que se expone al agente.

Los trabajadores tendrán acceso a la información sobre la vigilancia de la salud que les afecte personalmente.

Si se supera el valor límite o la vigilancia de la salud muestra que un trabajador tiene una enfermedad o efecto adverso por exposición a un agente químico, el empresario deberá:

A) Revisar la evaluación de riesgos según el artículo 3 del presente RD.

B) Revisar las medidas adoptadas según los artículos 4 y 5.

C) Tener en cuenta las indicaciones del médico sobre las medidas a aplicar, incluido el cambiar al trabajador de puesto.

D) Mantener la vigilancia del trabajador afectado y realizarla a otros que hayan tenido una exposición similar (art. 6).

- El empresario deberá proporcionar a los trabajadores y sus representantes formación e información sobre los riesgos por la presencia de agentes químicos peligrosos, así como de las medidas de prevención y protección para controlar dicho riesgo. La información deberá ser adecuada y se deberá actualizar siempre que sea necesario. Se deben señalar recipientes y conducciones según la legislación aplicable

Sobre la formación e información se debe incidir en:

A) Resultados de evaluaciones de las riesgo y cambios de resultados debidos a modificaciones en las condiciones de trabajo.

B) Información relevante sobre los agentes químicos, valores límite y otra información destacable.

C) Información sobres las medidas de prevención y protección.

D) Acceso a la FDS (art.9).

- «El empresario deberá consultar y facilitar la participación de los trabajadores o sus representantes respecto a las cuestiones a que se refiere este Real Decreto...» (art. 10).

6.1.3 El Real Decreto 665/1997.

Otro texto legal que hay que en cuenta es el **Real Decreto 665/1997**, que detalla las disposiciones mínimas aplicables a las actividades en las que los trabajadores se expongan a agentes cancerígenos. Como se ha visto antes, desde la aprobación del Real Decreto 1154/2020 en diciembre de 2020, la SCR se considera un agente cancerígeno al estar presente en el anexo I del citado Real Decreto 665/1997 y por tanto es aplicable este RD en aquellas actividades donde las personas trabajadoras se exponen a SCR, como es el caso del sector de fabricación de baldosas cerámicas.

Aunque contempla muchas disposiciones similares al Real Decreto 374/2001, **la catalogación de la SCR como agente cancerígeno en el RD 665/1997 conlleva procedimientos y medidas nuevas más estrictas** que se están implantando actualmente. En el sector de fabricación de baldosas cerámica ha supuesto un punto de inflexión. Como indica Miguel Ángel Pitarch, consultor de PRL en ASEPEYO, en referencia a las nuevas disposiciones de ese RD... «Esta inclusión ha supuesto bastantes cambios y la adopción de nuevas medidas preventivas» (Pitarch, 2021).

Sobre este RD, destacar:

- De forma similar al Real Decreto 374/2001, este RD exige la identificación, sustitución de sustancias cancerígenas (art. 4), y si no se puede, la evaluación de riesgos teniendo en cuenta la naturaleza, el grado, la duración de la exposición, la vía de entrada al organismo y los efectos en la salud. La evaluación deberá efectuarse periódicamente o cuando se produzca un cambio en las condiciones de trabajo (art. 3).
- Asimismo, si la evaluación detectara riesgo para las personas trabajadoras el empresario deberá sustituir la sustancia cancerígena y si no se pudiera se garantizará que la manipulación y el trabajo sobre esa sustancia se efectúe en un sistema cerrado. Si no fuera viable se reducirá el tiempo de exposición al mínimo. En cualquier caso no se podrá superar el VLA-ED establecido en el anexo III que es el mismo que aparece en los LEP anuales.

De la misma manera que antes el RD establece una serie de medidas dirigidas a reducir la exposición y el número de trabajadores, al diseño los procesos de trabajo, extracción localizada, ventilación general, mediciones, delimitación de las zonas de riesgo, uso de recipientes adecuados, etiquetado, almacenamiento, transporte seguro, etc. (art. 5).

- Las medidas higiénicas también se contemplan en el RD:
 - A) Prohibición de que los trabajadores coman, beban o fumen en los lugares de trabajo donde exista este riesgo.
 - B) Proporcionar ropa adecuada.
 - C) Separar la ropa de trabajo de la ropa particular de cada trabajador.
 - D) Disponer de un lugar adecuado para almacenar los EPI y verificar su funcionamiento tras su uso, reparándolo si se percibiera algún problema.
 - E) Habilitar retretes y cuartos de aseo apropiados.

- F) Los trabajadores expuestos dispondrán de un tiempo para su aseo, concretamente 10 minutos antes de la comida y 10 al abandonar el trabajo.
 - G) El empresario asumirá el descontaminado y lavado de la ropa de trabajo quedando prohibido que los trabajadores se lleven la ropa a casa.
 - H) El coste de las medidas contempladas en este RD no deberá recaer sobre los trabajadores (art. 6).
- Este RD también estipula las exposiciones accidentales. En estos casos se limitará el acceso a los trabajadores indispensables para realizar operaciones de reparación o los trabajos necesarios. La exposición no será permanente y la duración para cada trabajador sea la necesaria. Facilitar ropa y EPI's e impedir el acceso a aquellos que no estén equipados adecuadamente
En caso de trabajos no regulares en los que pueda incrementarse la exposición, una vez agotadas todas las posibilidades de adopción de medidas preventivas, tras consultar a los trabajadores o sus representantes deberá adoptar las medidas necesarias para evitar la exposición permanente del trabajador, adoptar medidas complementarias en especial EPI's y ropa adecuada, y evitar que personas no autorizadas accedan a la zona de trabajo mediante la delimitación y la señalización (art. 7).
 - El RD también establece la vigilancia de la salud de una forma similar al anterior. El anexo II recoge una serie de medidas en materia de vigilancia sanitaria (art. 8).
 - Se debe facilitar a las autoridades laborales y sanitarias cuando estas lo requieran, la información relativa a evaluaciones de riesgo, las actividades y procedimientos y los motivos por los que se usan agentes cancerígenos, cantidades utilizadas, número de trabajadores expuestos, medidas de prevención adoptadas y los criterios y resultados del proceso de sustitución. Deberá informarse a la autoridad laboral todo caso de cáncer que se detecte por exposición a las condiciones de trabajo (art. 9).
 - El empresario deberá informar sobre:
 - A) Riesgos potenciales para la salud, incluidos los adicionales por consumo de tabaco.
 - B) Precauciones para prevenir la exposición.
 - C) Instrucciones en materia de higiene.
 - D) Utilización de ropa y EPI y las consecuencias de su selección, utilización y empleo.
 - E) Las medidas a adoptar por las personas trabajadoras en caso de incidente y para su prevención.
 - F) La información tendrá en cuenta la evolución de los conocimientos de los riesgos y a la aparición de nuevos.
 - G) Se repetirá periódicamente si fuera necesario.
 - H) Se informará a las personas trabajadoras de las instalaciones y recipientes que contengan agentes cancerígenos.

- I) Los trabajadores afectados y sus representantes serán informados de las causas que dieron a exposiciones accidentales y no regulares.
- J) Los trabajadores tendrán acceso a la información cuando esta les concierna. Los representantes tendrán acceso a cualquier información colectiva anónima.
- Al igual que antes se ampara la participación y la consulta de los trabajadores sobre las cuestiones a las que se refiere este RD.

6.2 Evaluación de riesgos higiénica.

El INSST (2013) indica que para evaluar el riesgo de la exposición a agentes químicos se pueden utilizar métodos cualitativos o simplificados. Pero no para substituir la evaluación cuantitativa sino como una herramienta de apoyo que aportara valor agregado a la evaluación.

Estos métodos pueden ser útiles en fases de diseño de un lugar de trabajo o ante agentes que no disponen de un VLA establecido. De hecho existen diversos métodos cualitativos capaces de evaluar el riesgo teniendo en cuenta las propiedades del proceso, producto, etc.

Sin embargo el presente trabajo se centra en un agente tristemente conocido desde hace siglos y ampliamente extendido en el sector que se estudia. Por eso se excluye el análisis de estos métodos de evaluación y se centra en las evaluaciones higiénicas.

La sílice cristalina es peligrosa para el ser humano al penetrar en el organismo por la vía respiratoria y al poder provocar las enfermedades que se han comentado en apartados anteriores. Cuando el riesgo es por inhalación, la evaluación de riesgos cuantitativa contempla cuatro fases muy claras:

- **Identificación del agente químico peligroso (encuesta higiénica).** En el caso de esta investigación la sílice se utiliza ampliamente en el sector de fabricación de baldosas cerámicas en Castelló con lo cual esta fase ya se da por hecha.
- **Cuantificación (mediciones).** De acuerdo con el artículo 3.5 del Real Decreto 374/2001 se deben realizar mediciones aplicando los métodos más convenientes atendiendo a una estrategia definida en el artículo y que en este caso remite al Real Decreto 39/1997.
- **Comparación de la evaluación con los criterios de valoración (VLA).** Los dos RD mencionados antes hacen hincapié en este punto. Los VLA vienen establecidos en los LEP que publica anualmente el INSST y en este caso también en el anexo III el Real Decreto 665/1997.
- **Adopción de medidas (planificación de la actividad preventiva).** Al menos en aquellos puestos de trabajo en los que se superen los niveles de acuerdo a la legislación y otras normas aplicables.

En el presente apartado se analiza con detalle cómo se efectúan las mediciones para calcular las concentraciones de SCR en el sector cerámico de Castelló y las normas y metodologías que se aplican para compararlo al criterio de valoración.

6.2.1 Identificación de los procesos con sílice cristalina.

La identificación de los riesgos siempre es el primer paso antes de la evaluación, si no es que se ha podido eliminar el riesgo directamente. En el caso de un agente químico peligroso el procedimiento es igual y por tanto hay que identificar los procesos donde se pudiera producir el contacto entre el agente y la persona trabajadora. De esta forma la gestión del riesgo por exposición a SCR no es una excepción y deberá comenzar por detectar dónde puede producirse el contacto.

Por tanto el primer paso antes de la evaluación higiénica como tal será identificar los procesos en un centro de trabajo o actividad. Al desglosar la actividad productiva en procesos será más sencillo detectar aquellos que por sus características presentan focos de emisión que pueden generar exposición a SCR (Madera et al., 2015).

Esta división debe ser exacta y teniendo muy presente que **en un mismo puesto de trabajo o sección pueden llegar a producirse diferentes procesos** que incluso lleguen a confluir entre ellos. En una sección pueden llegar a realizarse los trabajos propios de la sección pero además pueden llevarse a cabo labores de mantenimiento, limpieza, supervisión etc.

Todas las personas trabajadoras de los distintos procesos se verán afectados por los riesgos propios del lugar de trabajo pero las labores propias que realice cada una de estas personas puede generar riesgos específicos. Por ejemplo durante el proceso de limpieza se puede levantar polvo con porcentajes de SCR que supone un riesgo para quién lo ejecuta, pero que no tienen otras personas que trabajan en la misma sección desarrollando otras tareas.

Aparte de la diversidad de trabajos en una misma sección, hay que evaluar adecuadamente cuando **el riesgo de exposición a SCR se puede producir indirectamente sin manipular materias primas con este elemento o sin ser parte de la sección o proceso donde se sitúa**. Hay que tener en cuenta según Cobo y Estébanez (2021):

- La cercanía con el foco emisor de SCR, aspecto que se relaciona con lo comentado anteriormente sobre el diseño y ubicación de las diferentes secciones dentro de una factoría respecto a estos focos emisores.
- Circulación de vehículos como carretillas elevadoras, trabajos de limpieza y otros procesos que pueden levantar polvo y afectar a las personas trabajadoras situadas cerca.
- Ventilación inadecuada o ventilación excesiva que genera corrientes de aire y transporta el polvo y los aerosoles de un lugar a otro.
- Cambios puntuales en las condiciones de trabajo como por ejemplo puertas y ventanas que se abren o cierran generando corrientes.

En aquellos casos en los que exista duda sobre la posible exposición a SCR, se debe tomar una decisión en base a resultados analíticos convenientemente desarrollados. Como se verá después, mediciones en proceso podrían significar una opción para evaluar si un determinado punto del lugar de trabajo tiene concentraciones elevadas de SCR.

A estos elementos hay que sumar otro muy importante: **el tiempo de exposición**. Porque determinará directamente el riesgo al que se expone la persona trabajadora.

En el sector de fabricación de baldosas cerámicas en Castelló se conocen bien las materias primas y los procesos, pero aun así **las FDS pueden ser un instrumento útil** que proporcione información sobre la presencia y las concentraciones de sílice cristalina en una determinada materia prima o producto.

Por tanto la detección y el conocimiento de los diferentes procesos y materias primas utilizadas en la actividad son herramientas fundamentales para identificar correctamente los focos de emisión de SCR.

6.2.2 Fracción respirable.

Los VLA son concentraciones de referencia para agentes químicos en el aire y representan condiciones en las que se cree, según estudios científicos, que no producen efectos adversos para la mayoría de personas trabajadoras que se exponen día tras día durante su vida laboral (INSST, 2021).

Esta concentración de referencia no puede superarse porque entonces sí que podrían producirse consecuencias adversas, aunque dependerá de otros factores como los propios intrínsecos de cada trabajador.

Además los LEP establecen dos VLA diferentes. Uno el VLA-ED que se calcula como la concentración media en la zona de trabajo del operario calculada de forma ponderada respecto al tiempo para una jornada laboral de 8 horas. El otro que se establece es el de Exposición Corta (VLA-EC), calculado como antes pero para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral (INSST, 2021).

Como se decía antes, generalmente el VLA-ED y el VLA-EC son los únicos parámetros que desde el prisma prevencionista se tiene en cuenta para evaluar el riesgo del agente químico. Sin embargo, en algunos agentes independientemente de su estado físico (vapor, humos, nieblas, etc.) existen otras variables físicas que convendría valorar ya que condicionan el riesgo sobre para la salud del trabajador.

Aunque se entrará después con más profusión en este aspecto, es interesante mencionar que, en agentes químicos que se presentan en forma de aerosoles insolubles como la sílice cristalina, el riesgo de este agente también dependerá de otros factores como es **el tamaño de las partículas** (generalmente cuanto más pequeñas más peligrosas), **la morfología, el área**

superficial, la aglomeración, la capacidad de generar polvo o el grado de cristalización (Ribalta, 2019).

Fubini (2001) realizó una recopilación sobre la toxicidad de la sílice cristalina y especificaba que la carcinogenicidad de esta no se había detectado en todas las actividades industriales estudiadas. Indicaba que esta variación de resultados se debía a las diferentes características inherentes de la cristalinidad de los polimorfos de la sílice, como la superficie amorfa, grado de cristalinidad, diámetro de partícula, superficie específica, forma, densidad o propiedades electrostáticas.

Como se ve algunos contaminantes químicos presentes en los lugares de trabajo se pueden presentar como suspensiones de partículas sólidas o líquidas denominadas aerosoles. El tamaño de estas va de entre 0,001 μm y 100 μm (INSST, 2008a).

El tamaño de partícula en el que se manifieste cada agente químico es un dato muy importante porque condicionará **la capacidad de penetración del agente en el cuerpo humano** y por tanto su potencial tóxico.

Porque las partículas que se respiran se introducen en nuestro aparato respiratorio. Muchas quedan retenidas en la zona naso-bucal o acaban depositadas en bronquios y tráquea donde son evacuadas al exterior por expectoración.

Sin embargo el particulado más fino puede alcanzar los alveolos pulmonares (denominado fracción respirable). Al acumularse en el tejido pulmonar, partículas como la sílice cristalina puede ocasionar daños (Gómez Tena et al., 2012).

Al respecto es la norma UNE-EN 481:1995 (AENOR, 1995) la que define a través de los convenios los tamaños de partícula para el muestro en los lugares de trabajo. Para ello establece una relación entre el diámetro aerodinámico (diámetro de una esfera de densidad 1 g/cm³ que tiene la misma velocidad de sedimentación) y las fracciones de aerosol recogidas por el instrumento de muestreo que representan las partículas que penetran, según condiciones promedio, en las diferentes partes del tracto respiratorio (Sousa, nd).

Del aerosol total presente en un lugar de trabajo (tanto soluble como insoluble salvo fibras) la UNE-EN 481 establece la siguiente división en los convenios según el tamaño de partícula y su grado de penetración (INSST, 2006a):

- **Fracción no inhalable:** aquella que llega a entrar en el cuerpo humano vía respiratoria.
- **Fracción inhalable:** la fracción másica de aerosol total que se inhala por la boca o por la nariz.
- **Fracción torácica:** fracción másica de las inhalables que penetran más allá de la laringe.

- **Fracción respirable:** la fracción másica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas. Por su alto grado de penetración en tejidos y órganos como los pulmones, suponen la fracción más tóxica y la que se va a tener en cuenta al valorar el riesgo de la sílice cristalina.
- **Fracción exhalada:** la que es evacuada del cuerpo humano cuando se exhala.

En algunos casos los VLA-ED y/o VLA-EC de algunos agentes químicos que se presentan como aerosoles y que están detallados en el cuadro del capítulo 8 de los LEP que publica anualmente el INSST, están establecidos según la parte del tracto respiratorio en las que el aerosol puede llegar a depositarse y causar un efecto biológico, según el grado de penetración y la clasificación que se ha expuesto y se puede ver en la **figura 22**. (INSST, 2008a).

De esta manera en dicho cuadro de LEP se pueden observar que los VLA de algunos agentes hacen referencia a la fracción inhalable, otros a la respiratoria y existe solo un caso para la fracción torácica.

En la mayoría de aerosoles no se especifica fracción alguna, por lo cual, atendiendo a las directrices del INSST (2008) debe sobreentenderse que dicho VLA hace referencia a la fracción inhalable.

Los convenios se han establecido para evaluar los efectos adversos de un determinado agente en la salud humana. Para realizar dicha evaluación:

- 1- Se debe determinar el agente químico que se va a muestrear porque está presente en el lugar de trabajo.
- 2- Se determina qué fracción le aplica, si es la inhalable, la torácica o la respirable. Observando los LEP se puede concluir cuál de las tres es la exigible.
- 3- Se realiza el muestreo teniendo en cuenta el tamaño de partícula y la fracción que aplica.
- 4- Comparación de los resultados de la evaluación con los VLA correspondientes.

Hasta el momento, en el presente trabajo se ha mencionado muchas veces a la sílice cristalina en general. Pero llegado el momento, **es importante matizar que realmente la fracción de sílice cristalina dañina para el ser humano es la respirable** ya que es la que penetra por el tracto respiratoria hasta llegar a los pulmones donde pueden originarse enfermedades profesionales como la silicosis y el cáncer de pulmón.

La SCR es la que se mide en las evaluaciones higiénicas a través de mediciones con muestreadores específicos y así viene establecido claramente **en los LEP anuales publicados por el INSST en donde toda referencia al VLA de la sílice cristalina aclara que se trata de la fracción respirable.**

Por tanto a nivel preventivo esta fracción respirable es la que adquiere mayor importancia y **la que se analizará y se tendrá en cuenta a la hora de realizar las evaluaciones higiénicas y la planificación de las actividades preventivas.**

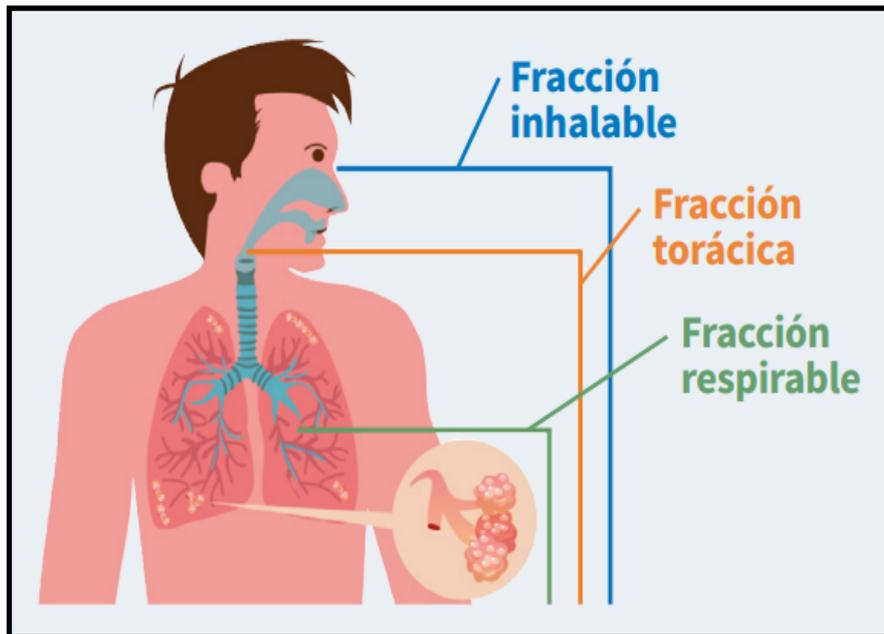


Figura 22. Grado de penetración de los aerosoles insolubles en función del tamaño de partícula. Fuente: INSST 2019.

Antes se había comentado que en la evaluación higiénica solo se tenía en cuenta la concentración, pero como se observa la realidad es que **dicha concentración es sobre la fracción respirable** que es la realmente peligrosa para el ser humano. Por tanto, en realidad, en el caso de la SCR **también se tiene en cuenta el tamaño de partícula.**

Para establecer el tamaño de partícula respirable se recurre a los convenios establecidos en la norma para las tres fracciones (inhalable, torácica y respirable) según la UNE-EN 481. Dichos convenios han ido variando en el tiempo y se han desarrollado tras la realización de diversos estudios científicos.

Para ello se establecieron las distribuciones por tamaño de partícula de los aerosoles. Se observó que las distribuciones normales eran propias de los aerosoles casi monodispersos (con tamaño de partículas similares) mientras que las logarítmico-normal se ajustaban mejor a los polidispersos (tamaños de partícula diferentes) al presentar desviaciones típicas mayores si se comparan con la media (INSST; 2006b).

En los lugares de trabajo predominan los aerosoles polidispersos y se considera que la mejor caracterización es aquella definida en una distribución logarítmico-normal acumulada y cada fracción vendrá caracterizada por su mediana y por su desviación típica geométrica (INSST; 2006b).

Esta caracterización presenta sus limitaciones ya que la fracción inhalable en los muestreos que se realicen dependen de la velocidad y dirección del aire, cadencia respiratoria de la

persona, si la inhalación es por la nariz o la boca (INSST, 2006a), movilidad del trabajador o repetitividad (INSST, 2013).

Otra inconveniente es el hecho de que las partículas superiores a 100 μm no se consideren parte de la fracción inhalable, cuando estas podrían inhalarse en exposiciones cara al viento y sobre todo con velocidades de este superiores a 4 m/s. O el hecho de que particulado muy fino puede considerarse parte de la fracción respirable ya que teóricamente va a depositarse en las vías respiratorias no ciliadas, pero en la realidad debido a su tamaño acaban siendo exhaladas por el individuo (INSST, 2006a).

Sin embargo los convenios sobre las distintas fracciones comprendidas en la UNE-EN 481 y la distribución logarítmico-normal es ampliamente usada en las evaluaciones higiénicas ya que es la que más se ajusta a la realidad al relacionar el tamaño de partícula con la capacidad de penetración de las partículas. En la **figura 23** se puede observar la representación gráfica de dicha distribución.

Según esta gráfica se puede deducir que la fracción inhalable comprende las partículas menores de 100 μm , la torácica contempla las inferiores a 35 μm y por último la fracción respirable incluye las partículas menores a 10 μm (Sílice y salud, 2019) aunque hay diámetros aerodinámicos ligeramente superiores que entrarían dentro de esta última aunque en porcentajes mínimos.

Para la SCR la fracción verdaderamente importante desde el punto de vista prevencionista es la respirable, pero la duda que surge **es cómo determinar que diámetros aerodinámicos están dentro de esta fracción.**

Porque por ejemplo en partículas con diámetro de 11 μm , un 24,2% de las partículas no se inhalan, el 75,8% forman parte de la fracción inhalable, el 42,1% de la torácica y el 0,7% de la respirable (Sousa, nd). Un ligero vistazo a la gráfica de la **figura 23** revela que, aproximadamente solo el 10% de las partículas de 7 μm estarían dentro de la fracción respirable.

Para aclarar esta situación se establecen los mencionados convenios en la UNE-EN 481, de tal manera que el de la fracción respirable corresponde a una distribución logarítmica normal acumulativa con una mediana de 4,25 μm y una desviación geométrica de 1,5 (INSST, 2006b). El 50% de las partículas de este tamaño llegarían a las vías respiratorias no ciliadas y al disminuir los radios aerodinámicos este porcentaje seguiría creciendo.

A efectos prácticos el diámetro aerodinámico de SCR en las evaluaciones higiénicas es aquel comprendido por debajo de los 4,25 μm aunque depende del tipo de medición como se analizara a continuación. Por tanto a la hora de las evaluaciones higiénicas las concentraciones de SCR que se comparan con el VLA-ED se calculan a partir de los aerosoles iguales o menores a dicho diámetro.

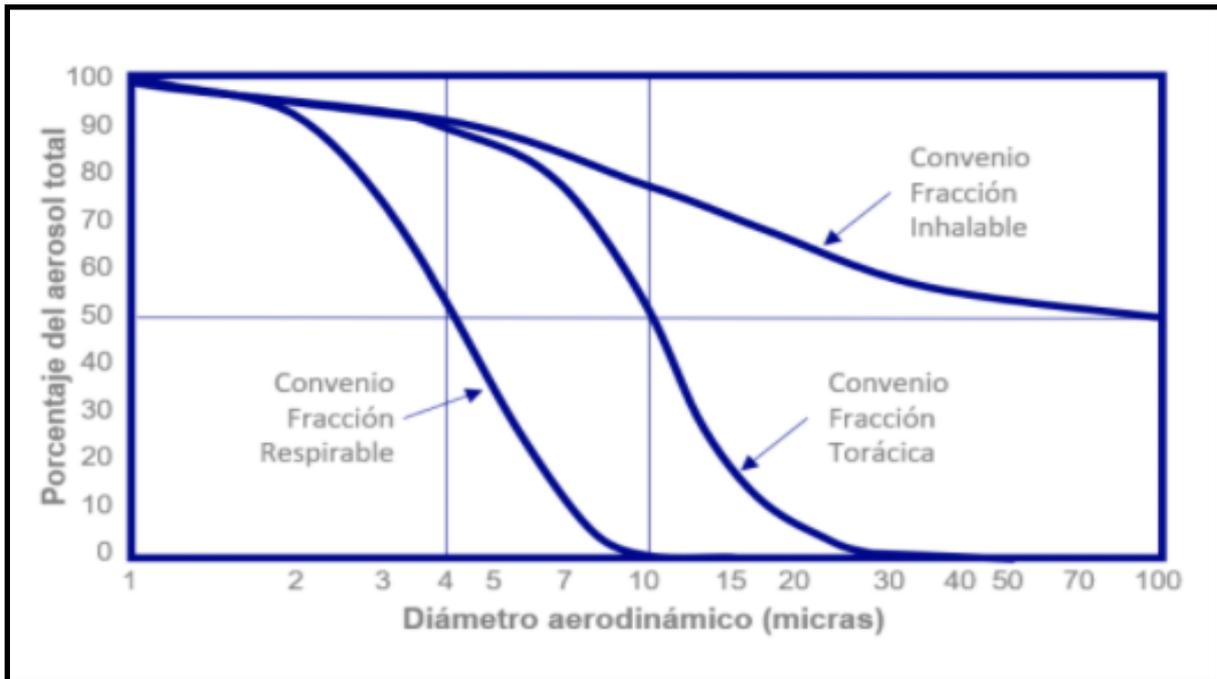


Figura 23. Distribución logarítmico-normal para los diferentes tipos de fracciones según los convenios establecidos en la norma UNE-EN 481. Fuente: Sílice y salud, 2019.

6.2.3 Mediciones.

Se han identificado los focos de emisión y en base a unos convenios se ha determinado el tamaño de partícula que puede resultar peligroso y que por tanto hay que muestrear. De esta manera se sabe qué se quiere medir y el siguiente paso es diseñar una estrategia para especificar dónde se van a efectuar concretamente dichas mediciones.

Rodríguez y San Félix (2020), técnicos de Unimat y el ITC respectivamente, explican en el documento “Servicio integral para el diagnóstico y control de la gestión de la SCR en plantas industriales” el procedimiento de planificación y ejecución de las mediciones que aplican en las evaluaciones higiénicas que están realizando en el sector cerámico de Castelló.

Para determinar los puntos de muestro se puede recurrir a datos históricos para deducir en qué procesos ya se han realizado. Si no existe esta información, técnicos propios de la compañía junto a otros de un SPA si fuera necesario, realizarían un análisis y una evaluación para determinar dónde realizar las mediciones en base a la identificación anterior.

Para ello se debe tener en cuenta la asignación de tareas a cada trabajador y los tiempos de exposición. De acuerdo a UNE-EN 689:2019 se deben constituir los Grupos de Exposición Similar (GES) como se detalla más adelante.

Hay que verificar también el mantenimiento preventivo, es decir, que los equipos de trabajo funcionan adecuadamente y las condiciones son las habituales (Rodríguez, nd).

El documento de Rodríguez y San Félix (2020) y conversaciones con David Rosell (2021a) indican que se están realizando dos tipos de mediciones simultáneamente:

- Mediciones higiénicas personales.
- Mediciones de proceso (meramente informativas).

La norma UNE-EN 689 (sobre 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) determina que las mediciones deben ser de al menos el 25% de la jornada laboral y dependerá de la fluctuación de las condiciones. Suponiendo que la jornada laboral es de 8 horas la duración del muestreo será:

- Si las condiciones son constantes la duración del muestreo será de al menos dos horas.
- Si estas son variables deberán ser superiores a dos horas y lo más próximas a las ocho de la jornada laboral.
- Si la exposición a SCR es menor a dos horas entonces el muestreo se extenderá durante todo ese periodo de tiempo.

Los requisitos que estipulan la adecuada realización de las mediciones vienen recogidos en la norma UNE-EN 482, sobre exposición en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medida de los agentes químicos.

Las mediciones, al tratarse de SCR, serán en principio sobre la fracción respirable y deben registrarse las incidencias y las operaciones que se lleven a cabo durante la medición para interpretar mejor los resultados.

Una vez realizadas en un laboratorio de análisis se debe determinar gravimétricamente la concentración de fracción respirable de cada medición y sobre ella calcular el contenido de SCR.

A modo de resumen, sobre las mediciones a realizar el INSST (2013) señala que:

...deben establecerse unos requisitos mínimos de representatividad de las mediciones, justificando el número y tiempo de duración de las muestras, su ubicación, el número de trabajadores a muestrear y el número de jornadas durante las que se van a realizar las mediciones. También el posterior tratamiento de los datos y las posibles conclusiones de valoración (p.80).

6.2.3.1 Mediciones higiénicas personales.

Son las mediciones en las que **se calcula la concentración a la que se expone una persona trabajadora en el transcurso de su jornada laboral**. Por eso el muestreador se coloca en la zona de respiración, generalmente en la solapa de la camisa lo más cerca posible del cuello. Así se calcula la concentración de agente que puede aspirar el individuo.

Los equipos de medición se dividen en tres partes:

- **Muestreadores:** que seleccionan la fracción de partículas (inhalable, torácica o respirable) que son de interés según el agente y el VLA-ED. En muchos casos se trata de pequeños ciclones, impactadores y elutriadores. Según INSST (2007) no existe un muestreador ideal, pero la mayoría de ciclones suelen ser efectivos para capturar la fracción respirable.
- **Elemento de retención:** es el elemento donde se recogen las partículas. Dependiendo del agente y el método de cálculo gravimétrico el material de este elemento puede cambiar.
- **Bomba:** regula el caudal del muestreo. Debe ser constante antes y después de la toma de muestra. Variaciones del 5% de este caudal propiciarían la no validez del muestreo. Mediante la regulación del caudal de la bomba y junto a las propiedades del muestreador se logra obtener la fracción deseada (INSST, 2007).

La duración del muestreo dependerá del caudal de la bomba, del VLA-ED de agente que se mide y del límite de detección que hay que consultar con el laboratorio que analizará la muestra (INSST, 2019).

En la evaluación higiénica para calcular la concentración de SCR en la empresa del sector comentada en un apartado anterior, se observa que para las mediciones higiénicas personales se emplearon ciclones con un caudal de 2,2 l/min y la duración de los muestreos fue de 4 horas aproximadamente.

Tal y como se ha indicado antes, en el caso de la sílice cristalina hay que medir la fracción respirable. Teniendo en cuenta los convenios comentados en el apartado anterior determinados en la norma UNE-EN.481, hay que utilizar equipos capaces de retener los aerosoles con un diámetro aerodinámico igual o inferior a 4,25 μm .

Para tener claros y conocer los requisitos específicos de los instrumentos que se emplean para la medición de las concentraciones de aerosoles se debe consultar la norma UNE-EN 13205 (INSST, 2006b).

6.2.3.2 Mediciones de proceso.

Se trata de muestreos en estático, en los que **se mide la concentración de un contaminante en un punto concreto o en una zona del lugar de trabajo** (ver figura 24). No se pretende conocer la exposición individual de una persona, **sino detectar puntos críticos en procesos concretos** (prensa, salida del secadero, almacén, etc.).

Los medidores de proceso son en continuo y proporcionan valores medios e instantáneos aunque pueden producirse desviaciones en función de cambios en las condiciones mientras se realiza las mediciones (Rodríguez, nd).

Según Rosell (2021a) con esta modalidad se miden PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_4 (fracción respirable según convenio) y también las PM_{10} para obtener más información sobre la presencia de polvo en el ambiente. Luego mediante una aproximación se calcula el % de SCR.

Una de las ventajas de este tipo de mediciones es la inmediatez en la obtención de información, en comparación con las mediciones higiénicas personales que pueden tardar semanas (Rosell, 2021b).



Figura 24. Medición de proceso en la salida de un horno cerámico. Fuente: Rodríguez, nd.

6.2.3.3 Mediciones en continuo.

Algunas compañías han adquirido sus propios equipos para conocer mejor la realidad en sus instalaciones a través de mediciones de proceso. Pero otras firmas ajenas al sector cerámico están sabiendo innovar y adaptarse a los cambios para ofrecer soluciones integrales que ayuden a prevenir la exposición laboral a SCR.

Un ejemplo es la compañía de ingeniería industrial INGESOM que ha creado un sistema denominado “SCR Control” **que permite medir en continuo el polvo en suspensión y calcular la SCR** en base a una estimación tomando como guía las mediciones reglamentarias realizadas anteriormente por el SPA.

El equipo consta de sensores que se ubican en zonas críticas de exposición, de una aplicación informática que mide PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_4 y PM_{10} y por último una página web donde se lleva el control y el seguimiento ininterrumpido.

Además también se puede incorporar videovigilancia. En una comunicación con Óscar Benavent, gerente de INGESOM, indica sobre este curioso sistema que:

“...realizamos grabaciones en continuo de los distintos puntos donde hay medidores. Cuando un medidor detecta un pico de polvo, guardamos el video desde 15 minutos antes hasta 15 minutos después de ese instante. De este modo, cuando el supervisor analiza las anomalías que han sucedido, tiene información visual de lo que realmente ha sucedido: Un operador ha barrido la zona, o un operario se ha "soplado" con el aire comprimido... o sencillamente que hacía mucho viento y una puerta estaba abierta...”

Algunas empresas han adquirido e implantado “SCR control” en sus instalaciones y otras lo han alquilado por periodos de varios años para así poder llevar un control de la emisión de polvo y SCR (Benavent, 2021).

Al igual que sucede con las mediciones de proceso, las mediciones en continuo no tienen una validez reglamentaria, pero permiten llevar un control sobre las emisiones de SCR y detectar cualquier posible desviación e incidencia de una forma directa e instantánea.

6.2.4 Interpretación de los resultados.

Una vez finalizadas las mediciones el siguiente paso no consiste en dividir los resultados en dos categorías. La primera, para las mediciones que no superan el VLA y por tanto la exposición calculada no es peligrosa para el trabajador, y la segunda, para las que sí exceden este VLA y por tanto suponen un riesgo.

En realidad existe todo un procedimiento detallado y complejo para determinar el número de mediciones a realizar y sobre todo para actuar en función de los resultados. No solo no hay dos categorías, sino que en realidad la interpretación de los resultados es variable en función de estos.

Se procede así porque, **al realizarse generalmente unas pocas mediciones, las normas establecidas señalan que hay que actuar incluso en casos en los que las concentraciones superan ligeramente el 10% del VLA.**

Este nivel de exigencia es **para garantizar que en cualquier otra jornada laboral no se supere el criterio de valoración concreto.** Dicho de otra manera, al realizar mediciones suele ser habitual que se produzcan disparidad de resultados, por lo que históricamente se han elaborado procedimientos de muestreos, para que, con una cantidad pequeña de mediciones se pudiera garantizar (aceptando un riesgo de error conocido) que no se superaba el VLA establecido.

Este es el motivo por el que un resultado es conforme si no se supera el 10% del VLA; porque de esta manera, si en unas pocas mediciones no se supera dicha concentración (10 veces

menor al VLA) será complicado que en algún momento se supere, aunque existe esa posibilidad y se asume un margen de error.

Para ello el INSST propuso una metodología a través de la guía que desarrolla el Real Decreto 374/2001, que se basó en la norma UNE-EN 689:1996. No obstante en 2019 se produjo una revisión y aprobación de una nueva versión de esta norma que presenta cambios substanciales respecto a la versión anterior.

Sin embargo **en estos momentos ambas metodologías serían válidas** y una empresa podría recurrir a cualquiera de las dos, según indica Virgilio Elías Rodríguez, coordinador técnico de Unimat Prevención, autor de diversos documentos y conferencias sobre la SCR en el sector cerámico de Castelló y experto en esta norma.

El motivo de la validez del procedimiento contemplado en la guía del Real Decreto 374/2001, es que, aun estando basado en la versión antigua de la norma, la propia guía sigue vigente en el momento en el que se redacta este trabajo de investigación y por tanto también siguen vigentes los procedimientos contenidos en ella. **Hasta que no se publique una nueva versión de la guía recogiendo los cambios en la norma UNE-EN 689, ambos métodos son aplicables** (Rodríguez, 2021a).

6.2.4.1 Guía Real Decreto 374/2001 (Norma UNE-EN 689:1996).

Como se ha visto en el apartado 4.2.1 algunas evaluaciones higiénicas se comparan con los VLA-ED, mientras que otras con la ED_r que se describe en INSST (2013) a partir de la norma UNE-EN 689:1996 (AENOR, 2019).

Como se indicaba antes la ED_r se calcula con el siguiente cociente:

$$ED_r = \frac{ED}{VLA - ED}$$

Donde:

ED= Exposición diaria. Es el valor obtenido en la medición que corresponde a la concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas.

VLA-ED= se obtiene del LEP que edita cada año el INSST.

Según INSST (2013) se decide y se actúa según el resultado obtenido, de la siguiente manera:

- Si $ED_r \leq 0,1$; el valor es aceptable e improbable que se supere el valor en cualquier otra jornada.
- Si $ED_r > 1$; valor inaceptable. Significaría que se supera el VLA-ED y deben tomarse medidas.

- Si $0,1 < EDr \leq 1$; deberán tomarse dos valores más ED para disponer de al menos 3 en total y seguir de la siguiente forma:
 - Si los tres $EDr \leq 0,25$; la exposición es aceptable.
 - Si al menos un $EDr > 1$; la exposición es inaceptable y debe corregirse.
 - Si los tres $EDr \leq 1$ pero alguno es $> 0,25$; se calcula la Media Geométrica (MG):

$$MG = \sqrt{EDr1 \cdot EDr2 \cdot EDr3 \dots EDrn}$$

- Si $MG \leq 0,5$; la situación es aceptable con mediciones periódicas.
- Si $MG > 0,5$; se llega a una indeterminación y no hay una conclusión clara. Se puede escoger obtener una nueva EDr (si no es muy superior a la MG y la desviación estándar geométrica no supera 1,5) o también se puede optar por implantar medidas en el puesto de trabajo y realizar una nueva evaluación.
- El periodo inicial de mediciones se establece en 16 semanas. Después puede modificarse según los resultados:
 - Si el $EDr \leq 0,25$; la siguiente medición será a las 64 semanas (un año aproximadamente).
 - Si $0,25 < EDr \leq 0,5$; la siguiente medición se realizará en 32 semanas (semestral).
 - Si $0,5 < EDr \leq 1$; la siguiente medición se realizará en 16 semanas (cuatrimestral).

El método del INSST (2013) incluye evaluaciones obteniendo más de 6 mediciones y calculando la distribución logarítmico normal. Posteriormente se establecen zonas según los resultados obtenidos y se determina si son aceptables o inaceptables.

6.2.4.2 Norma UNE-EN 689:2019.

Como se ha dicho antes en 2019 se aprobó la última versión de la norma UNE-EN 689 (AENOR, 2019). Entre los cambios y mejoras de esta nueva edición, destacar según Castejón (2019a):

- Mejor definición de los aspectos generales para obtener mediciones representativas.
- Se constituyen los GES en función de los procesos, condiciones de trabajo, frecuencia, experiencia, etc. (Cañavete 2019). Un GES es un grupo de personas trabajadoras que comparten un patrón similar de exposición y su conformación debe ser adecuada respecto al proceso que se quiere evaluar. Ahora, en lugar de realizar mediciones individuales a las personas trabajadoras como se hacía, se constituyen grupos de personas trabajadoras que comparten unas condiciones similares con lo que los resultados serán más representativos y facilitará la adopción de estrategias de prevención. El método asume un margen de error fruto de la heterogeneidad del grupo.

- Aumento en el número de mediciones. En la versión de 1996 con una medición era suficiente y ahora la norma exige al menos tres.
- Mejor interpretación de los resultados obtenidos.
- Nuevos criterios para determinar la periodicidad de las mediciones.

Con datos de Álvarez (2019) y Cañavete (2019), a grosso modo la metodología de la nueva norma será la siguiente:

- Los muestreos deben durar al menos dos horas ocupando los periodos de exposición. Si la exposición es menor a dos horas se abarcará el total de la exposición.
- Los días en el que se realicen las mediciones y los GES deben ser representativos, por lo que es preciso realizar las evaluaciones en diferentes días y momentos.
- Se toman tres mediciones a modo de prueba preliminar.
- Se deben evaluar con la información tomada durante la medición para corroborar que se tomaron ante condiciones normales. Valores altos o bajos podrían significar errores en la medición.
- Si en una de las el $VLA-ED^8 > 1$; el resultado es no conforme.
- Si en las tres el $VLA-ED \leq 0,1$; entonces el resultado es conforme.
- Si en una de las tres el $VLA-ED > 0,1$; se debe realizar otra medición.
- Si en las cuatro el $VLA-ED \leq 0,15$; entonces el resultado es conforme.
- Si en una de las cuatro el $VLA-ED > 0,15$; se debe realizar otra medición.
- Si en las cinco el $VLA-ED \leq 0,2$; entonces el resultado es conforme.
- Si en una de las cinco el $VLA-ED > 0,2$; de la prueba preliminar se pasa a una prueba estadística compuesta por al menos una medición más hasta completar no menos de 6. También pueden descartarse las pruebas preliminares y realizar nuevas mediciones hasta completar las 6 indicadas.
- Se calcula el intervalo de confianza de la probabilidad de superar el $VLA-ED$ a través de una distribución logarítmico-normal.
- Se determinará si la distribución es adecuada y la consistencia de los GES en base a los resultados obtenidos.
- El objetivo es realizar pruebas estadísticas para concluir que el 95% de las mediciones del GES están por debajo del VLA con un grado de confianza del 70%.
- Para determinar la periodicidad de las mediciones dependerá de los resultados. Se pueden aplicar dos métodos de cálculo y la realización de las mediciones variará de uno a tres años.

6.2.4.3 Criterios técnicos del INVASSAT sobre la exposición laboral por vía inhalatoria.

6.2.4.3.1 Disposiciones generales.

⁸ En Álvarez (2019), al explicar dicho procedimiento se utiliza tanto el $VLA-ED$ como el EDr .

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

En julio de 2021 varias personas técnicas del INVASSAT y de SPA crean una serie de criterios técnicos plasmadas en el documento “Exposición laboral por vía inhalatoria a agentes químicos cancerígenos o mutágenos”.

El objetivo de este trabajo **es establecer unos criterios técnicos para determinar a qué puestos de trabajo, secciones, etc. le son de aplicación las disposiciones establecidas en el RD 665/1997 en función de la presencia o no del agente químico en cuestión.**

Se trata de los primeros criterios técnicos relacionados con la incorporación de la SCR en el mencionado RD, mientras el INS y el INSST preparan una guía al respecto según se desprende del preámbulo del Real Decreto 1154/2020.

En conversación telefónica con Virgilio Elías Rodríguez, que además de coordinador técnico de Unimat Prevención y autor de diversos documentos sobre la SCR, ha participado en la redacción de estos criterios del INVASSAT, la “parcelación” de un centro de trabajo para determinar la aplicación del Real Decreto 665/1997 se basa en el concepto de “agente involucrado” que se determina a partir de dos parámetros:

- **Presencia** o no del agente en una sección o puesto de trabajo determinado.
- **Detección** o no de este a través de las mediciones higiénicas personales.

Los criterios técnicos -apunta Rodríguez- **son una interpretación del Real Decreto 665/1997** y de su guía técnica que surgen del consenso del INVASSAT y varios SPA. Son unos criterios que **pueden implementar las empresas de la Comunitat Valenciana y será la Inspección de Trabajo y Seguridad Social quién a través de un seguimiento determine su idoneidad** (Rodríguez, 2021a).

La aplicación de estos criterios está avalada por el apartado B del art. 5.3 del Real Decreto 39/1997, al ser un documento del INVASSAT y al ser este una institución competente de una Comunidad Autónoma.

Más allá de la Comunitat Valenciana será cada organismo dedicado a la PRL en cada Comunidad Autónoma quién, si lo considera oportuno, adapte esta monografía o redacte la suya propia teniendo en cuenta la idiosincrasia laboral en sus respectivos territorios (Rodríguez, 2021a).

Entrando en el análisis de los criterios, estos parten de unas premisas elementales:

- Las disposiciones del Real Decreto 665/1997 hacen referencia a personas **que estén o puedan estar expuestas a agentes cancerígenos o mutágenos como consecuencia de su trabajo y las medidas contempladas en su articulado se aplicarán siempre que se utilice un agente cancerígeno.**

- Consecuentemente la mera presencia en un ambiente laboral de un agente cancerígeno significa la aplicación del RD.
- Dicha presencia solo podrá descartarse, **tras evaluación higiénica**, en aquellos puestos de trabajo o secciones **no involucradas directamente en las actividades a las que hace referencia** el art. 1 del RD mencionado.
- En los puestos de trabajo o secciones que **sí estén involucradas en dichas actividades**, no podrá descartarse la presencia del agente incluso aunque así lo indiquen las mediciones.

Con lo cual la identificación cualitativa según INVASSAT (2021b) se resume de la siguiente manera:

- Puestos involucrados directamente con el agente: **Siempre existe presencia de este aunque no se detecte en las mediciones.**
- Puestos no involucrados directamente con el agente: **No debe descartarse la presencia del agente pero esta deberá detectarse y valorarse en las mediciones que se efectúen.**

Tras realizar las mediciones, independientemente de que se trate de secciones que estén involucradas o no, a efectos prácticos se realizará la siguiente distinción:

- **Presencia con detección:** cuando en los muestreos se ha encontrado su presencia independientemente de la concentración.
Para verificar el funcionamiento adecuado de las medidas preventivas **las mediciones entre otras cosas no deberán superar los tres años** (INSST, 2017) aunque debe analizarse adecuadamente. El criterio recomienda seguir la norma UNE-EN 689:2019.
- **Presencia sin detección:** las mediciones no han hallado presencia del agente en cuestión al estar el agente por debajo del límite de detección, pero no puede descartarse su presencia ya que se sabe que en el puesto de trabajo o en sus procesos, según la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo (INSST, 2017):

«...se emplea como materia prima, se fabrica, se genera como producto intermedio, residuo, impureza o por reacción no deseada o se forma o interviene por cualquier motivo en el proceso laboral básico y las actividades relacionadas con él (mantenimiento, manutención, almacenamiento, reparación, etc.) (...) se utiliza, se forma o se libera al ambiente en el transcurso de las actividades no ligadas al proceso laboral básico (limpieza, desinfección, obras y modificaciones, etc.) (...) se almacena de forma temporal o permanente en los lugares de trabajo» (p. 12).

Las **mediciones iniciales al GES** en este caso serán de tres en turnos o jornadas diferentes pero consecutivas. **Anualmente se deberá realizar una medición** que garantice la presencia sin detección.

- **Sistemas cerrados y estancos preferiblemente con presión negativa:** aunque no se anula la opción de una exposición durante una avería o fuga, se entiende que fuera del

sistema no hay exposición al agente químico. Deben seguirse las instrucciones del RD y de la INSST (2017) para garantizar el funcionamiento del sistema.

En los puestos con presencia con detección aplica como es lógico el Real Decreto 665/1997. En los que hay presencia sin detección el criterio abre la posibilidad de que **no se tenga que facilitar EPR, así como de descartar el riesgo de contaminación y las medidas para prevenirlo establecidas en el art. 6.1 del RD**, aunque este último apartado estaría sujeto a una evaluación y análisis concreto de la situación.

En este caso serían aplicables las medidas desglosadas en el art. 5.5 del RD y la presencia sin detección debería verificarse que se mantiene en el tiempo a través de evaluaciones higiénicas periódicas.

El criterio también establece la posible influencia de las secciones donde hay presencia de un agente cancerígeno respecto a otras donde no existe dicha presencia, por ejemplo, porque las corrientes de aire mueven al agente por entre las secciones del lugar de trabajo.

La zona con presencia conocida se denomina **zona sucia** y se establecen las siguientes tres opciones:

- **Zona sucia no está aislada:** se considera que están afectados todos los puestos de trabajo fuera de esta zona y próximos. Se asume la presencia del agente aunque no se detecte y se establecen los siguientes casos:
 - No se realizan mediciones: igual nivel de exposición que en la zona sucia.
 - Se mide y no se detecta: presencia sin detección
 - Se mide y se detecta: presencia con detección.
- **Si no hay aislamiento de la zona sucia pero los puestos de trabajo están alejados varias decenas de metros⁹** no se considerarán afectados por esta, si se demuestra que además del alejamiento:
 - No se utiliza el agente (no hay presencia).
 - Se mide y no se detecta (no hay detección).
 - Organizativamente son zonas independientes y el personal de estas secciones no accede a las zonas sucias.
- **Zona sucia aislada:** se considera que el resto de secciones no están afectadas siempre que el sistema de aislamiento sea adecuado preferiblemente por compartimentación física aunque se pueden usar por ejemplo cortinas de aire. Si se sospecha que pueda haber algún intercambio entre secciones se deberá asumir la posible presencia y se deberá medir.

⁹ Rodríguez (2021a) señala que a partir de 20 metros se consideraría un alejamiento adecuado, pero se deben cumplir las otras condiciones especificadas en este apartado.

Tabla 10. Resumen de las zonas según los criterios de INVASSAT. Fuente: Elaboración propia a partir de INVASSAT, 2021b; Rosell, 2021c y Rodríguez, 2021a.

	Presencia con detección	Presencia sin detección	No afectadas
Presencia SCR en muestreos	Sí se detecta	No se detecta, pero no se descarta presencia	No se detecta y se descarta presencia
Sist. cerrados y estancos	-	-	Sí, con requisitos
Respecto zona sucia	(se considera zona sucia)	(se considera zona sucia)	(no es zona sucia)
No aisladas zonas próximas	No hay mediciones o sí las hay y se detecta SCR	No se detecta	-
Aisladas zonas próximas	-	-	Sí, si el aislamiento es adecuado.
No aisladas zonas alejadas	-	-	Ni presencia ni detección. Trabajadores no tienen contacto con zona sucia
¿Aplica RD 665/1997?	Sí	Si, se puede prescindir art. 6.1 según tarea.	No
EPR	Sí	No	No
Mediciones	≤ 3 años (INSST, 2017); se aconseja UNE-EN 689:2019	Periodo no superior a un año	Periodo no superior a un año

Los pasos para poner en práctica estos criterios, serían:

- Realizar mediciones en todas las secciones del centro de trabajo. En función de los resultados y la evaluación se establecen las secciones con presencia con o sin detección así como las secciones no afectadas (en rojo en la tabla 10).
- Las secciones con presencia independientemente de que el agente se haya detectado o no, se declaran zonas sucias.
- El siguiente paso es realizar el análisis de cómo pueden afectar las zonas sucias a secciones declaradas como no afectadas.
- En función de la lejanía de la sección y de la compartimentación/cerramiento de la zona sucia, se reclasifican las secciones inicialmente no afectadas, dividiendo de nuevo estas como zonas de presencia con o sin detección y zonas no afectadas (en amarillo en la tabla 10).
- Una vez clasificadas todas las secciones en las tres zonas, primero en función de la medición directa y segundo en base a la influencia de las zonas sucias, se establecen los criterios de aplicación del Real Decreto 665/1997, mediciones, etc. (en verde en la tabla 10).

6.2.4.3.2 Anexo SCR.

Aparte de las disposiciones que se han indicado en el apartado anterior el criterio incorpora un anexo concreto para la SCR, entre lo que destaca:

- Se debe proporcionar EPR P3 o autofiltrantes FFP3. El criterio especifica los EPR válidos para evitar la exposición a SCR.
- Se tiene que utilizar ropa que no retenga el polvo. Si esta no es desechable habrá que facilitar ropa limpia de forma diaria. La limpieza de esta deberá recaer en la propia empresa.
- Se determinan los elementos para la vigilancia de la salud.
- Se especifican los métodos de muestreo válidos según el INSST, el tiempo de duración de estos, tipos de muestreador, bombas de muestreo, etc.
- Se señala que las operaciones de mayor riesgo son aquellas que generan fractura del material que contiene SCR (pulido, corte, trituración, etc.) precisamente por las propiedades superficiales que adquiere la partícula (distribución superficial de los grupos silanol).
- Sobre la limpieza se indica que cuando se haya trabajado con SCR hay que hacer limpieza general incluidos techos y paredes. Los métodos de limpieza serán por aspiración o en húmedo. Se evaluará el uso de EPR durante estas operaciones. Se indican normas y estándares sobre métodos de limpieza dependiendo de cada situación que la requiera.
- Se desglosa una serie de puntos que deben formar parte de la formación e información al trabajador. Se sugieren jornadas de refresco cada dos años.

- Se detallan una serie de medidas preventivas teniendo en cuenta los sectores productivos, incluido el cerámico.

6.2.4.4 Mapeo.

Una técnica que están aplicando algunas empresas del sector de baldosas cerámicas de Castelló es la de mapear los resultados de las mediciones higiénicas personales y de proceso tras el ajuste de estas.

Las diferentes secciones se colorean en función de los resultados facilitando la visualización de la situación por secciones y a la vez generando una sensación de conjunto. En algunos casos esta herramienta podría ayudar a obtener conclusiones y a establecer medidas de prevención.

Como se observa en el caso concreto de la **figura 25**, se utilizan intervalos en función de la EDr, al parecer aplicando en este caso los criterios de la norma UNE-EN 689:1996. A partir de aquí se colorean las secciones y se confecciona el mapa.

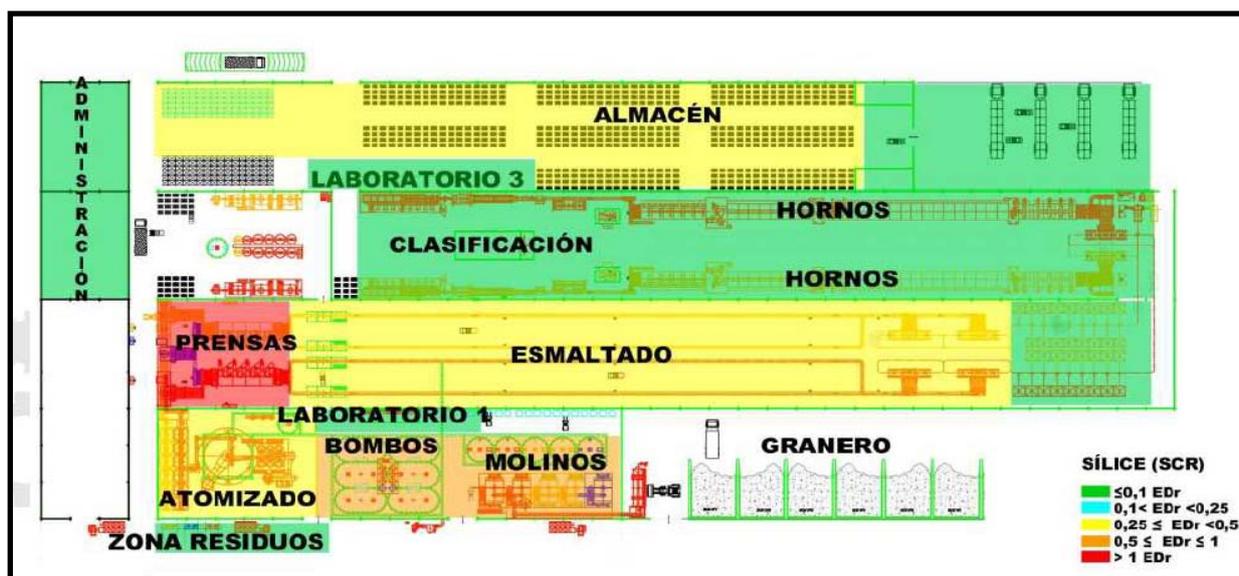


Figura 25. Mapeo de los resultados de unas mediciones de SCR en una empresa de baldosas cerámicas de Castelló. Fuente: Rodríguez, nd.

En función del criterio o norma que se aplique el mapa puede cambiar ligeramente. Por ejemplo si se observa la tabla 10 se puede ver como a raíz de los criterios técnicos del INVASSAT se distinguen zonas según la presencia y la detección de SCR:

- Presencia con detección.
- Presencia sin detección.
- No afectadas.

Algunas empresas están asignando colores a cada zona y mapeando en función de estos criterios. De una manera sencilla y rápida el mapa señala en qué zonas hay que cumplir las

disposiciones según la clasificación; por ejemplo, en qué zonas es aplicable el Real Decreto 665/1997 en su totalidad y en que zonas no.

6.2.5 Revisión de las evaluaciones de riesgos

De acuerdo con el Real Decreto 374/2001, la evaluación de riesgos se revisará:

- **Cuando se produzcan modificaciones en las condiciones existentes** en el momento que puedan aumentar el riesgo invalidando los resultados de dicha evaluación, como pueden ser las circunstancias desglosadas en el art. 4.2 del Real Decreto 39/1997: Cuando se incorporen nuevas tecnologías, equipos de trabajo, substancias o compuestos químicos o por el acondicionamiento de los lugares de trabajo. También las modificaciones podrían referirse a **cambios en las características y el estado biológico del trabajador** (INSST, 2013) o en Hay que mencionar que el art. 16.2 del Real Decreto 39/1997 es más genérico e indica que la revisión se efectuará cuando cambien las condiciones de trabajo en general sin que implique de por sí un aumento de los riesgos.
- **En los casos especificados en el art. 6.1 del Real Decreto 39/1997:**
 - Cuando lo establezca una disposición específica.
 - Cuando se hayan detectado daños sobre la salud de las personas trabajadoras.
 - Cuando se aprecie que las medidas adoptadas no son adecuadas (porque así lo indican las mediciones higiénicas, o los resultados de la vigilancia de la salud, o las inspecciones periódicas en el centro o las observaciones periódicas de los procedimientos de trabajo).
- **Periódicamente, según se acuerde entre empresa y representantes de los trabajadores.** Dependerá de la naturaleza y gravedad del riesgo y la posibilidad de que este se incremente por causas que pasen inadvertidas o por el deterioro de los elementos del proceso por el paso del tiempo.

INSST (2013) indica que **la revisión de la evaluación no hace referencia a las mediciones** (que quedan incluidas como actividades preventivas) sino a la:

...revisión de la evaluación de los riesgos que permita detectar o reevaluar causas y factores desapercibidos o que hayan variado con el tiempo, con el objetivo de verificar la idoneidad de las medidas preventivas implantadas o, si es necesario, implantar nuevas medidas o modificar las existentes (p. 27).

El Real Decreto 374/2001 también aborda la periodicidad de las revisiones sin establecer una pauta clara, pero señalando que la periodicidad debe depender del proceso productivo y los efectos a la salud del contacto con el agente.

Sobre la revisión de la evaluación de riesgos, el art. 8.4 del Real Decreto 665/1997 se ciñe al art. 6.1 del Real Decreto 397/1997, de tal manera que la revisión se producirá cuando se detecten alteraciones en la salud de las personas trabajadoras que puedan deberse a la exposición con agentes cancerígenos o cuando las medidas preventivas no sean adecuadas porque así lo indican las mediciones higiénicas, o los resultados de la vigilancia de la salud, o las inspecciones periódicas en el centro o las observaciones periódicas de los procedimientos de trabajo.

6.3 Planificación de la actividad preventiva.

Los resultados no conformes deberán corregirse de la manera que se considere y con las nuevas medidas adoptadas realizar las mediciones de nuevo para corroborar que estas son adecuadas.

Las mediciones por debajo del VLA no requerirán acciones obligatorias aunque si los valores detectados son altos es conveniente aplicar medidas preventivas. En este caso los resultados sí condicionarán la periodicidad de la realización de nuevos muestreos.

Tal vez un enfoque más realista con la situación actual respecto de la SCR y que están aplicando algunas empresas cerámicas es actuar no solo sobre las secciones y procesos con niveles superiores al VLA, **sino más bien adoptando una estrategia de forma integral con medidas de varios tipos para reducir la exposición de forma general** y conseguir cumplir así la mayoría de los principios de la acción preventiva contemplados en el art. 15 de la Ley 31/1995.

Las disposiciones del Real Decreto 665/1997, el cumplimiento del VLA (el doble de estricto que el resto de Europa) y la aplicación de la norma UNE-EN 689, determinan y propician una coyuntura legal muy exigente que tal vez convenga atajar mediante una actuación integral y global en lugar de ir “tapando agujeros” conforme van saliendo.

Para ello la Ley 31/1995 define en su art. 16.2 la planificación de las actividades preventivas, consistente en la adopción de medidas para eliminar el riesgo o al menos reducirlo y controlarlo. Además por cada actividad se deberán establecer plazos, responsables, así como recursos humanos y materiales. Periódicamente se deberá verificar el correcto funcionamiento de las medidas preventivas contempladas en la planificación mediante mediciones, inspecciones, auditorías, check-list, etc.

Para ello uno de los principios de acción preventiva desglosados en el art. 15 de la Ley 31/1995 indica que hay que «planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo».

Por esto motivo las medidas para reducir la exposición a SCR son muchas y variadas, reduciendo el riesgo desde diferentes direcciones según su tipología.

6.3.1 Medidas preventivas.

Se desglosan a continuación las principales medidas preventivas que se han encontrado en las fuentes bibliográficas divididas según la tipología de la misma. El éxito en la prevención de la exposición a SCR **pasa por la implantación de la mayor parte de estas medidas de forma conjunta** aunque dependerá de cada caso concreto cuál aplicar y si hay que complementar unas con otras.

6.3.1.1 Sobre las materias primas.

Las medidas de este tipo se cimentan en varios principios de la acción preventiva:

- Evitar los riesgos.
- Combatir el riesgo en el origen.
- Substituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.

Existen dos soluciones (o la suma de ambas) para reducir el riesgo de exposición a la SCR actuando en la materia prima que la contiene:

- **Substituir materias primas que contienen sílice cristalina por otras que contengan un porcentaje menor de esta.**
- **Substituir materias primas que contienen sílice cristalina y que generan polvo por otras que originen menos polvo.**

De entrada la reducción de polvo en el ambiente no debería estar ligada únicamente a la problemática de la sílice cristalina ya que se ha relacionado la inhalación de partículas en exposiciones laborales con el aumento del riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Incluso pueden originar patologías como la diabetes y enfermedades graves como cáncer de pulmón (WHO, 2016).

Está claro que el VLA del polvo respirable es más elevado porque entraña menos riesgo que la SCR. Y también está claro que las ED_r de este son inferiores que las calculadas para la SCR. Pero por ejemplo en la evaluación higiénica de la empresa del sector analizada en capítulos anteriores, con los resultados que obtuvieron y aplicando la norma UNE-EN 689:2019, en algunas secciones la empresa se vería obligada a realizar más mediciones y acortar el periodo entre estas.

Por tanto, aprovechando que el Millars pasa por Almassora, **la planificación de las actividades preventivas destinadas a la reducción de la exposición a SCR debería ir ligada a la reducción del polvo respirable**. Primero, porque en el particulado del polvo

respirable hay porcentajes de SCR, y segundo, porque como se ha indicado, el polvo en sí mismo representa un riesgo independientemente de la composición química.

Al ser el polvo respirable el “vector de transmisión” de la SCR las organizaciones ya adoptan infinidad de medidas para reducir la presencia de este y por tanto este argumento puede parecer que está fuera de lugar. **Pero se incide en él por la importancia que supondría el utilizar materias primas que propiciaran menos polvo en ambientes laborales.**

6.3.1.1.1 Reducción del polvo y presentación de los materiales.

Sobre este aspecto resultan muy interesantes los trabajos publicados y las pruebas realizadas en materiales pulverulentos del sector cerámico por las doctoras Carla Ribalta de *The National Research Center for Work Environment (NRCWE)* y Ana López-Lilao (ITC).

En un estudio llevado a cabo en 2016 por Ribalta et al. (2019) en la planta piloto del ITC en Castelló, se evaluó la exposición laboral a las partículas en el aire durante la manipulación de 5 materias primas muy comunes en el sector: arena de sílice, caolín y tres tipos de cuarzo.

Los resultados más llamativos fueron los relacionados con los cuarzos. Se prepararon distintas pruebas en condiciones idénticas y las concentraciones medias de las masas inhalables fueron inferiores a 0,04 mg/m³ para dos de los cuarzos y el tercero casi alcanzó los 0,06 mg/m³.

Se le consultó personalmente a la Dra. Ribalta sobre las propiedades de cada uno de los tres cuarzos para intentar encontrar una explicación a esta diferencia de polvo en el ambiente. Ella respondió diciendo que las diferencias esenciales eran el tamaño medio de partícula (d₅₀) y la superficie específica. Que el cuarzo que más polvo generó era de un d₅₀ de 12 µm y tenía una menor superficie específica. Los otros dos, que emitieron menos particulado, su d₅₀ era alrededor de 5 µm y la superficie específica mayor (Ribalta, 2021).

Los resultados son curiosos y llaman mucho la atención **porque los cuarzos “más finos” generaron menos polvo que el de tamaño de partícula medio**. Su compañera la Dra. Ana López-Lilao (2017) detectó resultados idénticos en pruebas a más de 70 materias primas cerámicas y concluyó que una misma substancia química presenta distinto poder de emisión de polvo en función de su forma de presentación (granulometría, fluidez, etc.).

La mayor emisión de polvo en partículas de tamaño medio en relación a las más finas, lo explica de la siguiente manera en López-Lilao (2017):

Mientras que las partículas finas tienen una mayor relación de superficie a masa y por tanto un predominio de las fuerzas atractivas superficiales, las partículas gruesas presentan una menor superficie por unidad de masa, por lo que existe un predominio de las fuerzas gravitacionales o volumétricas. Estos dos efectos contrapuestos explican que se observe un máximo en el poder de emisión de polvo a tamaños intermedios. Por tanto, en contra de lo que intuitivamente cabría esperar, las muestras más finas no han resultado

ser las muestras que presentan un mayor poder de emisión de polvo (...) Por ello, las muestras con un tamaño medio entre 10 y 50 μm y contenido en finos próximo al 20% son las que han presentado un mayor poder de emisión de polvo inhalable y respirable.

Y añade:

...se ha observado que, la manipulación de materiales con dichas características de tamaño medio y contenido en finos que sean susceptibles de liberar SCR al ambiente, debe realizarse tomando especiales medidas de protección. No obstante, cabe destacar que estos resultados no implican que la manipulación de materiales que puedan liberar SCR, pero que no presenten estas características de tamaño y contenido en finos, pueda ser realizada sin las medidas adecuadas de protección. Al contrario, evidencian que cualquier material que pueda liberar SCR deber ser correctamente manipulado, ya que se ha observado experimentalmente que, incluso los cuarzos más gruesos utilizados a nivel industrial, pueden dar lugar a altos niveles de exposición a SCR durante su manipulación

Otro dato interesante del trabajo de la Dra. López-Lilao es que un aumento de la humedad en las arcillas reduce la generación de polvo. Sugiere que una línea de trabajo puede ser **determinar el grado de humedad ideal para reducir el nivel de polvo sin alterar las propiedades del prensado del soporte cerámico**. Por tanto otra posibilidad interesante es la modificación de la presentación de los materiales en función de su humedad y de su capacidad de generar polvo.

En general, a nivel preventivo los trabajos de las doctoras Ribalta y López-Lilao deben ser tenidos en cuenta porque abren una nueva línea de trabajo, muy interesante si se proporcionan las herramientas adecuadas a los técnicos cerámicos, de PRL, laboratorio, formuladores, etc.

Hasta el momento las líneas maestras en la adopción de medidas preventivas para reducir la exposición a polvo respirable y SCR se basan en soluciones técnicas, organizativas, higiénicas, etc.

Pocas profundizan en substituir lo peligroso por aquello que entraña menos o ningún peligro. Y en realidad es lógico porque substituir una materia prima con un contenido en sílice por otra con un porcentaje menor puede conllevar la modificación de las propiedades de las piezas cerámicas tanto en crudo como en cocido. O substituir una materia prima que genera polvo como por ejemplo el cuarzo por otra distinta que no emita tanto, aparte de ser técnicamente complejo, también modificaría la formulación y las propiedades de la baldosa cerámica. Por tanto desde el punto de vista técnico son alternativas complicadas y con pocas opciones de materializarse.

Sin embargo **la perspectiva cambia radicalmente si se planteara la posibilidad de substituir un cuarzo... por otro cuarzo que emita menos polvo en el ambiente.** Esa posibilidad desde el punto de vista técnico podría ser más viable y alcanzable.

Se ha expuesto que esa variabilidad en la generación de polvo en una misma materia prima es real y se ha relatado la explicación científica del fenómeno, que determina que una misma materia prima puede modificar su capacidad de emitir polvo en función de su presentación y de las propiedades concretas de su particulado.

No obstante, si alguna persona técnica intentara analizar la implantación de esta serie de medidas preventivas se encontraría con un gran obstáculo: **cómo saber a priori, qué materia prima origina menos polvo respecto a otra.** Dicho de otra manera, si se dispusiera en un laboratorio de por ejemplo cinco referencias/marcas de cuarzo distintas, cómo saber cuál de las cinco origina menos polvo en el ambiente.

Ante este callejón sin salida López-Lilao et al. (2016) proponen una herramienta que desde esta investigación se considera muy interesante y apropiada: **que se determine el índice de polvo de una determinada materia prima (dustiness) y que este dato aparezca en las FDS.** Miguel Ángel Pitarch (ASEPEYO), en comunicación directa considera apropiada la medida y sentencia que efectivamente este índice debería aparecer en las FDS.

La idea no es descabellada y se refuerza con el Reglamento (UE) 2020/878 de la Comisión de 18 de junio de 2020 por el que se modifica el anexo II del Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH).

El anexo II hace referencia a los requisitos de las FDS y los cambios aprobados serán obligatorios a partir del 1 de enero de 2023. Uno de las modificaciones corresponde a la sección 9.1 de dicho anexo, que en el apartado “r” hace referencia a las características de las partículas y que se aplica a los sólidos. Se puede leer:

Se indicará el tamaño de las partículas (diámetro medio equivalente, el método de cálculo del diámetro (basado en el número, la superficie o el volumen) y el intervalo de variación del valor mediano). También pueden indicarse otras propiedades, como la distribución por tamaños (por ejemplo, en forma de intervalo), la relación entre forma y aspecto, el estado de agregación y aglomeración, la superficie específica y la generación de polvo...

La referencia a informar sobre la generación de polvo contemplada en la modificación del anexo II del REACH no supone una obligación taxativa, pero su aparición ya indica la importancia de este aspecto y otros relacionados con las propiedades de las partículas sólidas. **Como alternativa a la aparente no obligatoriedad de incluir la generación de polvo en las FDS, las empresas podrían solicitar este dato a sus proveedores.**

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Para facilitar esta medida señalar que hay normas para poder realizar este tipo de ensayos. Ribalta (2021) señala la existencia de la norma UNE-EN 15051, sobre exposición en el lugar de trabajo. Medición de la capacidad de emisión de polvo de los materiales a granel para medir el polvo de materiales en general; y por otra parte la UNE-EN 17199, sobre exposición en el lugar de trabajo. Medición del polvo de los materiales a granel que contienen o liberan nanoobjetos o partículas submicrométricas.

La UNE-EN 15051 que sería la más apropiada para medir los niveles de polvo de materias primas cerámicas se divide en dos partes: una primera sobre requisitos y elección del método de ensayo y la segunda sobre el método del tambor rotatorio.

Huelga comentar por último que el polvo no es solo un riesgo para la salud de las personas, sino que en el sector de fabricación de baldosas cerámicas también es contraproducente desde el punto de vista técnico ya que su sedimentación sobre las piezas crudas ha supuesto tradicionalmente la generación de defectos y desperfectos una vez cocidas.

Por tanto se debe seguir reduciendo la presencia de polvo en las factorías con medidas técnicas, organizativas, etc. pero **la generación de polvo y la presentación de las materias primas debería ser considerada como una línea de investigación al mismo nivel que otro tipo de medidas.**

6.3.1.1.2 El proyecto SILIFE.

Ha sido un proyecto impulsado por el programa LIFE de la Unión Europea y desarrollado por la Universitat Jaume I (UJI) a través del ITC. **Su objetivo: reducir o eliminar totalmente la toxicidad de la SCR presente en el cuarzo.**

Según Eliseo Monfort, catedrático de ingeniería química de la UJI e investigador del ITC, la toxicidad del cuarzo viene condicionada por la química superficial de sus partículas y añadiendo ciertos aditivos podría neutralizarse (ITC, 2017).

Este proyecto bebió de otro anterior en el que participó el ITC junto a otras instituciones de otros países, en el que se añadieron aditivos como la nanoalúmina o los organosilanos para bloquear los grupos silanol presentes en la superficie de las partículas de cuarzo y eliminar prácticamente la toxicidad de la SCR presente en composiciones cerámicas tratadas vía húmeda (Monfort et al., 2019).

El proyecto SILIFE se ha basado en la producción vía seca de cuarzos comerciales con baja o nula toxicidad mediante la adición de una serie de organosilanos. El resultado ha sido un recubrimiento de las partículas de cuarzo que reduce o elimina la toxicidad de la SCR de una forma muy similar a la obtenida en pastas cerámicas vía húmeda. La disminución de la toxicidad del cuarzo se evaluó mediante ensayos “in vitro” e “in vivo” (Monfort et al., 2019).

Posteriormente se diseñó una planta piloto que se instaló en una planta procesadora de materias primas donde se trataron cuarzos que fueron enviados a diferentes factorías industriales para realizar pruebas y verificar el funcionamiento. **El cuarzo recubierto fue usado con éxito en sectores como el de materiales plásticos, adhesivos de construcción, fritas cerámicas, fundición y colorantes inorgánicos.** Los autores concluyeron que el proceso desarrollado podría replicarse en otros sectores productivos escogiendo el organosilano más apropiado y realizando una serie de ajustes (Monfort et al., 2019).

Curiosamente esta tecnología enfrenta un obstáculo que posiblemente solo pueda solventarse desde una vertiente burocrática y política: **al realizarse una evaluación de riesgos higiénica, en los muestreos se detectarían concentraciones de cuarzo sin que se pudiera distinguir si está recubierto o no.** Por tanto se daría la paradoja de que las muestras que superen el VLA de la SCR serían declaradas no conformes, a pesar de que se haya desactivado la toxicidad de la SCR a través del recubrimiento.

En comunicación con Eliseo Monfort, al respecto señala que «...el legislador de momento sigue considerando la sílice tratada como una sustancia cancerígena y no modifica su clasificación». Mientras tanto esta tecnología avanza poco a poco y está a la espera de obtener una patente europea. Empresas importantes del sector han mostrado su interés (Monfort, 2021a).

6.3.1.2 Sobre el diseño de las instalaciones.

Se trata de una serie de medidas que se fundamentan en el diseño y ubicación de las secciones y equipos que pueden generar SCR. **Aunque tiene varios objetivos, el fundamental es “aislar” y encerrar los focos de emisión en zonas concretas para evitar su dispersión** por otras en las que no hay trasiego ni manipulación de SCR.

Esta medida gana importancia no solo porque efectivamente se limita la propagación de SCR, sino porque significa un ahorro en recursos teniendo en cuenta los criterios técnicos del INVASSAT explicados anteriormente.

La implantación de estas medidas en factorías que ya producen será difícil, complicada y muy costosa. **Pero esta opción gana enteros y puede resultar viable técnica y económicamente si se tiene en cuenta en las fases de diseño de nuevos centros de trabajo.**

Los principios de la acción preventiva aplicables para estas medidas:

- Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Evitar los riesgos.

Algunas de estas medidas serían:

-Sectorización-Compartimentación: Se trata de una medida de diseño de los lugares de trabajo consistente en aislar las secciones cuyos procesos son propensos a emitir SCR (Rodríguez, nd).

En el caso del sector de fabricación de baldosas cerámicas algunos de los procesos que más SCR pueden emitir, como son mezcla de las materias primas o atomización, suelen estar en zonas independientes de la misma factoría.

La separación puede albergar diversos diseños como por ejemplo planchas metálicas o paredes de obra. La comunicación con otras secciones donde no hay presencia de SCR puede ser con puertas herméticas de diverso tamaño de funcionamiento automático y cierre rápido (ver **figura 26**) o es muy aconsejable también la instalación de cortinas de aire. En cualquier caso debe garantizarse el aislamiento de la zona con polvo (INVASSAT, 2021b).



Figura 26. Sectorización de un proceso. Fuente: Rodríguez, nd.

-Diseño ordenado: Con este concepto se hace referencia al diseño de las estructuras, la distribución espacial y a la ubicación en planta de los diferentes elementos de una forma coherente que eluda la formación de ángulos muertos, zonas inaccesibles, huecos, desniveles, etc. donde se puede acumular polvo y su limpieza resulta complicada e incluso puede entrañar riesgos.

6.3.1.3 Medidas técnicas.

En este apartado se desglosarán las medidas que implican modificar o intervenir de diversas maneras sobre los equipos, los lugares y las condiciones de trabajo para eliminar, reducir o aislar la presencia de SCR en los centros de trabajo reduciendo así la exposición de las personas trabajadoras a este agente químico.

Esta batería de medidas preventivas suele ser de las más populares para reducir la exposición a SCR y su mayor o menor éxito dependerá ante todo de si se actúa directamente sobre el foco emisor o a distancia de este.

Estas medidas cumplirían uno o varios de los principios de la acción preventiva que se citan a continuación:

- Evitar los riesgos.
- Combatir el riesgo en el origen.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual

6.3.1.3.1 Nivel de energía.

Las diferentes máquinas y equipos de trabajo que tienen contacto de diferente manera con las materias primas funcionan con una intensidad o una potencia determinada y generalmente programada con anterioridad. Y en función de este grado de energía con el que funcionan estos equipos variarán las emisiones de polvo y SCR.

Así lo concluyeron Ribalta et al. (2019) tras realizar pruebas en materias primas cerámicas modificando el nivel energético con el que funcionaron los equipos de trabajo (aspiración, velocidad del molino, separación, etc.). **Cuando el nivel de energía fue más elevado se encontró un aumento en el nivel de polvo para todas las materias primas que se probaron.**

Este hallazgo indica que si el proceso y el producto final lo permiten, un adecuado reajuste energético de los equipos podría reducir la presencia de polvo y SCR en el ambiente laboral. Aun así esta medida plantea dudas a resolver como reconoce Ribalta (2021):

Aquí habría además que tener en cuenta otro factor que sería, por ejemplo, si reducimos la energía aplicada para molturar un material quizá necesitamos molturar durante un periodo más largo de tiempo para obtener el mismo resultado que con una mayor energía. Entonces habría que comparar que el hecho de alargar el tiempo de molturación, aunque la energía aplicada sea menor, no incrementase más las concentraciones que usando una mayor energía durante menos tiempo.

6.3.1.3.2 Medidas sobre el foco emisor.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

El objetivo de estas medidas es actuar sobre el foco de emisión para evitar que este se ponga en suspensión. Descatar:

-Cerramientos: consiste en encerrar y confinar aquellas partes del proceso o secciones de los equipos de trabajo en donde hay transporte, trasiego, manipulación, transformación, etc. de materias primas con sílice cristalina que son susceptibles de generar polvo que puede alcanzar el medio ambiente laboral y propiciar la exposición.

En fases de diseño, en algunos procesos se puede contemplar la posibilidad de adquirir equipos que garanticen un sistema cerrado y estanco que evite pérdidas.

En una empresa de fabricación de baldosas cerámicas, según INVASSAT (2021b) hay que prestar especial atención para la implantación de cerramientos en:

- Zona de recepción de materias primas.
- Zonas de acopio de tierras.
- Almacenamiento de materias primas y tierra atomizada.
- Cerrar las cintas transportadoras con un carenado y si no es viable encapsular los puntos críticos de esta (zona de recepción, vertido o zonas con corrientes de aire) incorporando un sistema de aspiración localizada para mantener limpio el sistema (Unimat Prevención, 2014).
- Zonas de carga y descarga, se pueden emplear cerramientos.
- Además hay que inspeccionar los diferentes equipos de trabajo, maquinaria, sistemas, etc. por donde circulan las materias primas y detectar si hay huecos, aberturas o partes que por la naturaleza propia del proceso las materias primas están en contacto directo con el ambiente, para en la medida de lo posible cerrarlos y aislarlos o por el contrario para buscar otras alternativas.

-Aspiración localizada: Son sistemas que generan una presión negativa aspirando el aire y las partículas en suspensión (ver **figuras 7 y 27**).

El éxito de la medida estriba en situar el sistema lo más cerca posible del punto exacto donde se genera el polvo, lógicamente fuera de la zona de respiración del operario y ejercer suficiente presión para captar las partículas.

Al respecto Unimat Prevención (2014) recomienda velocidades del aire que oscilan los 5 y los 20 m/s dependiendo de la naturaleza del polvo, de cómo se genera y de la concentración en el ambiente.

Algunas fuentes consideran que el sistema pierde eficacia si la distancia entre el foco de emisión y la aspiración es superior a 25-30 cm. Otra premisa importante es el confinamiento de la aspiración con sistemas de encapsulamiento para facilitar el arrastre. Se deben tener en

consideración la influencia sobre estos sistemas de las corrientes de aire natural o artificial que puedan existir en el lugar de trabajo (Madera et al., 2015).

Los diversos conjuntos de aspiración localizada se unen a **filtros de mangas** que retienen las partículas del aire y separan el sólido del gas. Es el sistema más utilizado en el sector cerámico eliminando las partículas de gas al hacer la corriente de aire por un tejido (Unimat Prevención, 2014).

Es importante que los diferentes sistemas estén bien diseñados y calculados para que la presión sea adecuada y constantes en todas las aspiraciones y el sistema de filtrado tenga la capacidad suficiente para separar las partículas del aire. Cualquier error en este sentido propiciará un funcionamiento defectuoso de todo o parte del sistema de aspiración.

Se debe realizar un adecuado mantenimiento a todo el sistema según las instrucciones del instalador, fabricante o técnico competente; prestando atención a los filtros y a los puntos de unión de las bocas de aspiración con los encapsulamientos (ver **figura 27**). Un error en este punto propiciaría la pérdida de presión a través de esta unión y el sistema de aspiración dejaría de funcionar adecuadamente (INVASSAT, 2021b).

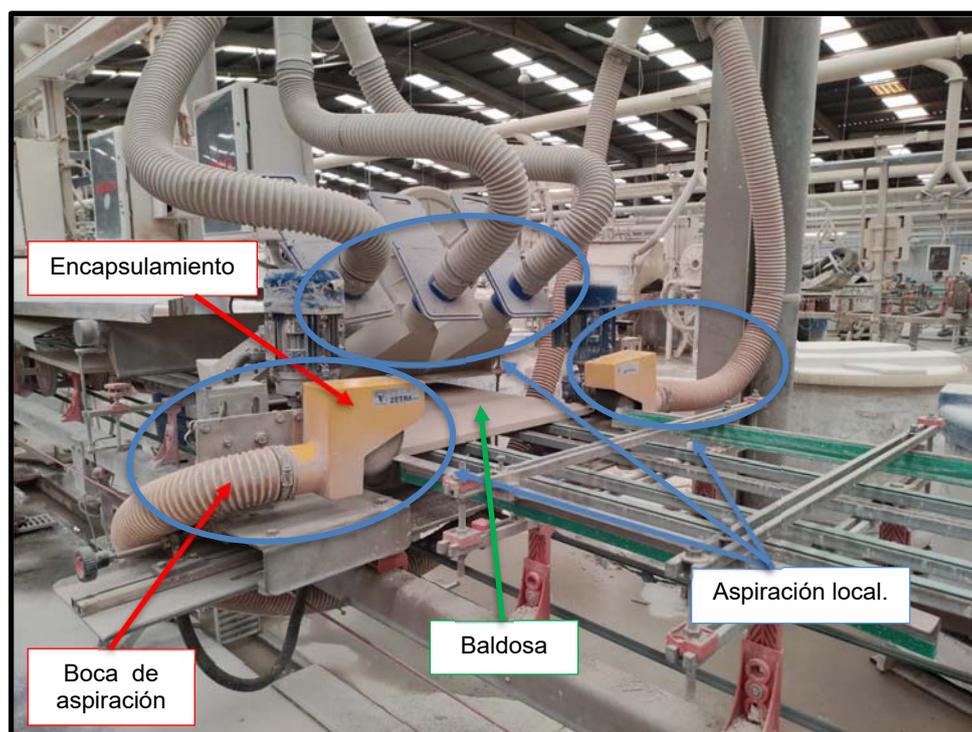


Figura 27. Sistemas de aspiración localizada en un rascador. Fuente: Elaboración propia a partir de Unimat Prevención en INVASSAT, 2021b.

Para Unimat Prevención (2014) son varias las ventajas de los sistemas de aspiración localizada, entre las que destacan:

- Capta el contaminante antes de que pase a formar parte de la atmósfera de trabajo y por tanto evita la exposición.
- Menor influencia sobre las condiciones termohigrométricas en comparación por ejemplo con soluciones como el arrastre por ventilación.
- Facilita la depuración.
- Al evitar la deposición del particulado evita el deterioro de los equipos de trabajo por corrosión en algunos casos, y en el caso concreto de la SCR y del polvo se elimina la posibilidad de que este se sedimente en equipos electrónicos o penetre dentro de los equipos por rendijas y aberturas.
- Se reduce la formación de atmósferas explosivas
- Es conveniente para aerosoles y partículas de baja granulometría.

-Filtros de cartucho: para entenderlo, sería con una aspiración localizada móvil. Ideal para lugares de trabajo donde se pueden generar emisiones muy puntualmente, por ejemplo, en la carga de los bombos de esmalte. También para focos pequeños o móviles que no justifican su incorporación al sistema general de aspiración.

Se trata de unos equipos móviles que se pueden desplazar de un lugar a otro y la boca de aspiración se ubica manualmente cerca del foco emisor. Se produce una aspiración de aire y pasa a una precámara donde se separan las partículas más gruesas mientras que el resto quedan retenidas por la acción de los cartuchos (Unimat Prevención, 2014).

6.3.1.3.3 Otras medidas técnicas.

Son medidas para reducir la presencia de polvo y SCR una vez están en suspensión o ha sedimentado pero podría volver al ambiente. Entre ellas señalar:

-Aspiradoras portátiles: Igual que las de casa. Su movilidad permite desplazarlas de un punto a otro para recoger el polvo acumulado en lugares inaccesibles y evitar así que este vuelva a suspenderse en el ambiente ante una corriente de aire, vibración, etc. (Rodríguez, nd).

-Sistemas de detección y medición: algunas fuentes sugieren esta medida para detectar rápidamente exposiciones anormalmente altas fruto de accidentes o alguna irregularidad en el proceso (Cobo y Estébanez, 2021). Sobre sistemas de medición y detección en proceso y en continuo mirar los puntos 6.2.3.2 y 6.2.3.3 del presente trabajo.

-Aislamiento de vehículos: Los vehículos como palas cargadoras deben tener la cabina aislada del exterior y con un sistema de filtrado que evite la entrada de SCR en el interior. En las operaciones de carga, descarga y transporte las cabinas deben permanecer cerradas (Unimat Prevención, 2014).

-Humectación por nebulización: consiste en un método muy efectivo que es capaz de eliminar las partículas más finas que por su tamaño pueden permanecer horas suspendidas en el

ambiente y además son las más propensas a formar parte de la fracción respirable (Rosell, 2021b).

Se puede decir que es de los pocos sistemas para reducir la presencia de partículas una vez:

- Han eludido otras medidas existentes entre ellas las que actúan sobre el foco,
- Están en suspensión y por tanto el riesgo de exposición es máximo.

El funcionamiento es simple: unas boquillas situadas estratégicamente pulverizan microgotas de agua creando una nebulosa que arrastra al suelo las partículas sólidas en suspensión donde posteriormente son limpiadas. El caudal de agua y los intervalos de tiempo entre cada pulverización dependerán de las características del lugar de trabajo.

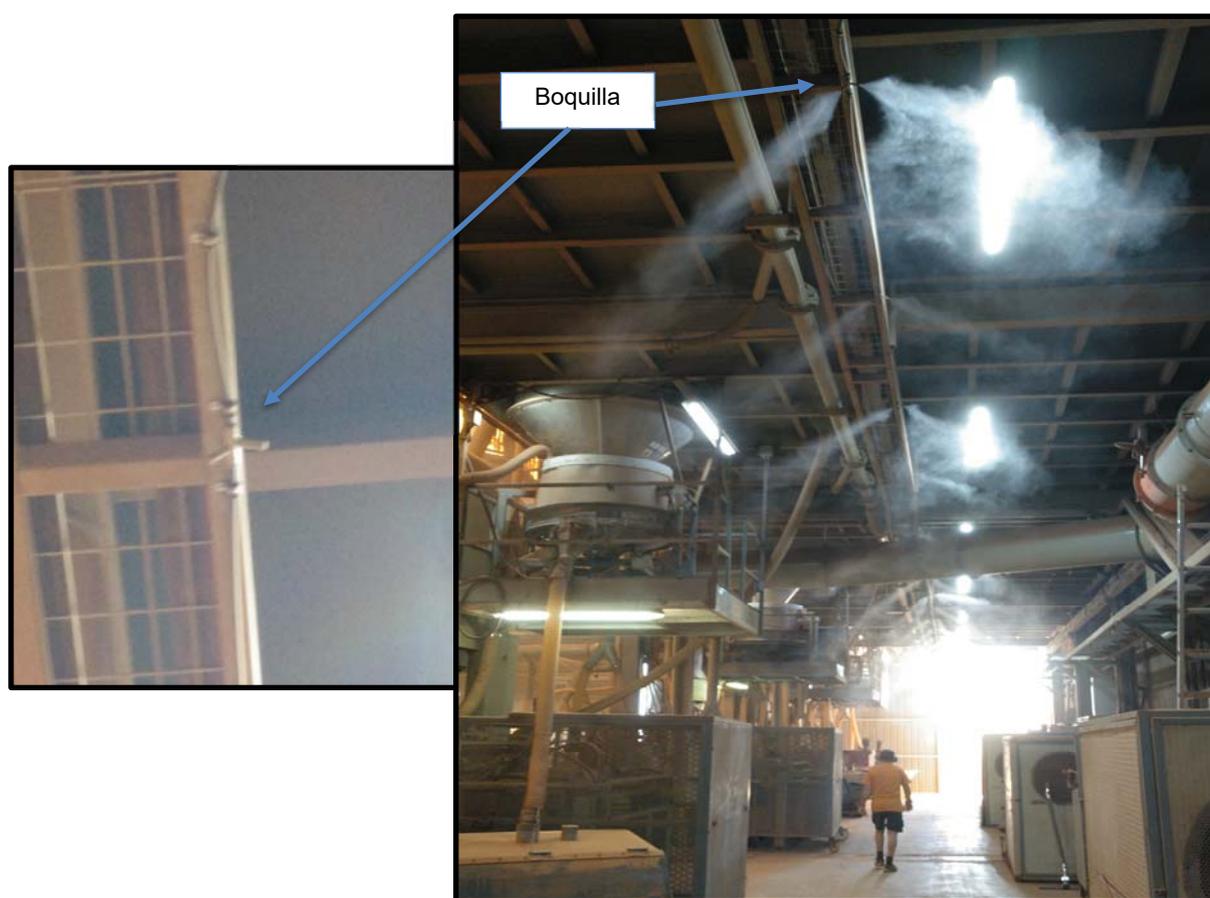


Figura 28. Sistema de humectación por nebulización en empresa de baldosas cerámicas en Castelló. Fuente: propia.

NOTA: A la izquierda una boquilla. A la derecha la misma pulverizando agua junto a otras.

-Parámetros en cintas transportadoras: muy en la línea de la medida del control de energía vista anteriormente, esta medida propone el ajuste de la velocidad y la carga en kg de tierra en las cintas transportadoras para evitar volúmenes y velocidades que generen polvo.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Utilizar rodillos de goma frente a los metálicos contribuye a amortiguar el movimiento de la cinta transportadora evitando la generación de polvo (INVASSAT, 2021b).

-Humedad exterior: Es aconsejable mantener el grado de humedad en el suelo de exteriores para evitar la generación y propagación de polvo hacia el interior (Unimat Prevención, 2014).

-Dilución por ventilación: este método no elimina directamente el particulado sino que reduce la concentración de este mediante la incorporación de aire limpio. Es importante establecer si la fuente de aire es natural, artificial o mixta.

Si es natural el aire se incorpora del exterior por aperturas situadas en partes bajas y por convección abandona el lugar de trabajo por aperturas en el techo. El problema del método estriba en las variaciones climatológicas externas según momentos del día o del año que alteran las corrientes convectivas (Madera et al., 2015).

En contraposición las fuentes de aire artificial mantienen equilibrado los flujos de aire pero este sistema es utópico en las factorías como las de fabricación de baldosas cerámicas en Castelló, por su tamaño, por la influencia de las corrientes de aire (Madera et al., 2015) y por la variación de temperaturas en el interior, por ejemplo, entre la zona de hornos y el almacén.

En general es un método que puede tener sentido en lugares de trabajo pequeños y con baja carga de contaminante. Estos métodos no eliminan el agente sino que lo diluyen. Un control deficiente o inexistente de las variables que entran en juego puede propiciar que las partículas se depositen, vuelvan a suspenderse o viajen entre secciones sino hay cerramientos.

Este sistema puede tener sentido en sectores productivos donde la emisión de agente en el ambiente laboral es poca y discontinua. Pero en un sector como el cerámico que constantemente genera polvo la reducción de la SCR en el ambiente es necesaria en algún momento.

-Arrastre por ventilación: a diferencia de antes, esta metodología sí que contempla la eliminación del particulado por corrientes de aire (naturales y/o forzadas) que lo arrastran para posteriormente extraerse.

Los problemas que presenta es que debido al tamaño de las factorías el coste puede ser inasumible, las corrientes puedan generar incomodidad en los operarios y se pueden producir turbulencias que originarían polvo en suspensión (Madera et al., 2015). Además si la factoría no está adecuadamente separada en compartimentos se puede originar un trasiego de polvo entre secciones sucias y aquellas que no tienen presencia ni detección de SCR.

Cualquier solución en esta dirección debería estar correctamente apoyada en un informe técnico explícito que tenga en cuenta las variables indicadas.

Una variación un poco más rudimentaria de este método es el arrastre mediante corrientes de aire por apertura de puertas, ventanas, etc. Este método puede tener numerosos problemas si no existe un criterio técnico definido y concreto para la ventilación de los espacios.

Además de los problemas de deposición de particulado, turbulencias y transporte de SCR a otras secciones “limpias”, existe una dependencia de las condiciones climáticas exteriores. Puede ser que en algunos momentos no se produzcan corrientes de aire y por tanto no haya eliminación, o por el contrario, la corriente de aire ser tan fuerte que elimine partículas del interior por una parte e introduzca partículas del exterior por otra. En el mejor de los casos, las corrientes arrastrarán el polvo al exterior de las factorías donde puede haber otras personas trabajadoras realizando sus labores u otras puertas o aberturas cercanas que comunican con otras secciones.

En general y teniendo en cuenta las particularidades de las factorías de baldosas cerámicas y los criterios técnicos del INVASSAT para la aplicación del Real Decreto 665/1997, los sistemas de ventilación pueden ser contraproducentes a no ser que provengan de estudios técnicos rigurosos y ceñidos al lugar de trabajo en cuestión.

6.3.1.4 Medidas organizativas.

Las anteriores medidas contempladas pretendían reducir, confinar o controlar la **emisión** de partículas sólidas en el ambiente. Ahora se asume que hay una concentración que no se puede evitar o que puede producirse por un incidente concreto, y por tanto, el objetivo con esta batería de medidas es **reducir la exposición** a esas partículas que se siguen emitiendo o que se pueden emitir.

Las medidas de este tipo se cimentan en varios principios de la acción preventiva:

- Evitar los riesgos.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.

6.3.1.4.1 Señalización.

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, en su artículo 4.1 señala que «la señalización de seguridad y salud en el trabajo deberá utilizarse siempre que el análisis de los riesgos existentes, de las situaciones de emergencia previsibles y de las medidas preventivas adoptadas, ponga de manifiesto la necesidad de: (...) a) Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones».

Según el punto 4.2 deben utilizarse cuando mediante otras medidas técnicas, organizativas y de protección colectiva no haya podido eliminarse el riesgo.

La señalización en este caso puede depender del criterio técnico que se use. Por ejemplo al aplicar el del INVASSAT y distinguir entre zonas con presencia con o sin detección y zonas no afectadas, las indicaciones en cuanto al uso de la mascarilla pueden diferir respecto a si se aplica otro criterio distinto.

Al usar este criterio se entiende que cualquier zona con presencia y detección de SCR debería tener al menos estas tres señales (ver **figura 29**):

- **Señal de prohibición:** señal de prohibido el paso salvo personal autorizado. Según el criterio del INVASSAT, las personas trabajadoras que no desempeñen sus funciones en zonas sucias no podrán acceder ni pasar por estas, por lo que se justificaría la colocación de esta señal.
Independientemente de este criterio se debería limitar la exposición en cuanto a horas y personas en zonas con presencia de SCR, y por tanto, prohibir el acceso a personas ajenas a puestos de trabajo.
- **Señal de obligación:** para el uso de mascarillas en aquellos lugares que se determinen. Si se requiere otra EPR se puede emplear otra señalización más pertinente.
- **Señal de advertencia:** indicando el peligro por la presencia de un agente químico. Las señales convencionales son muy genéricas y advierten del peligro de productos o gases químicos. Una propuesta más concreta pasaría por adaptar la leyenda inferior tal cual se muestra en la **figura 29**. Acotar la información al riesgo concreto será más oportuno y efectivo que generalizar sin más.

De acuerdo al anexo III del Real Decreto 485/1997, el material de la señal debe resistir las inclemencias del tiempo, los golpes y sus características de tamaño, color, etc. deben garantizar su comprensión. La altura, el ángulo, posición e iluminación deben ser apropiadas para su correcta visualización. Para evitar confusiones no deben colocarse muchas señales en una misma ubicación.

De acuerdo con el RD las señales no reemplazan cualquier otra medida preventiva y deben ser acompañadas con medidas de formación, información y participación de los trabajadores.

Cada lugar de trabajo debe evaluarse adecuadamente y añadir nuevas señales si dicha evaluación así lo determina, porque por ejemplo se producen otros factores de riesgo o se requieren otros EPI para minimizar la exposición a SCR.

Información hallada de otra empresa cuyo nombre no me menciona por motivos de confidencialidad, muestra como la planificación de las actividades preventiva contemplaba

el uso de otros EPI por el riesgo de exposición a SCR y polvo. Concretamente obligaba a utilizar protección en las manos (guantes) y en los ojos (gafas). Otras indican la obligación de lavarse las partes de cuerpo que puedan entrar en contacto con el agente (manos y cara).

En definitiva se entiende que hay unas medidas preventivas mínimas que hay que cumplir y señalar. A partir de ahí la evaluación de cada empresa condicionada por las particulares concretas de esta determinara si es conveniente extender la acción preventiva en otras direcciones.



Figura 29. Señalización mínima en zonas con presencia y detección de SCR. Fuente: elaboración propia.

6.3.1.4.2 Fichas de datos de seguridad.

Las materias primas para la fabricación de pastas y esmaltes cerámicas deben tener sus FDS y se deben proporcionar a las empresas de baldosas cerámicas. Sobre ellas llama la atención la diferencia que puede haber entre dos empresas a la hora de plasmar información sobre una misma materia prima como puede ser el cuarzo. Al respecto Eliseo Monfort (2021b) señala la falta de armonización en algunos aspectos a la hora de preparar las FDS.

Los técnicos de PRL deben verificar que estas fichas son proporcionadas, están actualizadas y contienen la información adecuada. Deben transmitir la información a los trabajadores y desarrollar un procedimiento para que estas FDS puedan ser accesibles a las personas trabajadoras. Lógicamente deben cumplir las indicaciones especificadas en la ficha para garantizar la manipulación segura del material.

La FDS debe proporcionar información sobre los porcentajes de SiO_2 , los riesgos por la generación de SCR durante la manipulación, medidas a adoptar, primeros auxilios, etc.

Surge la duda de si una empresa de baldosas cerámicas debería elaborar algún tipo de FDS teniendo en cuenta los procesos de colocación y alicatado en los que las piezas se cortan, se

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

rectifican y se ajustan en cuanto al tamaño y los ángulos para que encajen todas e forma armónica. **Es un proceso en el que se genera polvo durante el corte que contiene SCR.**

La realidad es que la baldosa, al ser un producto químicamente inocuo no requiere de entrada la realización de la FDS. Monfort (2021b) especifica todavía más al señalar que «...es un producto, no una sustancia, y las FDS de los productos no están reguladas. De momento la ficha actual es suficiente».

Monfort se refiere a un manual de instrucciones para manipular de forma segura las baldosas cerámicas durante los procesos de colocación, elaborado por la patronal Ascer y por el ITC, que se puede ver en el **anexo I** de este trabajo.

En el mismo se explica resumidamente los problemas asociados a la inhalación de la SCR a la que se expondrían por la emisión de polvo durante el corte y rectificado, primeros auxilios, manejo adecuado, medidas de protección, etc.

Incluso se menciona un estudio preliminar que indica que la cantidad de SCR en estos procesos de corte y rectificación de baldosas cerámicas, el porcentaje de este agente es menor al 1% del total del polvo (Gres Aragón, nd).

6.3.1.4.3 Otras medidas organizativas.

-Manipulación de materias primas: Entre cantidad de materia prima y veces que se manipula, el segundo factor resultó más relevante a la hora de generar polvo según las conclusiones de Ribalta (2019) en pruebas realizadas durante el ensacado (en una empresa de fabricación de esmaltes, la molturación y la caída libre de materiales.

La propia Dra. Ribalta especifica que hay que ir con cuidado al extrapolar esta conclusión a todas las operaciones debido a que pueden existir factores concretos que modificaran esta percepción (Ribalta, 2019).

Lo que parece evidente es que cuanto menos manipulación y trasiego menos posibilidades de que se genere polvo respirable. Además cuanto menos intervenga la persona trabajadora menos riesgo de exposición directa. Por eso se puede reducir la emisión y la exposición con medidas como transporte de materiales a granel en camiones, almacenamiento en silos o automatización de procesos (Cortés, 2020).

-Almacenamiento: las materias primas con porcentajes de SCR deben almacenarse en lugares seguros y cerrados donde se evite la exposición directa o la formación de nubes de polvo respirable.

Cuando no sea en silos se habilitarán lugares específicos, alejados de las zonas de trabajo (en exteriores mejor) y adecuadamente cerrados para evitar la dispersión (eras).

El transporte y la manipulación debe ser segura de tal forma que se evite la formación de polvo que pueda originar SCR en suspensión.

-Reducir la exposición: tanto en el número de trabajadores como en las horas de exposición. Es posible que muchas compañías ya aplicaran esta medida, pero con la inclusión de la SCR en el Real Decreto 665/1997 y los criterios técnicos de INVASSAT, es esencial además restringir el acceso a las zonas sucias solo a las personas trabajadoras que desarrollen sus actividades en dichos lugares. Sobre este punto Virgilio Rodríguez (2021b) señala:

El RD 665/97 indica que se deben limitar el número de trabajadores expuestos entre otras medidas organizativas. No se puede garantizar que las exposiciones cortas no generen un riesgo, ya que sus efectos estocásticos no establecen umbrales de seguridad por ser un agente cancerígenos. Por tanto no es suficiente y debe limitarse los trabajadores expuestos. La empresa es recomendable que analice todas las tareas que se realizan en zonas sucias para limitar los trabajadores que acceden a las mismas

Por eso hay que limitar la presencia de personas trabajadoras. Y por eso hay que delimitar y señalizar las zonas de riesgo y aplicar procedimientos de trabajo más seguros que entrañen menos exposición a la SCR (Gómez, 2019).

Una posible idea es la de habilitar espacios o cabinas en las zonas sucias pero aisladas de estas y con sistemas que mantengan el aire limpio en su interior. Su objetivo sería que sus operarios permanezcan en el interior en tiempos muertos para evitar la exposición con la SCR.

-Elaboración de procedimientos e instrucciones de trabajo: la incorporación de la SCR en el anexo I del Real Decreto 665/1997 supone no solo la aplicación de nuevas disposiciones, sino la reorganización de algunos procesos de trabajo para evitar la emisión y la exposición a este agente.

La implantación de medidas técnicas, organizativas, higiénicas, etc. debe plasmarse en documentos que le den consistencia y lógica, que clarifiquen su razón de ser, cómo ponerlas en práctica, etc.

Las instrucciones de trabajo deben repensarse para reducir al máximo la emisión y exposición de SCR en procesos y operaciones habituales en el trabajo.

La elaboración de estos documentos aclara cómo proceder en cada momento, unifica criterios y evita vaguedades, interpretaciones, olvidos, etc.

6.3.1.5 Medidas higiénicas.

Se ha conseguido controlar la emisión de partículas sólidas en el ambiente y la presencia de SCR. Se han logrado establecer medidas organizativas en los procesos y en los puestos de trabajo para reducir la exposición colectiva.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Pero sigue existiendo un riesgo de contacto y se tienen que tomar **medidas de protección sobre el individuo** y también sobre los lugares de trabajo donde **se puede acumular polvo**. Este tipo de medidas son las que se desglosarán en el presente apartado.

Las medidas de este tipo se cimentan en varios principios de la acción preventiva:

- Evitar los riesgos.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.

6.3.1.5.1 Limpieza.

Es una medida que actúa sobre el agente, es decir sobre el polvo que se acumula en equipos de trabajo, en el suelo o incluso en la ropa de trabajo. Hasta no hace mucho el uso del aire comprimido se empleaba para “limpiar” el polvo, más bien, para “transportarlo” de un lugar a otro del centro de trabajo generando nubes de polvo cuyas partículas podían ser inhaladas por las personas trabajadoras.

En muchos casos este “transporte” de partículas lo que conseguía era trasladarlas de un lugar sencillo para recogerlas como podía ser el suelo a otro donde resulta más complicada como puede ser una zona alta de una pared, una repisa o el techo. Así de esta forma el polvo se iba acumulando en diferentes sitios, se suspendía de nuevo por la acción de las corrientes de viento o por el aire comprimido, volvía a sedimentar, etc. En realidad el riesgo no se eliminaba más bien se incrementaba.

Para evitar el riesgo de exposición a SCR debido al polvo acumulado en las instalaciones o equipos es esencial, **primero eliminarlo (no transportarlo), y segundo, hacerlo de una forma segura** que no genere polvo en suspensión.

Por tanto hay que utilizar métodos de **limpieza en seco y/o aspiración** para cumplir con las dos condiciones anteriores. Es aconsejable y muy útil establecer procesos de limpieza periódico, generalmente diarios, para evitar la acumulación de polvo en las instalaciones.

Y también es importante limpiar paredes, techos, superficies, etc. porque **si se acumula hay más opciones que una corriente de viento, vibraciones, etc. puedan originar que este particulado vuelva a ponerse en suspensión** generando de nuevo el riesgo.

Los técnicos de PRL deben evaluar si este proceso se realiza usando EPR y en cualquier caso, aplicando los criterios técnicos del INVASSAT, esta protección será obligatoria en las secciones con presencia con detección.

Si se utilizan mangueras o rociadores se deben acompañar con el diseño de drenajes para la evacuación de los lodos y así evitar la formación de fangos que, por una parte suponen otro riesgo (por ejemplo de caídas o resbalones) y por otra, al secarse puede transformarse en polvo y partículas en suspensión.

En caso de derrame accidental de un volumen considerable de partículas finas debe utilizarse el método de pulverización con pequeñas partículas de agua para humectar el material. Usar chorros fuertes de agua levantaría polvo.

Sobre equipos de aspiración, deberán emplearse equipos industriales con filtros HEPA o similares (INVASSAT, 2021b).

6.3.1.5.2 EPI y EPR.

6.3.1.5.2.1 Aspectos generales.

Los EPR pueden ser necesarios según Cobo y Estébanez (2021):

- Cuando el resto de medidas no consigan evitar la emisión de SCR o son técnicamente inviables y debido a ello se pueden superar los VLA.
Al respecto hay empresas de baldosas cerámicas que obligan al uso de EPR en zonas de trabajo donde las mediciones han mostrado niveles muy inferiores al VLA, incluso en procesos que según la UNE-EN 689 son declarados conformes. Hay compañías que disponen de dispensadores de mascarillas para que el trabajador pueda acceder libremente a la adquisición de protecciones.
Al respecto los criterios del INVASSAT establecen unas pautas claras sobre el uso de las EPR en función de la presencia, la detección y la relación de las zonas sucias con otras que no lo son.
- Provisionalmente hasta que se adopten medidas de protección.
- Eventualmente en operaciones que por sus condiciones especiales donde no se pueden aplicar otras medidas preventivas.
- Ante situaciones de emergencia, salvamento o rescate, si hay exposición a SCR.
- Tras la evaluación de riesgo y las medidas preventivas pertinentes, si se determina que la presencia de polvo es elevada y puede originar otras afecciones como es la irritación ocular, se debe complementar los EPR con otros EPI como son las protecciones oculares.

Cobo y Estébanez (2021) coinciden con Rodríguez (2021b) al señalar que **no existe medida alguna (ya sea técnica, organizativa, higiénica, etc.) que garantice la protección total de un trabajador ya que no existe un umbral de protección conocido**. Exposiciones breves en el tiempo pueden originar efectos adversos en el trabajador. Este aspecto es importante para no bajar la guardia ante exposiciones bajas tanto en tiempo como en concentraciones.

Al igual que sucede en otros riesgos, los EPI y en este caso los EPR no pueden ser elementos que substituyan a otras medidas adoptadas. Siempre serán un complemento de las otras medidas que se implanten.

6.3.1.5.2.2 Selección.

La elección de EPI debe realizarse según la legislación vigente y según la magnitud del riesgo determinada por el tiempo de exposición y la concentración. Para la protección contra el polvo INVASSAT (2021b) sugiere protecciones del tipo P3 o FFP3 si son mascarillas autofiltrantes (ver **figura 30**). Estos filtros P3 pueden ir acompañados de adaptador facial. Otros EPR más sofisticados dirigidos a exposiciones de SCR más peligrosas serían los equipos filtrantes ventilados (Cobo y Estébanez 2021).

El EPR debe ser adecuado al riesgo y cómodo para el trabajador. Rosell (2021b) indica que las mascarillas con válvula de exhalación son más aceptadas por las personas trabajadoras con exposición a SCR pues facilita mejor la respiración. En los tiempos que corren, este tipo de EPR se debería confrontar con los protocolos oficiales o particulares de cada empresa vinculados con el covid19, ya que durante los momentos duros de la pandemia se desaconsejaron los equipos con estas válvulas ya que no evitaban la exhalación de aerosoles que podían contener el virus.

La entrega de EPI por si sola no sirve; debe ir siempre acompañada con información del adecuado uso, mantenimiento, colocación, mantenimiento, etc. No hacerlo implica el riesgo de que el trabajador emplee mal el EPI menoscabando su capacidad de protección.

6.3.1.5.2.3 Uso

Hay que verificar el correcto funcionamiento y limpieza de los EPR y almacenarlos en lugares seguros. Para ello es importante seguir las indicaciones del fabricante y que estas sean conocidas por los empleados.

Además del funcionamiento hay que buscar posibles irregularidades que afecten su funcionamiento, por ejemplo que no tenga roturas, que se ajuste bien, que las válvulas no tengan defectos y son las correctas y el adecuado estado de las bandas de ajuste.

Al ser la SCR un agente cancerígeno, es muy importante que el equipo ajuste bien y que se forme y se conciencie a las personas para que se lo amolden bien. Se debe conseguir que el perímetro del EPR se ajuste bien a la cara aislando boca y nariz del exterior.

Con la pandemia del covid19 se aprendió y se concluyó que por pequeños tramos que no se ajustan bien a la cara puede circular gran parte del aire que se inhala y se exhala. La forma ideal de comprobar el ajuste es a través de los “test de ajuste” que son obligados en muchos países aunque en España no lo es.



Figura 30. Mascarilla autofiltrante FFP3 empleada en el sector de baldosas cerámicas de Castelló para proteger a las personas trabajadoras de la SCR. Fuente: propia.

NOTA: Obsérvense los diferentes elementos: válvula de exhalación, gomas ajustables, carcasa interior, espuma para mejorar el confort y el ajuste, etc.

6.3.1.5.3 Otras medidas higiénicas.

-Aseo personal: según el apartado 6.1e del Real Decreto 665/1997 el centro de trabajo debe disponer de retretes y aseo adecuados y apropiados. Este punto se debe complementar con las disposiciones que se indican en el anexo V del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Atendiendo al apartado 6.2 del Real Decreto 665/1997, las personas trabajadoras identificadas en la evaluación como expuestas dispondrán para su aseo personal de un tiempo que no excederá los 10 minutos antes de la comida ni los 10 minutos antes de acabar la jornada laboral.

-Duchas de aire: son cabinas cerradas en donde entra una persona y recibe una corriente de aire que arrastra cualquier partícula sólida que se encuentre en su ropa o parte visible de su cuerpo consecuencia de haber estado en zonas con niveles de polvo. La ducha de aire puede

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

recorrer el cuerpo entero o el usuario puede escoger qué zona ventilar. Existe un sistema de aspiración en la parte del suelo por donde se evacuan el aire y las partículas (ver **figura 31**).

Este sistema es aconsejable para trabajadores con periodos prolongados en zonas con polvo y SCR o para trabajadores que puedan entrar y salir de estas zonas (zonas sucias).



Figura 31. Ducha de aire ubicada en una fábrica de fabricación de baldosas cerámicas. Fuente: elaboración propia.

-Prohibir beber, comer y fumar en zonas con riesgo de exposición: aparte de que puedan existir otros riesgos, otras normativas que prohíban estas acciones y parte de las

consideraciones higiénicas, en un ambiente con SCR, comer, beber y fumar significa despojarse del EPR y por tanto exponerse.

-Ropa de trabajo: esta directriz queda establecida en el art. 6.1 del Real Decreto 665/1997. El empresario deberá facilitar ropa limpia, adecuada, y de forma diaria. Debe hacerse cargo de su limpieza e instalar una doble taquilla para la ropa de trabajo (sucia) y la de calle (limpia).

Algunas empresas de baldosas cerámicas han ido más allá y estas dos zonas las han implantado en los propios vestuarios. De esta forma la persona trabajadora se quita la ropa sucia en una zona, se ducha y sale por otra parte del vestuario donde está ubicada la taquilla con su ropa de calle. En cualquier caso queda prohibido que el trabajador se lleve la ropa a casa.

Si es una empresa externa quién se hace cargo de la ropa sucia, esta debe ser entregada en recipientes cerrados y convenientemente etiquetados (Cobo y Estébanez, 2021).

6.3.2 Vigilancia de la salud.

Se trata de una de las actividades preventivas clave cuando se trata de higiene industrial. En el caso de la SCR cobra mayor relevancia debido a su potencial tóxico, a la dificultad en controlar su exposición y a que puede originar dos enfermedades profesionales según recoge el cuadro del anexo I de Real Decreto 1299/2006.

6.3.2.1 Marco legal.

6.3.2.1.1 Obligaciones del empresario y trabajadores.

El art. 22 de la Ley 31/1995 señala que **la vigilancia de la salud es obligatoria para el empresario** en función de los riesgos inherentes al trabajo. En el caso de la SCR la obligación de la vigilancia de la salud además viene refrendada en el art. 6.1 del Real Decreto 374/2001 y el art. 8 del Real Decreto 665/1997 (ver apartado 6.1 de esta investigación).

La obligación en el caso concreto de la SCR también queda establecida en el art. 243.1 del Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social, cuando indica:

Todas las empresas que hayan de cubrir puestos de trabajo con riesgo de enfermedades profesionales están obligadas a practicar un reconocimiento médico previo a la admisión de los trabajadores que hayan de ocupar aquellos y a realizar los reconocimientos periódicos que para cada tipo de enfermedad se establezcan en las normas...

Ahora bien, mientras que para el empresario garantizar la vigilancia de la salud es una obligación, **para el trabajador esta es voluntaria salvo algunas excepciones** contempladas en la mismo art. 22 de la Ley 31/1995.

En el caso concreto de la SCR serían aplicables dos de las tres excepciones establecidas y por tanto también **resultaría obligatoria para el trabajador**. Estas son:

- Que «...la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores...».
- «...cuando así esté establecido en una disposición legal en relación con la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad».

En este caso la disposición legal es el art. 243.2 del Real Decreto Legislativo 8/2015, cuando al hacer referencia a las enfermedades profesionales se detalla que «Los reconocimientos serán a cargo de la empresa y tendrán el carácter de obligatorios para el trabajador...».

6.3.2.1.2 Características.

El art. 22 de la Ley 31/1995 indica que esta vigilancia de la salud debe causar la menor molestia al trabajador y ser proporcional a los riesgos. Se efectuará respetando el derecho a la intimidad, la dignidad de la persona y la confidencialidad de la información relacionada con la salud. Los resultados serán comunicados a las personas trabajadoras y no podrán ser usados con fines discriminatorios ni en perjuicio de estas. Estos resultados solo serán conocidos por personal médico y solo podrán tener acceso el empresario y otras personas con el consentimiento del trabajador. El empresario solo podrá conocer las conclusiones de la vigilancia de la salud en relación a la aptitud de la persona o por si se requiere introducir mejoras preventivas.

Las pruebas deberán ser realizadas por personal médico cualificado en los términos que indique la ley y la compañía deberá guardar documentación sobre estos resultados de la vigilancia de la salud según el art. 23 de la Ley 31/1995.

De acuerdo al art. 37.3c del Real Decreto 39/1997 la vigilancia de la salud estará sometida a protocolos específicos con respecto a los factores de riesgo que elabora el Ministerio de Sanidad. En el caso de la SCR aplica el “Protocolo de vigilancia sanitaria específica: silicosis”.

De acuerdo con el mismo artículo la vigilancia de la salud deberá constar de una historia clínico-laboral donde se incluya:

...datos de anamnesis, exploración clínica y control biológico y estudios complementarios en función de los riesgos inherentes al trabajo, se hará constar una descripción detallada del puesto de trabajo, el tiempo de permanencia en el mismo, los riesgos detectados en el análisis de las condiciones de trabajo, y las medidas de prevención adoptadas.

En el caso de trabajadores expuestos a sílice cristalina, el apartado 4.1.1 del protocolo de vigilancia sanitaria específica para la silicosis (Ministerio de Sanidad, 2020) desarrolla con todo lujo de detalles cómo debe ser esta historia clínico-laboral.

6.3.2.1.3 Periodicidad.

Según el Real Decreto 39/1997, la vigilancia de la salud se tendrá que hacer con la siguiente frecuencia:

- Evaluación médica inicial después de incorporarse al trabajo.
- Cuando se incorporen al trabajo tras una ausencia prolongada por motivos de salud para detectar posibles causas profesionales y recomendar acciones si fuera el caso.
- Una vigilancia de la salud periódica, que generalmente suele ser anual.
- El art. 22.5 de la Ley 31/1995 indica que cuando los riesgos inherentes al trabajo lo hagan necesario la vigilancia de la salud se prolongará más allá de la finalización de la relación laboral (control post-ocupacional).

En el caso de la SCR aplicaría este último apartado por las propias características del agente y porque se ha documentado el diagnóstico de la silicosis años después de la exposición laboral. Aunque el país, la actividad y la época son diferentes al caso que se analiza en este trabajo, una investigación en personas trabajadoras de minas de oro en Sudáfrica determinó que al 57% se les había diagnosticado silicosis después del cese laboral en las minas (Hnizdo & Sluis-Cremer, 1993).

Además del control post-ocupacional el art. 6.8d del Real Decreto 374/2001 apunta que si se determina que un trabajador sufre una enfermedad como consecuencia de la exposición a un agente químico se deberá mantener la vigilancia de la salud de este trabajador y se procederá al examen del resto que hayan podido padecer una exposición similar.

El protocolo de vigilancia sanitaria específica para la silicosis contempla un calendario de reconocimientos médicos igual que el desglosado en el Real Decreto 39/1997.

Por su parte el Real Decreto 665/1997 y concretamente su guía técnica (INSST, 2017) distingue los siguientes controles médicos:

- Antes del inicio de la actividad, para poder observar si hay alteraciones y cambios en la salud de la persona trabajadora una vez expuesta a agentes cancerígenos y mutágenos.
- Al igual que antes, cuando se incorporen al trabajo tras una ausencia prolongada por motivos de salud para detectar posibles causas profesionales y recomendar acciones si fuera el caso.
- A intervalos periódicos según lo determinen la normativa vigente, los protocolos específicos si aplicaran o según el criterio médico.
- Cuando la evaluación de riesgos ponga de manifiesto la exposición de uno o varios trabajadores se han expuesto a agentes cancerígenos o mutágenos.

Como se observa, los Reales Decretos 374/2001 y 665/1997 no aportan cambios substanciales en cuanto a la periodicidad de los controles médicos, salvo en los casos en los que se produzca

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

una enfermedad vinculada con un agente químico, o la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos.

Solo la diferencia en el control inicial que se produzca antes de la incorporación al puesto de trabajo con presencia de agentes cancerígenos o mutágenos (Real Decreto 665/1997) o después (Real Decreto 39/1997).

Aparte de estos controles médicos, García (2020) señala la existencia de controles médicos por demanda del trabajador o del empresario y los que se realizan a trabajadores especialmente sensibles.

6.3.2.2 El protocolo de vigilancia sanitaria específica para la silicosis.

Según Ministerio de Sanidad (2020) el protocolo aplica a las personas «que durante su jornada laboral vayan a estar expuestos, estén expuestos o hayan tenido exposición a inhalación de polvo con contenido en sílice cristalina».

Dos detalles sobre este punto. Primero, viene implícito el control post-ocupacional. **Segundo, el ámbito de aplicación no se basa en la SCR sino en el polvo que la contiene.** Por tanto a falta de interpretaciones de fuentes más expertas, se entiende que las personas trabajadoras de cualquier sección o puesto de trabajo donde se detecte polvo con contenido de sílice cristalina (sin especificar la cantidad) están sujetas al protocolo.

A estas personas se les realizará un **control médico general** y se les aplicarán las indicaciones contempladas en este **protocolo específico**. Aparte, se pueden requerir otros protocolos derivados de otros riesgos detectados en la evaluación (por ejemplo ruido o manipulación manual de cargas).

El protocolo establece tres tipos de prevención: **la primaria** que consiste en mantener los niveles de SCR en niveles óptimos, **la secundaria** cuando la silicosis está en sus primeras fases y hay que establecer medidas y **la terciaria** que intenta evitar la progresión de la enfermedad y la aparición de otras relacionadas como la EPOC o el cáncer de pulmón.

La vigilancia de la salud en el caso de este protocolo tiene dos aspectos: **la vigilancia de la salud individual** a partir de controles médicos y **la colectiva** que relaciona el estado de salud de los trabajadores en general con las condiciones de trabajo. Esta última complementa la vigilancia individual y debe ser tenida en cuenta por empresarios, técnicos de PRL de la empresa, SPA, etc.

La metodología para el análisis de la vigilancia colectiva gira alrededor de la utilización de indicadores que faciliten observar la evolución de los grupos laborales a los que se les realiza los controles médicos. Por ejemplo comparando los diferentes grupos de nivel de exposición, diferentes periodos o por la aplicación de medidas preventivas (García, 2020).

Para García (2020) los objetivos de la vigilancia colectiva son:

- Conocer la frecuencia y la distribución de los problemas de salud derivador de la exposición a SCR.
- Conocer la frecuencia y la distribución de las condiciones de exposición a SCR.
- Observar tendencias con el paso del tiempo.
- Detectar casos en un mismo grupo que hagan sospechar de alguna situación anómala.
- Aportar información para la adopción de medidas y evaluar las medidas adoptadas.

Teniendo en cuenta esto es interesante concluir que **la medicina del trabajo no se ciñe a la salud del individuo únicamente, sino que analiza esta dentro del conjunto formado por otras personas trabajadores para intentar obtener patrones que permitan detectar situaciones potencialmente peligrosas y adoptar medidas** si estas fueran precisas.

Sobre la vigilancia de la salud individual, las pruebas médicas a realizar para las personas expuestas a polvo con sílice cristalina son según el protocolo específico:

- Anamnesis (interrogatorio al paciente) para conocer su puesto de trabajo, hábitos, el estado de salud, posibles síntomas relacionados con la silicosis, etc.
- Exploración física (al menos auscultación pulmonar).
- Pruebas de imagen (radiografías de tórax).
- Pruebas de función pulmonar (espirometría).
- Otras que se consideren necesarias.

Estas pruebas se realizarán en el control médico inicial y en el periódico -generalmente anual- salvo las pruebas radiológicas que para determinar el periodo, **en el caso de los trabajadores cerámicos se recurrirá a las mediciones realizadas en la evaluación higiénica.**

El anexo I del protocolo determina que el concepto de “conformidad” según la norma UNE-EN 689:2019 es el que debe tener en cuenta el médico del trabajo al realizar un análisis de las mediciones higiénicas realizadas en una compañía. Cuidado con este detalle porque es importante, ya que el médico determinará la periodicidad de las exploraciones radiológicas en función de esta “conformidad”.

El diagnóstico de la silicosis por exposición laboral se basa en los siguientes aspectos:

- Historia laboral de exposición a inhalación de sílice con plausibilidad biológica.
- Hallazgos radiológicos consistentes con silicosis
- Exclusión de otras causas alternativas.

Las conclusiones de la vigilancia de la salud desde el prisma de la PRL se deben comunicar al empresario y al órgano competente en forma de recomendaciones para que actúen según los resultados y la responsabilidad que asumen.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Asimismo el responsable de vigilancia de la salud informará al trabajador sobre su exposición a sílice, riesgos, medidas preventivas recomendadas y la puesta en práctica adecuada de estas. En caso de sospecha de que un trabajador pudiera tener silicosis se iniciaría la tramitación de un caso de sospecha de enfermedad profesional y se informaría al trabajador.

El protocolo también establece el procedimiento de actuación en caso de que un trabajador fuera diagnosticado con silicosis. La primera recomendación será la interrupción de la exposición y en función del grado de afectación emitiría un informe de aptitud.

En caso de silicosis simple:

- La persona trabajadora deberá ocupar un puesto de trabajo sin presencia de SCR.
- Si hay exposición a polvo inerte los niveles de estos deberán ser aceptables y habrá que facilitar EPI.
- Se realizarán mediciones periódicas para verificar la situación.
- Si no existiera un puesto sin exposición se le debería tramitar el reconocimiento de EI la incapacidad permanente.
- El médico del trabajo informará a empresarios y órganos competentes sobre la adopción de medidas para controlar o reducir el riesgo de exposición al resto de trabajadores en función del nivel de exposición y los resultados de la vigilancia de la salud.
- Si se detecta un caso de silicosis la empresa deberá proceder buscando otros posibles casos entre el resto del personal.
- A los enfermos se les recomendarán una serie de medidas para evitar y descartar otras posibles enfermedades.

Según el art. 9.3 del Real Decreto 665/1997, los historiales médicos individuales deberán conservarse durante cuarenta años después de finalizada la exposición. Debe conservarse también la evaluación de riesgos así como los criterios de evaluación, medición o análisis utilizados.

Cuando una persona trabajadora abandone un puesto donde ha tenido exposición a SCR:

- Se le indicará sobre los riesgos inherentes a esa exposición.
- Se le informará sobre los controles médicos post-ocupacionales a los que será sometido.
- Se le entregará un informe que contenga los puestos de trabajo desempeñados, tiempo, los riesgos asociados, dosis de SiO₂ a la que estuvo expuesto, las medidas preventivas individuales adoptadas y la información médica relevante.

6.3.3 Formación e información.

Se trata de otro de los pilares fundamentales de la PRL. Que la persona trabajadora esté correctamente formada e informada de los riesgos a los que se expone tanto generales como los específicos de su puesto de trabajo, así como de todas las medidas preventivas y actividades que se han implantado de protección y prevención de dicho riesgo. Esta obligación genérica y sus características vienen determinadas en los art. 18 y 19 de la Ley 31/1995.

Por su parte el art. 9 del Real Decreto 374/2001 se sumerge en la formación e información que debe recibir la persona trabajadora derivada del contacto y exposición con agentes químicos. El operario debe recibir información y formación sobre la evaluación de riesgos originados por dichos agentes (en este caso por la SCR), información sobre los agentes químicos presentes (denominación, riesgos, VLA, etc.), precauciones y medidas de protección individual y colectiva y acceso a la FDS. Las características básicas de la formación e información respecto a este RD vienen estipuladas en los apartados 3 y 4 del artículo mencionado.

El art. 11 del Real Decreto 665/1997 también explica detalladamente las medidas formativas e informativas que deben recibir las personas trabajadoras que puedan exponerse a agentes cancerígenos y mutágenos. Concretamente debe formar e informar sobre los riesgos asociados al tabaco, precauciones para prevenir la exposición a SCR, disposiciones en materia de higiene personal, utilización y empleo de EPI y consecuencias de la selección, de la utilización y del empleo de estos y las medidas que deberán adoptar los trabajadores, en particular el personal de intervención, en caso de incidente y para la prevención de incidentes.

El mismo artículo contempla que dicha formación e información deberá «...adaptarse a la evolución de los conocimientos respecto a los riesgos, así como a la aparición de nuevos riesgos». Y establece también la necesidad de repetirse periódicamente para refrescar a los trabajadores los riesgos, medidas, etc. Al respecto INVASSAT (2021b) sugiere repetir la formación cada 2 años.

Desde esta investigación se han consultado diferentes documentos sobre el esquema, contenido, etc. que debe tener la formación e información relativa a la SCR. Por su amplitud, nivel de detalle, por cumplir con las exigencias de los dos RD mencionados y por el organismo que lo avala, se considera que el índice que sugiere INVASSAT (2021b) es el más interesante de cara a desarrollar las actividades de formación e información en lo relativo a la SCR. En el **anexo II** de este trabajo se puede ver dicho contenido.

6.3.4 Otros aspectos de la Ley 31/1995

En este apartado al igual que en los anteriores no se va a profundizar en las disposiciones generales contenidas en la Ley 31/1995 sobre estos aspectos, al tratarse de pilares esenciales de la PRL que son ampliamente conocidos por cualquier técnico.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Sin embargo **es interesante resaltar que desde que la SCR entró a formar parte del Real Decreto 665/1997, la exposición a SCR se considera un “proceso peligroso o con riesgos especiales” de los desglosados en el anexo I del Real Decreto 39/1997, con lo cual la fabricación de baldosas cerámicas pasa a considerarse una actividad con un proceso peligroso.**

Esto conlleva una serie de cambios que son los que resumidamente se comentarán en este punto.

6.3.4.1 Coordinación de actividades preventivas (CAE).

Todos los protocolos relativos a la CAE vienen desarrollados en el artículo 24 de la Ley 31/1995 y en Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

La reclasificación de la actividad de fabricación de baldosas dentro del anexo I del Real Decreto 39/1997, implica estos cambios relevantes a nivel de CAE:

- El intercambio de información entre empresas se realizará por escrito (Cobo y Estébanez, 2021).
- Una de las cuatro condiciones para la designación de una o más personas encargadas de la CAE, es que se desarrollen actividades o procesos contemplados en el anexo I del RD 39/1997. A partir de ahora esta condición aplicará a las empresas con exposición a SCR.

6.3.4.2 Protección de trabajadores especialmente sensibles.

Aparte el Real Decreto 665/1997, en su art. 3.2b indica que la evaluación de riesgo deberá tener en cuenta los posibles efectos sobre la seguridad y la salud de trabajadores especialmente sensibles a estos riesgos.

En INSST (2013) en referencia a los agentes químicos también especifica que la evaluación de riesgos tenga en cuenta a los trabajadores especialmente sensibles cuando de pueda producir inhalación del agente.

Sin embargo ambas directrices perderían peso específico ya que según INSST (2017) no se podrá permitir el acceso a trabajadores especialmente sensible a determinados riesgos en las zonas con presencia de SCR.

En cualquier caso convendrá clarificar qué tipo de sensibilidad es incompatible con la exposición a SCR, cuestión que todo apunta a que acabe determinando un médico del trabajo.

6.3.4.3 Protección de la maternidad.

Según Cobo y Estébanez (2021):

Las mujeres embarazadas o con lactancia natural tienen prohibido acceder a las zonas con riesgo de exposición a agentes cancerígenos o mutágenos. En este caso se deberán prever puestos de trabajo sin exposición a polvo de SCR en los que se pueda ubicar a las trabajadoras que se encuentren en dicha situación. Si ello no fuera posible, las trabajadoras pueden proceder a solicitar el subsidio por riesgo para el embarazo o la lactancia natural a su Mutua.

6.3.4.4 Protección de los menores

Los trabajadores menores de edad que laborarán para una empresa de baldosas cerámicas en cualquiera de las modalidades previstas por la ley (por ejemplo en prácticas) no podrán tener acceso a las zonas con riesgo de exposición a SCR (INSST, 2017).

6.3.4.5 ETT's.

Siguiendo la línea anterior y según INSST (2017):

Cabe recordar aquí que los trabajos con riesgo de exposición a agentes cancerígenos o mutágenos son considerados actividades de especial peligrosidad por el Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal (ETT), por lo que, en consecuencia, no se pueden celebrar contratos de puesta a disposición con los trabajadores de ETT.

No queda claro al respecto si los contratos de puesta a disposición no se pueden realizar en todas las secciones y puestos de trabajo o solamente en los que hay exposición a SCR.

6.3.4.6 Documentación.

Citando a Cobo y Estébanez (2021):

En aquellas empresas en las que existan trabajadores expuestos a SCR, al tratarse de un agente cancerígeno, el empresario deberá disponer de toda la documentación relacionada con la evaluación de riesgos así como las mediciones realizadas y un listado actualizado de trabajadores indicando la exposición a la cual hayan estado sometidos en la empresa.

El empresario debe garantizar la conservación de los historiales médicos de los trabajadores expuestos, teniendo en cuenta la normativa de protección de datos de carácter personal.

Esta documentación deberá conservarse durante 40 años después de terminada la exposición, remitiéndose a la autoridad laboral, Departamento de Trabajo de cada

comunidad autónoma, en caso de que la empresa cese en su actividad antes de dicho plazo.

6.3.5 Otros aspectos sobre el anexo I del Real Decreto 39/1997

Como se ha comentado antes la inclusión de la SCR en el Real Decreto 665/1997 implica que la exposición a esta se considere un proceso peligroso o con riesgos especiales según el anexo I del Real Decreto 39/1997. Esta incorporación genera unos cambios que en parte se han comentado en apartado anterior y ahora se comentan otros que también aplican al sector de la fabricación de baldosas cerámicas:

-En empresas pequeñas de menos de 10 trabajadores o de 25 con un único centro de trabajo, el empresario puede asumir la actividad preventiva si cumple una serie de requisitos. Uno de ellos es que la actividad desarrollada no esté en el anexo I del Real Decreto 39/1997. **Por tanto en aquellas empresas con exposición a SCR el empresario no puede asumir la prevención.**

-**El Servicio de Prevención Propio para empresas del anexo I es obligatorio si tiene un tamaño a partir de 250 trabajadores.** Antes de entrar en dicho anexo era de 500 personas trabajadoras.

-Las empresas de menos de 50 personas trabajadoras **podían disponer de un único documento con el plan de prevención, la evaluación de riesgos y las actividades preventivas.** Al ser parte del anexo I aquellas con presencia de SCR ahora no podrán hacerlo.

-Las empresas menores de 50 trabajadores que desarrollan actividades preventivas con recursos propios y la eficacia del sistema de prevención resulta evidente por la poca cantidad de trabajadores y la poca complejidad de sus actividades, no requerían realizar la auditoría reglamentaria tras cumplimentar el anexo II del Real Decreto 39/1997 y enviarlo a la autoridad laboral. **Si la actividad está comprendida dentro del anexo I del Real Decreto 39/1997 ahora tienen obligación de realizarla.**

-Las auditorías reglamentarias eran obligatorias cada 4 años. **Al estar dentro del anexo I el periodo se recorta a 2.**

-La formación de PRL de nivel básico es de 30 horas. Las empresas con actividades del anexo I **esa formación la deben ampliar a 50 horas.**

-El Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social, en sus artículos 7 y 8a especifica las infracciones en caso de cumplir algunos criterios en materia de CAE. **El hecho de formar parte de actividades del anexo I sube la calificación de las infracciones de graves a muy graves.**

-En el art. 32 bis de la Ley 31/1995 se indican las circunstancias que requieren la presencia de recursos preventivos. En el apartado 1b se explica que una de estas circunstancias es cuando se desarrollen actividades contempladas en el anexo I.

En el caso de las empresas de baldosas cerámicas la posible exposición a SCR es una situación que se produce constantemente, durante 24 horas al día en las empresas a tres turnos, durante los 365 del año salvo paradas para mantenimiento.

Entonces tal vez no tenga sentido en este caso ya que estamos ante un proceso en continuo y no ante un trabajo que pueda generar riesgos puntuales fruto de una realización de un trabajo en un momento concreto.

En cualquier caso, una posible salida a esta situación es la especificada en el criterio técnico Nº 83/2010 sobre la presencia de recursos preventivos en las empresas, centros y lugares de trabajo aprobado por la Dirección General de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social; en el que se indica que una persona trabajadora puede ejercer su actividad productiva normal y a la vez la preventiva como recurso preventivo, si la realización de la primera no perjudica e influye en la segunda.

7 CONCLUSIONES

A continuación se desarrollan las diferentes conclusiones según los diferentes aspectos y puntos de vista que se han ido desgranando en el presente trabajo.

7.1 Toxicidad de la SCR.

- ✓ No hay duda que la SCR es un agente químico peligroso para la salud de las personas trabajadoras que se exponen a ella frecuentemente en el desarrollo de sus tareas diarias. Desde hace siglos se han descrito sus efectos y desde principios de siglo XX hubo un reconocimiento institucional a nivel mundial sobre los riesgos para la salud laboral. Poco a poco numerosos estados fueron reconociendo sus efectos, desarrollando medidas preventivas, trabajos de investigación, vigilancia de la salud en las personas expuestas así como indemnizaciones para los enfermos.
- ✓ Es innegable tras infinidad de investigaciones y décadas de estudios científicos que la exposición continuada a SCR puede provocar silicosis. En España ha sido incluida en todos los cuadros de enfermedades profesionales que se han legislado: 1936 (no aprobado), 1947, 1961, 1978 y 2006.
- ✓ Existe consenso científico y numerosos organismos se han pronunciado al respecto (IARC, SCOEL, RICCIIST, INSST, IPCS, ACGIH o el NCI entre otros) de que personas trabajadoras con silicosis tienen más posibilidades de desarrollar cáncer de pulmón, aunque también existe cierto debate al respecto. En España el cáncer de pulmón por exposición a SCR se considera enfermedad profesional desde 2018.
- ✓ Que la exposición a SCR origine directamente cáncer de pulmón (sin el paso previo por la silicosis) es una hipótesis bastante débil ya que pocos estudios aseveran la existencia de esta relación.
- ✓ Otros enfermedades y efectos en el cuerpo humano también han sido descritos en diversos trabajos científicos en personas trabajadoras expuestas, aunque por ejemplo en el estado español no se considerarían enfermedades profesionales. En el anexo II del Real Decreto 1299/2006 no hay constancia de otras enfermedades que se sospecha pueden provenir de la exposición a SCR. Otra cosa muy diferente es que estas se originen previo paso por la silicosis. Esta posibilidad se ha descrito en algunos de los estudios toxicológicos mencionados.
- ✓ Si no existe ese paso previo, cualquier otra enfermedad del trabajo en donde la SCR estaría implicada debería ser reconocida por vía judicial y declararse accidente laboral.
- ✓ No existe una relación causa-efecto lineal y clara entre la exposición a SCR y sufrir una enfermedad profesional. La toxicidad de esta por exposición laboral depende de la confluencia concreta y específica de una serie de factores y circunstancias: actividad

productiva, proceso concreto dentro de esta actividad, diseño del lugar de trabajo, condiciones ambientales y energéticas, características físicas de las materias primas y productos con SCR (capacidad de generar polvo, tamaño de partícula, superficie, morfología, % de SCR sobre el total, polimorfo, etc.), características genéticas individuales, hábitos del afectado (exposoma), tiempo y concentración de exposición, medidas de prevención adoptadas de todo tipo, legislación aplicable, etc.

- ✓ En España y Castelló, las cifras bajas de enfermedades profesionales como la silicosis y el cáncer de pulmón por exposición a SCR no deben menospreciar el riesgo ya que este sigue latente y este agente puede contribuir a agravar enfermedades respiratorias comunes.

7.2 La SCR en la fabricación de baldosas en Castelló.

- ✓ Las materias primas utilizadas en el sector de fabricación de baldosas cerámicas de Castelló tienen altos porcentajes de sílice cristalina. Por sus propiedades físicas y químicas tras la cocción de las piezas cerámicas, hoy en día no se concibe esta actividad productiva sin estas materias, es decir sin sílice cristalina.
- ✓ Los procesos donde más niveles de SCR se ha detectado en cientos de mediciones y evaluaciones higiénicas, son aquellos donde las diversas materias primas se trabajan en seco en ausencia de agua, lo que favorece la generación de polvo.
- ✓ Las operaciones de limpieza de las instalaciones también pueden ser procesos controvertidos si las metodologías y sistemas que se utilizan permiten que el polvo acumulado regrese al medio ambiente.
- ✓ A la hora de realizar las evaluaciones higiénicas no hay que tener solamente en cuenta las secciones de una factoría, sino las operaciones y procesos que se desarrollan en cada una de ellas. Dentro de una misma sección, los resultados de la concentración de SCR pueden diferir considerablemente según la operación que se realice.
- ✓ La modificación del VLA a nivel estatal y la adopción de un umbral más estricto respecto a la normativa europea ha incrementado el esfuerzo y los costes para gestionar la presencia de SCR en los lugares de trabajo en el sector de fabricación de baldosas cerámicas de Castelló.
- ✓ El sector ha mostrado resiliencia ante los cambios realizado un considerable esfuerzo para implantar medidas preventivas para la eliminación, reducción y control del riesgo de exposición a este agente químico.
- ✓ Debido a la reciente modificación del Real Decreto 665/1997, sobre la protección de las personas trabajadoras contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes

cancerígenos durante el trabajo; el sector sigue inmerso en la adopción de nuevos paquetes de medidas preventivas para adecuar sus procesos productivos a las disposiciones contempladas en este RD, que resultan ser mucho más exigentes y explícitas que las existentes en otras normas aplicables como el Real Decreto 374/2001.

- ✓ Este Real Decreto 665/1997 y desde la entrada de la SCR en el mismo, ha propiciado que las compañías de fabricación de baldosas cerámicas desarrollen actividades comprendidas en el Anexo I del Real Decreto 39/1997. Esto junto a un VLA más exigente y la aplicación de la norma UNE-EN 689 para la determinación estadística de la conformidad, implican un nivel de exigencia elevado que obliga al diseño de una planificación de la actividad preventiva completa, variada y efectiva.
- ✓ Los criterios técnicos aprobados por el INVASSAT suponen un ejemplo de descentralización técnica para adaptar un RD a una idiosincrasia productiva concreta, además de ser una herramienta esencial para dividir las secciones y los puestos de trabajo de una compañía en función de la presencia y detección de la SCR.
- ✓ La labor de investigación de instituciones como la UJI y el ITC está siendo clave para comprender mejor la dinámica del polvo y para reducir la toxicidad de la SCR presente en el cuarzo. Esta corriente de conocimiento es esencial para definir nuevas líneas de trabajo y estrategias de prevención.
- ✓ También ha sido importante la capacidad de adaptación y evolución de los SPA, compañías de ingeniería, etc. aportando soluciones innovadoras para el control y la reducción de la SCR en el sector cerámico y otros.

7.3 Planificación de las actividades preventivas.

- ✓ Según fuentes consultadas la aplicación de diversas medidas de protección hasta la reducción de la exposición hasta niveles bajos no garantiza la protección del trabajador al no existir un umbral de exposición seguro.
- ✓ Es difícil evitar el polvo salvo que las materias primas susceptibles de generar SCR se manipulen en todo momento en sistemas cerrados y estancos. Esto implica que la correcta gestión del riesgo por exposición a SCR será consecuencia de la suma de diversos tipos de medidas.
- ✓ Existe una amplia gama de medidas preventivas para reducir la exposición a SCR en el ámbito laboral. En función de las particularidades de un centro de trabajo se pueden requerir unas u otras. En cualquier caso deben priorizarse aquellas que eviten la generación de polvo de la materia prima y la eliminación de este en el foco de emisión.
- ✓ La generación de polvo de una materia prima debería ser una variable tan importante como el porcentaje de SCR que contiene y la exposición del trabajador. Por tanto

debería tenerse en cuenta en cualquier evaluación de riesgos y en la medida de lo posible debería ser un dato contenido en las FDS.

- ✓ La modificación del anexo II del REACH a través del Reglamento (UE) 2020/878 ya sugiere que pueda indicarse en la FDS la información sobre la generación de polvo de un material, lo que supone un espaldarazo a esta herramienta.
- ✓ El conocimiento de los niveles de generación polvo que tiene una determinada materia prima sería, sin lugar a dudas, una herramienta que proporcionaría información y facilitaría la adopción de medidas preventivas y la sustitución de lo peligroso por aquello que entraña poco o ningún peligro, y así cumplir con los principios de la acción preventiva (art. 15 de la Ley 31/1995).
- ✓ En trabajos científicos consultados en esta investigación se ha determinado que la una composición cerámica puede modificar su capacidad de emitir polvo en función de la humedad de esta. Por tanto debería ser otra línea de trabajo a fin de reducir la emisión de polvo respirable y sílice en ambientes laborales.
- ✓ Cuando de un agente cancerígeno se trata, actividades preventivas como son la vigilancia de la salud, la formación e información, protección de menores, etc. adquieren una dimensión clave para garantizar la seguridad y la salud de las personas trabajadoras.

8 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- ✓ Estudiar la sustitución de materias primas que generen polvo por otras que generen menos polvo y por tanto menos presencia de SCR en el ambiente.
- ✓ Analizar en especial el proporcionar la información sobre la capacidad de generar polvo que tiene cada materia prima ya que podría permitir escoger entre aquellas que menos polvo pueden originar en el lugar de trabajo.
- ✓ Valorar la inclusión en las FDS de más información y datos sobre las propiedades de las partículas en suspensión que puede generar cada producto químico, materia prima, material, etc. y muy especialmente algún índice que determine la cantidad de polvo que genera una materia prima.
- ✓ Evaluar la posibilidad de que ciertas materias primas puedan ser servidas por los proveedores con unas características concretas que supongan la generación de menos polvo en el ambiente.

9 BIBLIOGRAFÍA

AENOR (1995). Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles. UNE-EN 481:1995.

AENOR (2014). Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la capacidad de emisión de polvo de los materiales a granel. Parte 1: Requisitos y elección de los métodos de ensayo. UNE-EN 15051-1:2014

AENOR (2015). 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. UNE-EN 13205-1:2015

AENOR (2016). Exposición en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medida de los agentes químicos. UNE-EN 482:2012+A1:2016

AENOR (2017). Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la capacidad de emisión de polvo de los materiales a granel. Parte 2: Método del tambor rotatorio. UNE-EN 15051-2:2014+A1:2017

AENOR (2019). 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. UNE-EN 689:2019.

AENOR (2019). Exposición en el lugar de trabajo. Medición del polvo de los materiales a granel que contienen o liberan nanoobjetos o partículas submicrométricas. Parte 1: Requisitos y elección de los métodos de ensayo. UNE-EN 17199-1:2019

Alcázar, A. (2014). La enfermedad profesional en España. *Ciencia Forense: Revista Aragonesa de Medicina Legal* 11, 17-40.

Álvarez, C. (2019). Objeto y campo de aplicación norma UNE 689-2019 (UNE 689-1996). *Unimat Prevención*.

Álvarez, R.F., González, C.M., Martínez, A.Q., Pérez, J.J., Fernández, L.C., & Fernández, A.P. (2015). Normativa para el diagnóstico y seguimiento de la silicosis. *Archivos De Bronconeumología*, 51, 86-93.

American Lung Association (2020). ¿Qué es la fibrosis pulmonar? <https://www.lung.org/espanol/salud-pulmonar-y-enfermedades/fibrosis-pulmonar> [Consulta: octubre de 2021].

Anfitec (2021). Qué es una frita. *Asociación Nacional de Fabricantes de Fritas, Esmaltes y Colores Cerámicos*.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

<https://www.anffecc.com/es/fritas#:~:text=Una%20frita%20cer%C3%A1mica%20es%20%E2%80%9CUna,forma%20de%20escamas%20o%20gr%C3%A1nulos%E2%80%9D>. [Consulta: octubre de 2021].

Àngela Colls (2021). Baldosa roja cocida [Imagen]. Recuperado de <https://www.angelacolls.com/es/baldosa-roja-cocida-20x20x0.7cm/product/1961>

Anlar, H.G., Bacanlı, M., İritaş, S., Bal, C., Kurt, T., Tutkun, E., Hinc Yilmaz, O., Basaran, N., (2017). Effects of Occupational Silica Exposure on OXIDATIVE Stress and Immune System Parameters in Ceramic Workers in Turkey. *J. Toxicol. Environ. Heal. Part A* 80, 688–696.

Artes cerámicas (2021). Estructura vítrea. <https://artesceramicas.com/2021/02/10/estructura-vitrea/> [Consulta: octubre de 2021].

Aróstegui, V. (2017). Lista de agentes cancerígenos según IARC [Imagen]. *Material Educativo*. Recuperado de <https://fullseguridad.net/2017/06/02/listado-agentes-cancerigenos-segun-iarc/>

Ascer (2020). Impacto socioeconómico y fiscal del sector de azulejos y pavimentos cerámicos en España. *Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos*. https://transparencia.ascer.es/media/1039/informe-impacto-socioeco-sector-cer%C3%A1mico_ascer.pdf [Consulta: septiembre de 2021].

Ascer (2021a). Un sector competitivo. *Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos*. <https://www.ascer.es/sectorDatos.aspx?lang=es-ES> [Consulta: septiembre de 2021].

Ascer (2021b). La sílice cristalina, fracción respirable en el sector de fabricación de azulejos y pavimentos cerámicos. *Seguridad laboral*. https://www.seguridad-laboral.es/prl-por-sectores/energia-e-industria/la-silice-cristalina-fraccion-respirable-en-el-sector-espanol-de-fabricacion-de-azulejos-y-pavimentos-ceramicos_20210415.html [Consulta: septiembre de 2021].

Balamuralikrishnan, B., Balachandar, V., Subramaniam, M. S., Alagumuthu, K. K., Sureshkumar, S., Arun, M., Arun, S., Padmavathi, K., Razeena, A. and Gomathi, M. (2014). Assessment of genotoxic and humoral immune system alterations in silica exposed workers from pottery industries in South India. *Stoch Env. Res. Risk A*. 28: 1801–1814.

Baltuille, J.M. (2009). Materias primas nacionales alternativas para la fabricación de baldosas cerámicas. *Varios*. http://info.igme.es/SidPDF/139000/999/139999_0000001.pdf

Başaran, N., Shubair, M., Undeğer, U., Canpınar, H., Kars, A. (2002). Alterations in immune parameters in foundry and pottery workers. *Toxicology*. Sep 2;178(2):81-8.

Benavent, O. (2021). Comunicación personal 17/11/2021.

Birk, T., Burch, M.T., Mundt, K.A. (2003). Quality based critical review (QBCR) of the epidemiological literature on silica, silicosis, tobacco smoking and lung cancer. Sankt Augustin: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

Birk, T., Mundt, K.A., Guldner, K., Parsons, W., Luippold, R.S. (2009). Mortality in the German porcelain industry 1985-2005: first results of an epidemiological cohort study. *J Occup Environ Med.* Mar;51(3):373-85.

Camargo, K.V., Fernández, P.L., Malo, M., & Santabasilisa, A. (2016). Evidencia científica en sandblasting y neumopatías. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 62(245), 381-401. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2016000500009&lng=es&tlng=es [Consulta: octubre de 2021].

Cañavete, G. (2019). Nueva norma UNE EN 689 de exposición inhalatoria de agentes químicos. *Oficina Técnica de Prevención*. <https://evaluacionpsicosocial.com/nueva-norma-une-en-689-exposicion-inhalatoria-agentes-quimicos/> [Consulta: octubre de 2021].

Castejón, E. (2019a). Antecedentes y análisis de la versión 2019 de la norma UNE-EN 689 de exposición inhalatoria de agentes químicos. *MC Mutual*. https://www.mc-mutual.com/documents/20143/2029342/norma_une_en_689.pdf/d28744ca-9f6d-9be7-8e54-7b7d0f933bb4 [Consulta: noviembre de 2021].

Castejón E. (2019b). El nuevo valor límite para la sílice enfrenta a los sindicatos con el Gobierno en funciones: ¿quién tiene razón? *Prevención Integral*. <https://www.prevencionintegral.com/comunidad/blog/entre-sin-llamar/2019/11/19/nuevo-valor-limite-para-silice-enfrenta-sindicatos-con-gobierno-en-funciones-quien-tiene-razon> [Consulta: septiembre de 2021].

Cavariani, F., Di Pietro, A., Miceli, M., Forastiere, F., Biggeri, A., Scavalli, P., Petti, A., Borgia, P. (1995). Incidence of silicosis among ceramic workers in central Italy. *Scandinavian journal of work, environment and health*, 21 (Suppl. 2):58–62.

ChemSpider (2021). Silicon dioxide. <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.22683.html?rid=a9245167-1c02-4d44-80c0-a9e3e5328413> [Consulta: octubre de 2021].

Chen, C.J. (2002) The study of health effect among ceramics manufacturing workers. *Report No. IOSH90-M345*. Institute of Occupational Safety and Health, Taiwan.

Chen, W., Bochmann, F., Sun, Y. (2007). Effects of work related confounders on the association between silica exposure and lung cancer: A nested case-control study among Chinese miners and pottery workers. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 80. 320-6. 10.1007/s00420-006-0137-0.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Cherry, N., Burgess, G., Turner, S., McDonald, J. (1998). Crystalline silica and risk of lung cancer in the potteries. *Occupational and Environmental Medicine*. 55. 779-85. 10.1136/oem.55.11.779.

Cobo, M.E. y Estébanez S. (2021). Guía para el control de la exposición a polvo de sílice. *Asepeyo*. https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/R1E21268-Guia-para-el-control-de-la-exposicion-a-polvo-de-silice_Asepeyo.pdf

Cocco, P., Rice, C.H., Chen, J.Q., McCawley, M.A., McLaughlin, J.K., Dosemeci, M (2001). Lung cancer risk, silica exposure, and silicosis in Chinese mines and pottery factories: the modifying role of other workplace lung carcinogens. *Am J Ind Med*; 40(6): 674-82.

Comisión Europea (2016). Orientaciones para los inspectores nacionales de trabajo sobre cómo combatir los riesgos derivados de la exposición de los trabajadores a la sílice cristalina respirable (SCR) en las obras. *Comité de Altos Responsables de la Inspección de Trabajo (SLIC)*. <https://circabc.europa.eu/ui/group/fea534f4-2590-4490-bca6-504782b47c79/library/901a6c4c-2a1f-49a9-978b-027bb43fe287/details> [Consulta: octubre de 2021].

Cortés, J.L (2020). *Riesgos por exposición a la SCR (sílice cristalina respirable): fabricación de fritas y esmaltes*. Trabajo Final de Máster. Castelló: Universitat Jaume I.

Criado, E., Enrique, J.E. (1994). Tendencias generales en la industria española de cerámica y refractarios. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio*, 33 [3], 125-134.

Decreto de 10 de enero de 1947, por el que se crea el Seguro de Enfermedades Profesionales. BOE núm. 21, de 21/01/1947. Disponible en: <https://www.boe.es/datos/pdfs/BOE//1947/021/A00486-00490.pdf>

Decreto 792/1961, de 13 de abril, por el que se organiza el aseguramiento de las enfermedades profesionales y la Obra de Grandes Inválidos y Huérfanos de fallecidos por accidente de trabajo o enfermedad profesional. BOE núm. 128, de 30/05/1961. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1961-10345

Decreto 2065/1974, de 30 de mayo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. BOE núm. 173, de 20/07/1974. Disponible en: <https://boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1974-1165>

Dirección General de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social (2010). Criterio técnico N 83/2010 sobre la presencia de recursos preventivos en las empresas, centros y lugares de trabajo.

https://www.mites.gob.es/itss/ITSS/ITSS_Descargas/Atencion_ciudadano/Criterios_tecnicos/C_T_83-2010.pdf

Directiva 90/394/CEE del Consejo, de 28 de junio de 1990, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos durante el trabajo. DOCE núm. 196, de 26/07/1990. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1990-80951>

Directiva 2004/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo. DOCE núm. 158, de 30/04/2004. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2004-81146>

Directiva (UE) 2017/2398 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2017, por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo. DOCE núm. 345, de 27/12/2017. Disponible en: <https://boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2017-82594>

Dong, D., Xu, G., Sun, Y., Hu, P. (1995) Lung cancer among workers exposed to silica dust in Chinese refractory plants. *Scandinavian journal of work, environment and health*, 21 (Suppl. 2):69–72.

ECHA (2021). Silicon dioxide. *Substance infocard*. <https://echa.europa.eu/es/substance-information/-/substanceinfo/100.028.678> [Consulta: octubre y noviembre de 2021].

Escrig, A. (2011). Trabajos en el sector cerámico. Jornada técnica *Institut Valencià de Seguretat i Salut al Treball*. <https://invassat.gva.es/documents/161660384/161741789/Trabajos+en+el+sector+cer%C3%A1mico/db74b626-153c-406b-910d-c4e1c2ec7cd7> [Consulta: octubre de 2021].

Forastiere, F., Lagorio, S., Michelozzi, P., Cavariani, F., Arca, M., Borgia, P., Perucci, C., Axelson, O. (1986). Silica, silicosis and lung cancer among ceramic workers: a case-referent study. *Am J Ind Med.*;10 (4):363-70.

Forastiere, F., Goldsmith, D., Sperati, A., Rapiti, E., Miceli, M., Cavariani, F., Perucci, Carlo. (2002). Silicosis and Lung Function Decrements among Female Ceramic Workers in Italy. *American journal of epidemiology*. 156. 851-6. 10.1093/aje/kwf120.

Fubini, B. (2001). The role of surface chemistry in the variability of crystalline silica Hazard. *Cer. Acta*, 13, 42-44.

Galán, E. & Aparicio, P. (2006). Materias primas para la industria cerámica. *Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía*, 2, 31-49.

García, C. (2020). Sílice cristalina y vigilancia de la salud. *Unimat Prevención*.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

González, G. (2008). El Reglamento de policía minera de 1897: Sus principales aportaciones en materia de prevención de riesgos laborales. *IUSLabor*, 1. <https://raco.cat/index.php/IUSLabor/article/view/119857>

Gómez, E. (2019). La consideración del polvo respirable de sílice cristalina como agente cancerígeno. *Unión de Mutuas*. <https://www.uniondemutuas.es/wp-content/uploads/2019/11/Union-de-Mutuas-Emilio-Gomez-SILICE.pdf> [Consulta: noviembre de 2021].

Gómez Tena M.P., Zumaquero E., Ibañez M.J., Machí C., Escrig A. (2012) Sílice cristalina respirable: Metodologías de análisis. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio*. 2012; 51(2): 119-126.

Gres Aragón (nd). Safety instructions for working with ceramics tiles. [Folleto].

Hnizdo, E., Sluis-Cremer, G.K. (1993). Risk of silicosis in a cohort of white South African gold miners. *Am J Ind Med*; 24:447-57.

HSE-GB (Health and Safety Executive - Great Britain) (nd). Control de sílice cristalina respirable en canteras [Folleto].

Hueper WC (1966): "Occupational and Environmental Cancers of the Respiratory System". Berlin: Springer-Verlag.

IARC (1987). Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC Monographs volumes 1 to 42. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum Suppl*, 7: 1-440. PMID:3482203. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-Supplements/Overall-Evaluations-Of-Carcinogenicity-An-Updating-Of-Iarc-Monographs-Volumes-1%E2%80%9342-1987>

IARC (1997). Crystalline silica - inhaled in the form of quartz or cristobalite from occupational sources (Group 1) Amorphous silica (Group 3). *World Health Organization-IARC*. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Vol. 68. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_118098.pdf

INSST (1999). NTP 526: valores límite de la exposición profesional en la Unión Europea y en España. https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_526.pdf/6106bde0-c213-48a6-9b22-6fb9f9a1d37d?version=1.0&t=1617977428827

INSST (2006a). NTP 731: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (I): aspectos generales. https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_731.pdf/e127bae8-1650-4bfa-98a3-0ea4d2a2f060?version=1.0&t=1617977667139

INSST (2006b). Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada.

https://www.insst.es/documents/94886/359418/CR_003_A06.pdf/f87021c9-7046-4bd1-8064-8b73c9a0928b?version=1.0&t=1528890481105

INSST (2007). NTP 765: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (III): muestreadores de la fracción torácica, respirable y multifracción.

<https://www.insst.es/documents/94886/327740/ntp-765.pdf/b9f1ba1a-6163-46ed-9059-4ecf4026a9a3>

INSST (2008a). NTP 800: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (V): recomendaciones para la toma de muestra de los aerosoles.

<https://www.insst.es/documents/94886/326775/800+web.pdf/afe8d433-606a-44cb-b945-212f013b4c78?version=1.0&t=1617977921096>

INSST (2008b). *Las etiquetas cambian de cara* [Folleto].

[https://www.insst.es/documents/94886/375493/Cuadr%C3%ADptico+Sistema+globalmente+armonizado+de+etiquetado+y+clasificaci%C3%B3n+de+productos+qu%C3%ADmicos+-+A%C3%B1o+2012+\(en+cat%C3%A1logo\)](https://www.insst.es/documents/94886/375493/Cuadr%C3%ADptico+Sistema+globalmente+armonizado+de+etiquetado+y+clasificaci%C3%B3n+de+productos+qu%C3%ADmicos+-+A%C3%B1o+2012+(en+cat%C3%A1logo))

INSST (2008c). Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2008. Instituto Nacional de seguridad y Salud en el Trabajo.

<https://www.sindicatoferroviario.com/DOCUMENTACION/SALUDLABORAL/LEGISLACION/DIAQ.PDF>

INSST (2013). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo, según el Real Decreto 374/2001.

<https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+agentes+qu%C3%ADmicos+relacionados+con+los+lugares+de+trabajo/7ff71954-0742-4cf4-bc30-7a9ffea37429>

[Consulta: octubre y noviembre de 2021].

INSST (2014). Síntesis de la evidencia científica relativa al riesgo de sufrir cáncer de pulmón por la exposición laboral a sílice cristalina. *Red de Institutos y Centros de Investigación en Seguridad y Salud en el Trabajo (RICISST)*

<https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/sintesis-de-la-evidencia-cientifica-relativa-al-riesgo-de-sufrir-cancer-de-pulmon-por-exposicion-laboral-a-silice-cristalina> [Consulta: octubre y noviembre de 2021].

INSST (2015). Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2015. Instituto Nacional de seguridad y Salud en el Trabajo

<https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/limites-exposicion-quimicos-2015.pdf>

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

INSST (2017). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo, según el Real Decreto 665/1997. <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+la+exposici%C3%B3n+durante+el+trabajo+a+agentes+cancer%C3%ADgenos+o+mut%C3%A1genos/3123850f-f2a6-4f7d-ba66-20203161b38e> [Consulta: noviembre de 2021].

INSST (2019). *¡Cuidado! Que se cuele por la nariz* [Folleto]. Departamento de Metrología de Agentes Químicos Centro Nacional de Verificación de Maquinaria – INSST. <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/folleto.-muestreo-de-materia-particulada-cuidado-que-se-cuela-por-la-nariz-ano-2019>

INSST (2021). Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2021. <https://www.insst.es/documents/94886/1637405/LEP+2021.pdf/3e65c9ac-0708-f262-4808-2562cc9e0134?t=1620397240887>

INVASSAT (2021a). Enfermedades profesionales de la Comunitat Valenciana septiembre de 2020 - agosto 2021. INVASSAT. EE01-211002. <https://invassat.gva.es/documents/161660384/173121811/EE01-211002+Estad%C3%ADstica+de+enfermedades+profesionales.+Septiembre+2020-Agosto+2021/d7871fec-6557-4a44-ae0b-7a3e2ce4d05f>

INVASSAT (2021b). Exposición laboral por vía inhalatoria a agentes químicos cancerígenos o mutágenos. *Monografías del INVASSAT MG04-210102*. <https://invassat.gva.es/documents/161660384/174266239/MG04-210102+Exposici%C3%B3n+laboral+por+v%C3%ADa+inhalatoria+a+agentes+qu%C3%ADmicos+cancer%C3%ADgenos+o+mut%C3%A1genos/8a32efb6-ee70-4338-8a7a-db7013deed11>

ITC (2017). Reducen la toxicidad de la sílice cristalina respirable en las industrias con el proyecto SILIFE. <https://www.itc.uji.es/reducen-la-toxicidad-de-la-silice-cristalina-respirable-en-las-industrias-con-el-proyecto-silife/> [Consulta: noviembre de 2021].

Jindal, S. K. 2013. Silicosis in India: Past and present. *Curr. Opin. Pulm. Med.* 19: 163–168.

Kurihara, N. & Wada O. (2004). Silicosis and smoking strongly increase lung cancer risk in silica-exposed workers. *Ind Health*. Jul; 42(3): 303-14.

Lacasse, Y., Martin, S. & Desmeules, M. (2005). Silicose, sílice et cancer du poumon: méta-analyse de la littérature médicale. Québec: *Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail*.

Lacasse, Y., Martin, S., Gagné, D. & Lakhal, L. (2009). Dose-response meta-analysis of silica and lung cancer. *Cancer Causes Control*: 20(6): 925-33.

Lagorio, S., Forastiere, F., Michelozzi, P., Cavariani, F., Perucci, C.A., Axelson, O. (1990). A case-referent study on lung cancer mortality among ceramic workers. *IARC Sci. Publ.*; 97: 21-8.

Lázaro, Alberto & Portilo, C. & Torre, J. & Bastida, J. (2012). Características físicas y composicionales de pastas de gres porcelánico con arcillas de Teruel. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio*, 51, 201-210.

Ley de Bases de Enfermedades Profesionales de 13 de julio de 1936. Disponible en: <http://www.ub.edu/ciudadania/hipertexto/evolucion/textos/social1936.htm>

Ley 31/1995, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales. BOE núm. 269, de 10/11/1995. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31/con>

Liao, C.M., Wu, B.C., Cheng, Y.H., You, S.H., Lin, Y.J., Hsieh, N.H. (2015). Ceramics manufacturing contributes to ambient silica air pollution and burden of lung disease. *Environ Sci Pollut Res Int*. Oct;22(19):15067-79.

López-Lilao, A., Escrig, A., Orts, M.J., Mallol, G. y Monfort, E. (2016) Quartz dustiness: A key factor in controlling exposure to crystalline silica in the workplace, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13:11, 817-828,

López-Lilao, A. (2017). *Análisis de la influencia de las características de los materiales pulverulentos sobre su poder de emisión de polvo*. Tesis doctoral. Castelló: Universitat Jaume I.

https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/406143/2017_Tesis_Lopez%20Lilao_Ana.pdf;jsessionid=13925F7E6661362EA4EB774AC6A7C27F?sequence=1

Madera, J., Menéndez P., Carballo, M., Freijo, J. y Fernández, E.M. (2015). Guía para el control del riesgo por exposición a sílice cristalina respirable. *Instituto Nacional de Silicosis*. <https://energia.gob.es/mineria/Seguridad/Guias/Gu%C3%ADas/Guia-control-riesgo-exposicion-s%C3%ADlice-cristalina-respirable-Empresas-sujetas-RGNBSM.pdf> [Consulta: octubre de 2021].

Martínez, C. y Menéndez, A (2006). El Instituto Nacional de Silicosis y las enfermedades respiratorias profesionales en España. En: Álvarez-Sala Walther, J.L.; Casan Clarà, P.; Villena Garrido, V. (eds.), *Historia de la neumología y la cirugía torácica españolas*. Madrid: Ramírez de Arellano Editores, pp.145-162.

Maya I. (2021). *La sílice libre cristalina y su nuevo tratamiento como agente cancerígeno*. Mutua Universal. <http://trabajosaludable.mutuauniversal.net/es/articulos/La-silice-libre-cristalina-y-su-nuevo-tratamiento-como-agente-cancerigeno/#:~:text=Aunque%20el%20valor%20%C3%ADmite%20para,salud%20y%20seguridad%20de%20los> [Consulta: septiembre de 2021].

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

McLaughlin, J.K., Jing-Qiong, C., Dosemeci, M., Rong-An, C., Rexing, S.H., Zhien, W., Hearl, F.J., McCawley, M.A., Blot, W.J. (1992). A nested case-control study of lung cancer among silica exposed workers in China. *British Journal of Industrial Medicine*, 49:167–171.

Meijers, J.M., Swaen, G.M., Slangen, J.J. (1996). Mortality and lung cancer in ceramic workers in The Netherlands: preliminary results. *Am J Ind Med*. Jul;30(1):26-30.

Merlo, F., Costantini, M., Reggiardo, G., Ceppi, M., Puntoni, R. (1991). Lung cancer risk among refractory brick workers exposed to crystalline silica: a retrospective cohort study. *Epidemiology*, 2(4):299–305.

Ministerio de Sanidad (2020). Protocolo de vigilancia sanitaria específica: silicosis. <https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/silicosis.pdf>

Ministry of Health. China's Health Statistics Yearbook 2011. Beijing, China: *Peking Union Medical College Press*.

Monfort, E., Ibáñez, M.J. y López-Lilao, A. (2019). Proyecto SILIFE: ¿Cómo reducir la toxicidad de la sílice cristalina respirable? *SILIFE: Production of quartz powders with reduced crystalline silica toxicity*. p. 14 <http://www.silife-project.eu/wp-content/uploads/2020/10/D20-Dissemination.pdf>

Monfort, E. (2021a). Comunicación personal 15/11/2021.

Monfort, E. (2021b). Comunicación personal 22/11/2021.

Mosquera, H., Cardozo A., L. E., & Ruíz D., C. M. (1983). Evaluación de moldes cerámicos en procesos de fundición. *Ingeniería e Investigación*, (6), 18-27. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.n6.28867>

Mundt, K.A., Birk, T., Parsons, W., Borsch-Galetke, E., Siegmund, K., Heavner, K., Guldner, K. (2011). Respirable crystalline silica exposure-response evaluation of silicosis morbidity and lung cancer mortality in the German porcelain industry cohort. *J Occup Environ Med*. Mar;53(3):282-9.

Nebot, I. (2021). Comunicación personal 15/09/2021.

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. BOE Núm. 215, de 07/09/2007. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-16041>

Ortells, V. (2005). La indústria ceràmica a la Plana de Castelló. Tradició històrica i mundialització actual. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, Barcelona, N° 58, págs. 35-66.

Pitarch, M.A. (2021). Comunicación personal 18/11/2021.

PortCastelló (2020). PortCastelló descarga 177.000 toneladas de arcilla en una semana. *Web Port Castelló* <https://www.portcastello.com/comunicacion/notas-de-prensa/2020/portcastello-descarga-177-000-toneladas-de-arcilla-en-una-semana/> [Consulta: octubre y noviembre de 2021].

Poyatos, A. et al. (2012). Nuevo sistema para la medida y control de la presión máxima de prensado en los alveolos del molde. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio*, 51 [2], 35-40.

Proceso de producción de cerámica en las instalaciones de Gayafores [Imagen]. Youtube [Consulta: octubre de 2021].

Puchau, J.J (2019). La consideración del polvo de sílice libre cristalina como agente cancerígeno. Burjassot: *Institut Valencià de Seguretat i Salut al Treball*.14p. (Apuntes técnicos del Invassat; 19-1).

Puntoni, R., Goldsmith, D.G., Valerio, F., Vercelli, M., Bonassi, S., Di Giorgio, F., Ceppi, M., Stagnaro, E., Filiberti, R., Santi, L., Merlo, F. (1988) A cohort study of workers employed in a refractory brick plant. *Tumori*, 74:27–33.

Real Decreto 1995/1978, de 12 de mayo, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social. BOE Núm. 203, de 25/08/1978. Disponible en: <https://boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1978-21849>

Real Decreto 2821/1981, de 27 de noviembre, por la que se modifica el párrafo cuarto, punto tercero, del apartado D del Decreto 1995/1978, de 12 de mayo, que aprobó el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social. BOE Núm. 287, de 01/12/1981. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1981-27725>

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE Núm. 27, de 31/01/1997. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-1853>

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. BOE Núm. 97, de 23/04/1997. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8668>

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE Núm. 97, de 23/07/1997. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

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. BOE Núm. 124, de 27/07/1997. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-11145>

El Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social. BOE Núm. 189, de 08/08/2000. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2000-15060&tn=2>

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. BOE Núm. 104, de 01/05/2001. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-8436>

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales. BOE Núm. 27, de 31/01/2004. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2004-1848>

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. BOE núm. 302, de 19/12/2006. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-22169>

Real Decreto 1150/2015, de 18 de diciembre, por el que se modifica el 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. BOE núm. 303, de 19/12/2015. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2015-13874>

Real Decreto 257/2018, de 4 de mayo, por el que se modifica el 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. BOE núm. 109, de 05/05/2015. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-6046>

Real Decreto 1154/2020, de 22 de diciembre, por el que se modifica el 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. BOE núm. 334, de 23/12/2020. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-16833>

Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. BOE núm. 261, de 31/10/2015. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-11724

Recomendación de la Comisión, de 19 de septiembre de 2003, relativa a la lista europea de enfermedades profesionales. DOUE núm. 238, de 25/09/2003. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2003-81533>

Reglamento (CE) N° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n° 1907/2006. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2008-82637>

Reglamento (UE) 2020/878 de la Comisión de 18 de junio de 2020 por el que se modifica el anexo II del Reglamento (CE) n° 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH) <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2020-80958>

Reyes, J. (2007). Cerámica Industrial: Producción de Pavimento y Revestimiento Cerámico. *Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Alicante, Facultad de Ciencias* https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13558/1/CeramInd_JARLIQUA.pdf [Consulta: octubre de 2021].

Ribalta, C., Viana, M., López-Lilao, A., Estupiñá, S., Minguillón, M., Mendoza, J., Díaz, J., Dahmann, D. y Monfort, E. (2019). *On the Relationship between Exposure to Particles and Dustiness during Handling of Powders in Industrial Settings*. *Ann Work Expo Health*. 63, 107-123. <https://academic.oup.com/annweh/article/63/1/107/5223647>

Ribalta, C. (2019). *Worker exposure to airborne particles in industrial settings: evaluation of exposure assessment and modelling tool*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/10803/667260>

Ribalta, C. (2021). Comunicaciones personales 5, 7 y 8/10/2021.

Rice, F. (2000). Crystalline Silica, Quartz. *World Health Organization*. Concise International Chemical Assessment Document 24. <https://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad24.pdf> [Consulta: noviembre de 2021].

Rodríguez, V.E. y San Félix, V. (2020). Servicio integral para el diagnóstico y control de la gestión de la SCR en plantas industriales. *Unimat Prevención e ITC*.

Rodríguez, V.E. (nd). Estrategia higiénica, mapeo (SCR). *Unimat Prevención*.

Rodríguez, V.E. (2021a). Comunicación personal 18/11/2021.

Rodríguez, V.E. (2021b). Comunicación personal 22/11/2021.

Rosell, D. (2021a). Comunicación personal 25/10/2021.

Evaluación de riesgos y planificación de la actividad preventiva para reducir el impacto de la sílice cristalina durante la fabricación de baldosas en el sector cerámico de Castelló.

Rosell, D. (2021b). Entrevista y visita a planta 15/11/2021.

Rosell, D. (2021c). Comunicación personal 17/11/2021.

Sacmi (2021). Prensas serie veloce. <https://sacmi.com/es-ES/ceramics/Azulejos/Prensado-ceramico/Prensa-VELOCE> [Consulta: octubre de 2021].

Sacmi (2017). Discontinuous mills, mulini discontinui, molinos discontinuos [Imagen]. [https://sacmi.com/SacmiCorporate/media/ceramics/Catalogues/MTD-Sacmi-\(EN-IT-ES\).pdf](https://sacmi.com/SacmiCorporate/media/ceramics/Catalogues/MTD-Sacmi-(EN-IT-ES).pdf) [Consulta: octubre de 2021].

Sacmi (2014). ATM, Spray-Driers, Atomizzatori, Atomizadores [Imagen]. [https://www.sacmi.com/SacmiCorporate/media/ceramics/Catalogues/ATM-Sacmi-\(EN-IT-ES\).pdf](https://www.sacmi.com/SacmiCorporate/media/ceramics/Catalogues/ATM-Sacmi-(EN-IT-ES).pdf) [Consulta: octubre de 2021].

Sanitas (nd). Estrés oxidativo. <https://www.sanitas.es/sanitas/seguros/es/particulares/biblioteca-de-salud/estilo-vida/estres-oxidativo.html> [Consulta: septiembre de 2021].

Seguridad Social (2021). Número de partes cerrados como E.P. con baja distribuidos por grupos de enfermedad y CNAE (nivel de agrupación letra) Total. *CEPROSS*. https://www.seg-social.es/wps/wcm/connect/wss/85eeafbb-1f2d-4cbb-821d-a1d3b313e2f6/Tabla+10+Total.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=linktext&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18_2G50H38209D640QTQ57OVB2000-85eeafbb-1f2d-4cbb-821d-a1d3b313e2f6-nNm8ewy [Consulta: noviembre de 2021].

Sílice y salud (2019). Fracciones. <https://www.siliceysalud.es/index.php/el-polvo-y-la-scr/la-silice/fracciones/> [Consulta: octubre de 2021].

Soto, P. (2021). Comunicación personal 24/11/2021.

Sousa, E (nd). Fracciones inhalable, torácica y respirable. *INSST*. <https://www.insst.es/documents/94886/214929/Fracciones+inhalable%2C+tor%C3%A1cica+y+respirable.+Encarnaci%C3%B3n+Sousa.pdf/a537a66f-575b-4db6-94c9-3763d7b160c8?t=1528718694958> [Consulta: octubre de 2021].

Tierra Atomizada (2021). Laboratorio de I+D+i [Imagen]. Recuperado de <http://www.tierraatomizada.com/cms/es/generic/laboratorio-e-i-d-i/>

Unimat Prevención (2014). Medidas preventivas para el control y la reducción de la exposición a polvo ambiental en el sector cerámico. Jornada técnica *Institut Valencià de Seguretat i Salut al Treball*. <https://invassat.gva.es/documents/161660384/161741795/Valencia+2014+SILICOAT+Ponenc>

[ia+2+Riesgo+sector+cer%C3%A1mico+Rodr%C3%ADguez/903e44a9-ccf7-46be-81a8-a238f6897964](#) [Consulta: octubre de 2021].

WHO (2016). Ambient Air Pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. *World Health Organization*, 1–131. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/250141> [Consulta: noviembre de 2021].

Wikipedia (2021). Silicon dioxide. https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_dioxide#Natural_occurrence [Consulta: octubre de 2021].

Winter, P., Gardner, M., Fletcher, A., Jones, R (1990). A mortality follow-up study of pottery workers: preliminary findings on lung cancer. *IARC Sci Publ.* 97: 83-94.

Zhou, T., Rong, Y., Liu, Y., Zhou, Y., Guo, J., Cheng, W., Wang, H., and Chen, W. (2012). Association between proinflammatory responses of respirable silica dust and adverse health effects among dust-exposed workers. *J. Occup. Environ. Med.* 54: 459–465.

Zona Hogar (2021). Cómo saber si una baldosa es de gres [Imagen]. Recuperado de <https://www.zonahogar.es/como-saber-si-una-baldosa-es-de-gres/>

10 ANEXOS

Anexo I - Instrucciones de seguridad para trabajar con baldosas cerámicas Fuente: Gres Aragón, nd.

SAFETY INSTRUCTIONS FOR WORKING WITH CERAMIC TILES

Tiles are made from raw materials of mineral origin (clay mostly) that have been mixed with water, dried, shaped and fired in kilns at a high temperature. Some have a layer of glaze on one surface that has also been fired along with the base. Tiles are used as a construction material to clad the surface of facades, walls and floors.

EMERGENCY (Spain) +34 91 592 04 20

National Institute of Toxicology and Forensic Sciences (Spain, 24hr./365 days)

Manufacturer/Company: Gres Aragón

Address (city, Postcode, country): Ctra. Escatrón, 9, 44600 Alcañiz, Teruel

Telephone/E-mail: 978 83 05
11/gresaragon@gresaragon.com

The information provided in this leaflet is based on our current knowledge at the date indicated, refers exclusively to the product stated and does not constitute a guarantee as to the specific properties of the product. It is the user's responsibility to use the product in accordance with the recommendations and advice provided.

1. DANGERS

Intact ceramic tiles are not known to have any adverse effects on health or the environment.

Dust can be produced during some handling processes (Cutting, rectifying, disposal etc.) that, because of its abrasive effect, can irritate parts of the body exposed to it.

The dust released to the environment during these operations contains respirable crystalline silica (RCS), the inhalation of which can provoke acute or chronic silicosis (nodular fibrosis of the lungs) depending on how much dust the person is exposed to and for how long. Silicosis is a risk factor as regards developing lung cancer.

The amount of RCS contained in the dust that can be released by ceramic tiles during their handling is variable as it depends on their composition and on the size of the particles produced (RCS particles are smaller than 4 µ). A preliminary study in a process of rectification of tiles reveals that it contains far less than 1% crystalline silica.

2. FIRST AIDS



Dust inhalation:
Take the affected person outside into the fresh air. Administer artificial respiration if necessary.



Contact with the eyes:
Open the eyes and wash with plenty of clean water.



Ingestion of dust:
This is unlikely to occur. The product is not toxic nor is retained in the intestinal tract.



Contact with the skin:
Wash with soap and water. If the skin is broken, proceed in accordance with the seriousness of the cut.

3. STORAGE

No special conditions are required for the safe storage of ceramic tiles, nor are they incompatible with other products or materials. They have a very long useful life as they do not degrade easily.

4. DISPOSAL

Waste from ceramic tiles is classified as inert material so can be disposed of at a dump authorised for the purpose in accordance with applicable regulations.

5. TRANSPORTATION

Ceramic tiles are rated as non hazardous merchandise by International land, sea and air transportation classifications.

6. SAFE HANDLING

The measures described refer to processes that involve creating dust and/or breaking ceramic tiles such as cutting and rectification.

GENERAL MEASURES

Ensure the work space is well ventilated. Avoid creating and dispersing dust. Wet working methods and practices that avoid or reduce the production of dust are recommended. Where it is not possible to avoid producing dust a localised extraction system should be put in place or the material should be handled in a closed system. Collect the dust produced regularly using suction mechanisms or wet cleaning methods.

PERSONAL PROTECTION

While handling ceramic tiles:
Wear gloves to avoid possible cuts and scratches. Wear safety shoes/boots to avoid the feet being hurt should a tile or tiles fall on them.

During processes that generate dust.
Use breathing protection, safety glasses and appropriate clothing to avoid exposure to the dust.

It is recommended that you seek advice from the suppliers of personal protective equipment (PPE) to determine which are the most appropriate for the particular workplace and amount of dust.

FIRE PREVENTION

Ceramic tiles are not combustible.
Observe standard fire protection provisions.

PROTECTING THE ENVIRONMENT

Purify any spillages and emissions taking account of applicable maximum values.

USEFUL INFORMATION

Occupational exposure limit values proposed in Spain by the National Institute of safety and hygiene at work (INSHT)
<http://bdiep.insht.es/LEP2017/>

Occupational exposure limit values proposed in USA, collected by Occupational Safety and Health Administration (OSHA)
<https://www.osha.gov/dsg/annotated-peils/tablez-1.html>

Guide to safety and occupational risk prevention for professional floor and Wall tile installers. Source: PROALSO (Association of Professional Floor and Wall Tile Installers)
http://www.proalso.es/maoes/pdf/M7%20PRL_web.pdf

Good practise guide on workers health protection through the good handling and use of crystalline silica and products containing it.
Source: NEPSI (The European Network on Silica)
<http://www.nepsi.eu/good-practice-guide>

GRES ARAGÓN

SOLUTIONS FOR LIVING

"These safety instructions have been drafted with technical advice from the Institute for Ceramic Tile Technology"

ASCER
Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Revolveres Cerámicos
C/ Nueva España, 10 - 46100 Sagunto (Valencia)

ITC
Instituto Tecnológico de Cerámica
C/ Nueva España, 10 - 46100 Sagunto (Valencia)

Anexo II- Índice del contenido específico para la formación e información sobre SCR. Fuente: INVASSAT, 2021b.

1. QUÉ ES LA SÍLICE CRISTALINA RESPIRABLE. CLASIFICACIÓN
2. RIESGOS POTENCIALES PARA LA SALUD
 - a) Vías de penetración principales.
 - b) Los riesgos potenciales para la salud relacionados con el polvo de sílice cristalina respirable, incluidos los riesgos adicionales debidos al consumo de tabaco.
 - c) Aspectos relativos a la vigilancia de la salud.
3. LEGISLACIÓN VIGENTE. REAL DECRETO 665/1997
 - a) Valores límite ambientales del polvo respirable y de la sílice cristalina.
 - b) Productos que contienen sílice cristalina y fichas de datos de seguridad.
4. CONTROL DEL POLVO RESPIRABLE DE SÍLICE CRISTALINA. PREVENIR LA EXPOSICIÓN
 - a) Mediciones higiénicas. Valoración y control del riesgo.
 - b) Medidas técnicas. Factores que influyen en la exposición y medidas preventivas a adoptar:
 - Sobre la fuente.
 - Sobre el medio.
 - Sobre el individuo.
 - c) Medidas organizativas.
 - Buenas prácticas que deben utilizarse en el lugar de trabajo y procedimientos de trabajo seguro.
 - Las precauciones que se deberán tomar para prevenir la exposición.
 - Las disposiciones en materia de higiene personal.
 - Medidas que deberán adoptar los trabajadores, en particular el personal de intervención, en caso de incidente y para la prevención de incidentes.
 - Precauciones y medidas adecuadas que deben adoptarse en el lugar de trabajo.
5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL
 - a) Selección, utilización y empleo de equipos y ropa de protección, y sus consecuencias.
 - b) Uso, ajuste y mantenimiento de equipos de protección.