

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Recibido para publicación: febrero 7 de 2015

Aceptado en forma revisada: julio 28 de 2015.

ISSN: 2145-5333

Salud y riesgos laborales por el manejo de sílice en el proceso de sandblasting

Health risks and labor management in the process of silica sandblasting

[José Del Carmen Jaimes Morales](#)¹, Ingrid Daniela Rocha Manjarrez², [Edna Margarita Gómez](#)

[Bustamante](#)³, [Carlos Alberto Severiche Sierra](#)⁴

RESUMEN

El proceso de limpieza de superficies mediante el impacto de un chorro de partículas abrasivas se conoce como blasting, cuando el abrasivo utilizado es la arena, se llama sandblasting. La arena contiene sílice, el cual es el segundo mineral más abundante en la naturaleza. La sílice cristalina al ser inhalada, hace que el tejido pulmonar reaccione desarrollando nódulos fibróticos, los cuales afectan la respiración disminuyendo su capacidad de oxigenación. Este tipo de neumoconiosis se conoce como silicosis que puede conllevar a la muerte. El control debe ser permanente y fundamentado en la disminución del factor de riesgo, cómo agente clave de la prevención. En este artículo se hace una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la salud y riesgos ocupacionales por el manejo de sílice en el proceso de sandblasting, inicialmente se abordan los usos de la sílice en la industria del

¹ Doctorante en Ciencias, Magister en Ingeniería, Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ingeniero de Alimentos, Licenciado en Química y Biología. Docente Investigador de la Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia. Universidad de Cartagena, Facultad de Enfermería, Grupo de Investigación en Cuidado a la Salud de los Colectivos. Campus de Zaragocilla, Área de Ciencias de la Salud. Correo electrónico: jjaimemor@yahoo.es

² Estudiante y Miembro del Semillero de Investigación del Programa de Salud Ocupacional de la Facultad de Enfermería, Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia.

³ Doctorado en Ciencias de la Educación, Magister en Enfermería, Especialista en Educación con énfasis en Evaluación, Especialista en Salud Familiar, Enfermera. Docente Investigador de la Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia.

⁴ Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Químico, Doctorante en Ciencias. Docente Investigador de la Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Colombia.

sandblasting, seguidamente se presenta la exposición ambiental, ocupacional y los efectos en la salud, además de dar a conocer el mecanismo de toxicidad y la normatividad vigente respecto al uso de este químico, por último se evidencian los retos presentes y futuros para el manejo adecuado y sostenible de la sílice en el ámbito industrial.

Palabras Claves: Abrasivo, Normatividad, Prevención, Silicosis, Toxicidad

ABSTRACT

The process of cleaning surfaces by the impact of a jet of abrasive particles known as blasting, when the abrasive sand is used, it is called sandblasting. Sand contains silica, which is the second most abundant mineral in nature. The crystal to be inhaled, silica causes lung tissue reacts by developing fibrotic nodules, which affect breathing capacity decreasing oxygenation. This type of pneumoconiosis known as silicosis which can lead to death. The control must be permanent and based on the reduction of the risk factor, how key prevention agent. In this paper a comprehensive literature review on health and occupational risks by handling silica in sandblasting process is done initially uses of silica in sandblasting industry are addressed, then the environmental, occupational exposure occurs and health effects, in addition to raising awareness of the mechanism of toxicity and the current regulations regarding the use of this chemical, finally the present and future challenges for the proper and sustainable management of the silica in industry are evident.

Keywords: Abrasive, Regulations, Prevention, Silicosis, Toxicity

INTRODUCCIÓN

El Sandblasting, es un término genérico usado para denominar el proceso de alisado, la elaboración y la limpieza de superficies duras, mediante el impacto en ellas de partículas sólidas con alta presión y velocidad (1, 2). El efecto es similar a la utilización de papel de lija, pero proporciona un acabado más uniforme, sin el inconveniente de lo poco accesible en las esquinas (3). El proceso se puede dar de forma natural como resultado de partículas de arena impulsadas por el viento causando la erosión eólica, o artificialmente, utilizando aire comprimido. Un proceso de arenado artificial fue patentado por Benjamin Chew Tilghman el 18 de octubre de 1870. Estas prácticas justifican una vigilancia rigurosa sobre el agente tóxico y sus efectos para el medio ambiente y sus trabajadores (4, 5).

La exposición aguda o crónica a la emisión de material particulado (PM por sus siglas en inglés) puede generar no solo problemas de salud ocupacional tales como afecciones respiratorias, irritación de ojos, piel, nariz y boca (6, 7), sino puede causar problemas de tipo industrial como explosiones e incendios de las plantas, daño a equipos, o baja visibilidad en el sitio de trabajo. Además de esto, la emisión de material particulado puede generar problemas en comunidades vecinas y ser causante de quejas y enfermedades. (8).

En el caso de la sílice donde las partículas tienen un tamaño de PM (material particulado) de 0.5, 2.5, 5, 10 micrómetros de diámetro, son de mayor importancia ya que son las que generalmente entran por la nariz y la garganta y finalmente llegan a los pulmones ocasionando graves estragos en la salud (9). La sílice es la denominación con que es conocido el dióxido de silicio (SiO_2), el cual se encuentra comúnmente en la corteza terrestre, las propiedades físicas y toxicológicas de la sílice dependen de la composición química y de la estructura molecular (10). La sílice se puede encontrar en forma cristalina y no cristalina, la forma de sílice cristalina corresponde a aquella en la que las moléculas están ordenadas bajo un mismo patrón, estructura en forma geométrica y relación angular de los átomos (11).

Los problemas de salud derivados de la exposición a la sílice cristalina han sido estudiados tanto en el ambiente laboral como las zonas cercanas a la zona de exposición (12). No obstante, la exposición que se presenta en el proceso de sandblasting con arena, tiene sílice en una concentración importante y por estar expuesto directa o indirectamente y en tiempos prolongados, se es propenso a adquirir la enfermedad de silicosis (13). Esta es una neumoconiosis caracterizada por la fibrosis pulmonar difusa secundaria, a la inhalación repetida de polvo que contiene sílice en forma cristalina (14, 15). Hasta hace pocos años, era una enfermedad frecuente debido a la gran cantidad de fuentes de exposición; hoy en día, su prevalencia ha disminuido. La silicosis aparece cuando se respiran polvos que contienen sílice libre (SiO_2), como el cuarzo, la arena y el granito en un 60 % de SiO_2 (16, 17, 18).

En esta revisión serán descritos algunos de los efectos causados por la sílice cristalina en el proceso de sandblasting sobre el ambiente y la salud de los trabajadores así como los riesgos asociados a la exposición ocupacional con este toxico.

USO DE LA SÍLICE EN LA INDUSTRIA

La arena sílice es un compuesto resultante del sílice y el oxígeno, tratado con diferentes procesos para obtener una calidad y un rendimiento óptimo para satisfacer las necesidades del usuario final (19). La sílice cristalina está formada por una unidad tetraédrica fundamental (SiO_2) que consta de un ion central de silicio con iones de oxígeno adheridos en forma tridimensional a las esquinas del tetraedro (20). Todas las formas de sílice cristalina están compuestas por tetraedros unidos por átomos de oxígeno (21).

La sílice cristalina adquiere propiedades fibrógenas debido a ésta estructura. Existen tres formas principales de sílice cristalina(22):

Cuarzo: Es estable a temperaturas hasta de 867°C y puede existir en estado metaestable a mayores temperaturas.

Tridimita: Se forma y permanece estable a temperaturas de 867 a 1470°C y puede existir en estado metaestable a temperaturas superiores 1470°C e inferiores a 867°C .

Cristobalita: Es estable a temperaturas que oscilan entre 1470 a 1723° C, que es su punto de fusión, pero puede existir en estado metaestable a cualquier temperatura inferior a 1470°C.

La sílice amorfa cambia a cristobalita o tridimita a temperaturas equivalentes a las anteriores, por ejemplo en las fundiciones (23). El potencial fibrogénico de la sílice aumenta progresivamente del cuarzo a la cristobalita y tridimita. Los cristales de cuarzo y tridimita tienen forma hexagonal mientras que las de cristobalita son cuboides. Las tres formas cristalinas de sílice son minerales duros e incoloros (24).

Los usos y aplicaciones industriales de sílice cristalina, se derivan principalmente por sus propiedades químicas y físicas, entre lo que destaca su dureza, resistencia química, piezoelectricidad, alto punto de fusión, transparencia y piroelectricidad (25).

Este tipo de abrasivo comúnmente es utilizado en la Industria para una limpieza efectiva y de bajo costo (26). Es la materia prima fundamental para la fabricación del vidrio, a partir de esta se pueden producir fracciones granulométricas específicas destinadas a mercados industriales tan diversos como: filtros de agua, perforaciones, fundición, morteros, plantas potabilizadoras, arenados, pisos de cerámica, pinturas, resinas, loza, epoxy, campos deportivos (fútbol, golf, paddle, tenis, etc.), piletas de natación, etc. (25). Además, se emplea como un medio granular filtrante, especialmente en el tratamiento del agua potable y residual (lecho profundo) (27).

Es una materia prima de suma importancia en la composición de las fórmulas de detergentes, pinturas, hormigones y morteros especiales. Por otra parte también se emplea como materia prima básica para la obtención del silicio, así mismo son la base para la fabricación de refractarios de sílica y arenas de modelo, dado su alto punto de fusión (28).

En el caso del sandblasting (palabra inglesa que designa la proyección de arena a alta presión mediante pistolas de aire comprimido es otro de los usos de la arena de sílice se ha convertido en el método principal para el acabado de la mayoría de los vaqueros modernos que requieren ese look “desgastado”. Para suavizar, dar forma y limpiar el vaquero, en el proceso de sandblasting se hacen pasar a través de la tela partículas abrasivas a gran velocidad (25).

El proceso es rápido y barato y la demanda de vaqueros “envejecidos” ha conducido a un aumento masivo de su uso. Pero esta moda tiene su precio: la salud e incluso la vida de los trabajadores que llevan a cabo este proceso. Hay dos tipos de procesos de sandblasting: el manual y el mecánico. Ambos pueden ser mortales. En el sandblasting manual, se usan compresores con pistolas que proyectan arena a presión para blanquear y gastar el vaquero (29). Este proceso se lleva a cabo sin cabinas ni ventilación para el mismo, exponiendo a los operadores directamente a partículas de sílice (diminutas partículas de arena a presión) que son liberadas de las pistolas. A nivel industrial, el sandblasting se utiliza para la limpieza de los cascos de barcos, ladrillos, para el trabajo con concreto, limpieza industrial y de estructuras comerciales (30).

Otros materiales han sido desarrollados para ser utilizado en lugar de arena, como por ejemplo, bolitas de acero, escoria de cobre, perlas de vidrio, bolitas de metal, hielo seco, granate, polvo de productos abrasivos de diversos tipos, e incluso cáscaras de coco, de mazorca, de nueces, y bicarbonato de soda en el proceso de sandblasting (23, 29).

EXPOSICIÓN AMBIENTAL Y OCUPACIONAL

El chorreado se realiza al aire libre, en salas de chorreado o en cabinas. En el caso de un buque o una estructura de gran tamaño se ejecuta con unidades móviles de chorreado (31).

Durante la realización de esta tarea los granos de arena impactan con gran energía en las piezas metálicas objeto de tratamiento. La arena se fragmenta en partículas muy finas, liberándose al ambiente polvo de sílice cristalina (32). Una parte importante de este polvo está formado por partículas de tamaños que corresponden a lo que se denomina “fracción respirable”, no visible a simple vista, que penetra hasta los alvéolos pulmonares, pudiendo causar daños graves en el sistema respiratorio (33).

En la arena utilizada como abrasivo en el proceso de sandblasting y de wetsandblasting se encuentra el compuesto sílice en altas concentraciones, el cual es un riesgo químico para la salud de los trabajadores (34).

El polvo de sílice ocasiona efectos sobre la salud, al ingresar al organismo por inhalación. El aire inhalado pasa a través de las vías respiratorias superiores, la tráquea, bronquios y, finalmente alcanza los bronquiolos terminales en donde se encuentran los alvéolos responsables del intercambio gaseoso (35). Las paredes de los espacios alveolares son muy delgadas y vulnerables a los agentes en el ambiente. Las pequeñas partículas (menores de 10µm de diámetro aerodinámico) pueden depositarse en los bronquiolos terminales y en los alvéolos. En este sitio, las partículas de polvo son removidas por las células fagocíticas llamadas macrófagos. Éstos pueden ser removidos por el sistema mucociliar o por el sistema linfático (25, 36).

Los efectos sobre la salud asociados con el polvo de sílice cristalina están relacionados con la capacidad fibrogénica de la sílice inhalada, la cual puede llevar a la ocurrencia de enfermedad pulmonar ocupacional (neumoconiosis) y a aumentar el riesgo de Tuberculosis pulmonar. Se ha demostrado además, la capacidad de la sílice para suprimir el sistema inmunológico pulmonar (37).

El término neumoconiosis literalmente significa “polvo en los pulmones” y está definido por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) como “la acumulación de polvo en los pulmones y la reacción del tejido ante su presencia” (38). La inhalación del polvo de sílice por un largo período de tiempo y en concentraciones suficientes, puede formar tejido fibrótico en los pulmones, lo cual disminuye la capacidad de éstos de extraer oxígeno del aire que respiramos (39).

La silicosis tiene varios estadios, que van desde la no manifestación de síntomas a síntomas generales y síntomas respiratorios como: dificultad para respirar, especialmente después del ejercicio físico, tos seca, fatiga, pérdida del apetito, dolor en el pecho y fiebre hasta síntomas respiratorios agudos, tales como: dificultad respiratoria severa que puede requerir oxígeno, falla respiratoria y muerte; así como la disminución de sus mecanismos de defensa a otras enfermedades (40).

La silicosis puede avanzar al estado de mayor gravedad, aún cuando el trabajador ya no se encuentre expuesto a polvo de sílice y puede ser responsable directa o indirecta de la muerte del trabajador (32).

MECANISMOS DE TOXICIDAD

El pulmón del adulto, con una superficie alveolar de contacto con el ambiente de aproximadamente 70 m², se relaciona directamente cada día con un volumen de aire de más de 10.000 litros, que transporta múltiples agentes potencialmente patógenos (41). El aparato respiratorio constituye, pues, la mayor superficie de vía respiratoria como fuente de enfermedad (20, 41).

Las partículas de polvo menores de 10 micrómetros son capaces de ser arrastradas por la corriente aérea inspiratoria (polvo inhalable). Las mayores quedan depositadas en vías aéreas altas, al impactar, debido a su inercia, contra las paredes de éstas (33).

El aclaramiento alveolar se efectúa a través de múltiples mecanismos, generalmente relacionados entre sí: movimiento de la capa fluida que cubre la pared alveolar, fagocitosis de partículas de la luz alveolar por los macrófagos y arrastre hasta el transporte mucociliar y vía linfática. Las partículas pueden llegar al intersticio alveolar y quedar retenidas (42). Las que van a producir la enfermedad de silicosis, el poder patógeno de la sílice tiene relación con el tamaño de las partículas, la forma y la cantidad inhalada, son las formas cristalinas de SiO₂ (principalmente el cuarzo) las causantes de la enfermedad. Las partículas recientemente fracturadas son más activas (37).

Los macrófagos alveolares (residentes y reclutados) tienen un papel central en la patogenia de las lesiones por inhalación de sílice, desencadenando una cascada de eventos, a nivel molecular y celular que conducen a las lesiones (28).

El TGF-Beta (factor de transformación del crecimiento) estimula el depósito de matriz extracelular y se ha visto que anticuerpos contra la fracción Beta-1 reducen el depósito de colágeno en modelos experimentales de fibrosis inducida por bleomicina (43). El sistema Redox parece claramente implicado, la superficie de las partículas de sílice (recientemente fracturadas) es muy reactiva originando radicales SiO⁻ que, al reaccionar con el agua producen radicales OH⁻ altamente lesivos (35, 43). Varios tipos de asbestos y la sílice, catalizan espontáneamente la formación de ROS (reactive oxygen species) en medio acuoso el hierro colabora en la generación de radicales hidroxilo y se ha visto que

el ácido fólico (quelante del Fe) reduce la inflamación y la fibrosis en ratas expuestas a asbesto (44). Otra vía de generación de ROS por la sílice y el asbesto es a través del metabolismo oxidativo de los macrófagos y otros fagocitos. También se piensa que tienen un papel los RNS (reactive nitrogen species) generados por macrófagos^{1, 2} (45).

La silicosis constituye un interesante modelo de fibrosis pulmonar, de causa conocida y se espera que los avances que se realizan en el conocimiento de su patogenia aporten soluciones para ésta y otras fibrosis que comparten mecanismos patogénicos similares. (41, 42, 43). Sigue siendo un motivo de preocupación, no sólo por su resistencia a disminuir, sino también porque puede estar aumentando en otras ocupaciones e industrias que no son las tradicionales (44, 45).

Formas de silicosis especialmente agresivas se pueden ver en trabajadores de industrias relacionadas con extracción y procesamiento de rocas se ha visto que la exposición a sílice por encima de valores que se consideran sin riesgo (46).

ASPECTOS TÉCNICO NORMATIVO DE LA SILICE

El reglamento técnico para el polvo de sílice en sus disposiciones establece en su reglamento que se aplique a todo lugar de trabajo y clase de trabajo, independiente de la forma de vinculación de los trabajadores al proceso laboral, en el que se presente exposición ocupacional a Polvo de Sílice en el campo de la Higiene Ocupacional a la determinación de concentraciones de polvo total y de la fracción respirable (47).

El contenido del reglamento puede igualmente ser aplicado a todo material sólido particulado cuya determinación se realice por métodos gravimétricos, incluyendo los métodos NIOSH 500 y NIOSH 600(47).

La sílice figura en la lista de sustancia peligrosa (Hazardous Substance List) ya que está sujeta a reglamentos de la OSHA y ha sido citada por la ACGIH, el NIOSH, el NTP y la IARC (47,48).

Esta sustancia figura en la lista de sustancias extremadamente peligrosas para la salud (Special Health Hazard Substance List) ya que es un cancerígeno (47).

Debido al alto riesgo de silicosis entre los limpiadores a presión de arena y la dificultad de controlar la exposición, el uso de sílice cristalino para las operaciones de limpieza con chorro se prohibió en Gran Bretaña en 1950 y en otros países europeos en 1966. En 1974, NIOSH recomendó que la arena de sílice (u otras sustancias que contuvieran más de 1% de sílice libre) se prohibieran como material de limpieza abrasiva y que se utilizaran materiales menos peligrosos en las operaciones de limpieza (47).

Teniendo en cuenta que las enfermedades pulmonares de origen laboral tienen una gran incidencia en nuestro país, el Ministerio de Protección Social de Colombia presentó en agosto del 2007, cinco Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional (GATISO), con

el objetivo de incrementar el diagnóstico y prevenir las enfermedades profesionales de mayor prevalencia en Colombia, estas son:

- Gatiso para la neumoconiosis.
- Gatiso para cáncer de pulmón relacionado con el trabajo.
- Gatiso para Asma Ocupacional

En Colombia, el Ministerio de Salud estableció las normas del sistema de vigilancia de eventos prioritarios en la Ley 9ª de 1979 o Código Sanitario Nacional en su Título VII y Decreto reglamentario 1562 de 1984 (48).

El Decreto 614 de marzo de 1984, por el cual se determinan las bases para la organización y administración de la salud ocupacional en el país, en el artículo 30 sobre el subprograma de medicina del trabajo, define que en las empresas se debe "desarrollar los programas de vigilancia epidemiológica de enfermedades laborales, patología relacionada con el trabajo y ausentismo por tales causas" (49).

La Resolución 1016 de marzo de 1989 del Ministerio del Trabajo en el artículo diez sobre las actividades principales de los subprogramas de medicina preventiva y del trabajo señala que se deben "desarrollar actividades de vigilancia epidemiológica conjuntamente con el subprograma de higiene y seguridad industrial que incluirá como mínimo: accidentes de trabajo, enfermedades profesionales y panorama de riesgos (50).

El Decreto 1295 del 22 de junio de 1994, por el cual se determina la organización y administración de riesgos profesionales en Colombia dentro del marco de la Ley 100, establece en su artículo 61 sobre estadísticas de riesgos profesionales: "que todas las empresas y las entidades administradoras de riesgos profesionales deberán llevar las estadísticas de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, para lo cual en cada caso, deberán determinar la gravedad y la frecuencia de los accidentes de trabajo y de las enfermedades laborales" Se puede observar que en Colombia la normatividad para la administración de los riesgos profesionales en donde existe responsabilidad del estado, de las administradoras de riesgos profesionales y de los empleadores, está encaminada primordialmente a la promoción y prevención (51).

Esto se puede evidenciar también en el artículo 67 del Decreto 1295 de junio 22 de 1994, el cual reza: "Las empresas de alto riesgo rendirán a la respectiva entidad administradora de riesgos profesionales un informe de evaluación del desarrollo del programa de salud ocupacional, anexando el resultado técnico de la aplicación de los sistemas de vigilancia epidemiológica, tanto a nivel ambiental como biológico y el seguimiento de los mecanismos de control de riesgos de higiene y seguridad industrial, avalado por los miembros del comité de medicina, higiene y seguridad de la respectiva empresa" (52).

"Las aseguradoras de riesgos laborales como administradoras de los recursos económicos para los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales ATEL, son responsables de fomentar en las empresas los planes de salud ocupacional y seguridad industrial como una manera de minimizar los factores de riesgo ocupacionales (52).A

través de la vigilancia epidemiológica es posible construir el perfil de riesgos y medir su expresión, información esta que deberá ser proporcionada a las direcciones de salud por las ARL (53).

En 1986, se señalan los supuestos básicos de la organización de los sistemas de vigilancia epidemiológica ocupacional. Entre otros, “la organización de los sistemas de vigilancia epidemiológica en salud de los trabajadores es una obligación irrefutable de las entidades gubernamentales, teniendo como preocupación el empleo de toda la información existente en las instituciones de salud ocupacional y en los servicios de salud”. “Antes de comenzar a organizar un sistema de vigilancia epidemiológica, es preciso identificar claramente quién desea la información, con qué propósitos, los costos, la factibilidad de aplicación, las facilidades de diagnóstico, la aplicación y la capacidad futura de respuesta de los servicios involucrados” (53).

Además, señalan la necesidad de la conformación de una “unidad técnico administrativa” que apoye, fomenta todas las actividades de identificación de riesgos, su cuantificación, las actividades de intervención y control y el sistema de recolección de la información, base para las acciones que se tomen (52, 53, 54).

A pesar de las condiciones de tipo normativo que se tienen al respecto, en el estudio nacional de salud realizado en Colombia en 1993 se planteó la inexistencia de un sistema de información y de vigilancia epidemiológica ocupacional unificado e interinstitucional, aunque desde 1987 el Ministerio de Salud y el Instituto del Seguro Social, plantearon las bases conceptuales y operativas para un sistema unificado de vigilancia epidemiológica. Según el estudio, el programa de salud ocupacional del Seguro Social es el más avanzado en ese sentido, dándole uso a la información ya disponible de morbilidad, mortalidad, accidentalidad y costos para definir prioridades de programación. Sin embargo, aún la información es dispersa y se identifican en forma restringida los riesgos en el ambiente laboral" (54).

De esta forma, se requiere el desarrollo de enfoques alternativos que propicien la intervención oportuna de los problemas de salud y de los factores de riesgo mediante el mejoramiento y aprovechamiento de la información requerida para tal fin (55).

Decreto 2400 de 1979 conocido como Estatuto de Seguridad Industrial en el capítulo VIII, artículo 154, precisa que los niveles máximos permisibles para sustancias peligrosas para la salud, se fijarán de acuerdo con la tabla establecida por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) o con los valores límites permisibles fijados por el Ministerio de Salud (56).

Decreto 2566 del 2009, por el cual se adopta la Tabla de enfermedades profesionales, define la silicosis como enfermedad producida por manipulación de agentes químicos polvos (57).

Resolución 2844 del 16 de agosto de 2007, mediante esta norma el Ministerio de la Protección Social adopta como referente obligatorio para el Sistema General de Riesgos

Profesionales, el uso de las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional basadas en la evidencia (GATISO), en este caso específico la GATISO para neumoconiosis (58).

CONCLUSION

En la descripción de los efectos causados por la sílice cristalina en el proceso de sandblasting sobre el ambiente y la salud de los trabajadores se concluye que esta actividad puede tener un alto riesgo en la salud respiratoria de los trabajadores, por el contenido de sílice cristalina en la arena, sustancia que puede ocasionar en los trabajadores la silicosis, enfermedad de origen ocupacional que puede aparecer desde los cinco hasta quince años de exposición; sin embargo también hay que tener en cuenta hábitos frecuentes de los trabajadores como fumar, el cual igualmente se asocia con enfermedades que afectan las vías respiratorias.

Los trabajadores en la actividad de sandblasting, nos demuestran que este peligro está latente y no puede desconocerse su efecto sobre la salud respiratoria de los trabajadores y por el contrario al ser un proceso realizado a cielo abierto, este no puede ser fácilmente controlado, por la volatilidad de esta sustancia utilizada como abrasivo, ya que las condiciones atmosféricas y locativas, lo ayudan en su propagación o desplazamiento hasta distancias considerables desde la fuente.

Las empresas deben contar con un sistema de información y por consiguiente un sistema de seguridad ocupacional, esto le permitirá tomar la decisión de controlar el riesgo al que se ven expuestos los trabajadores durante el proceso de sandblasting, y a la vez poder conocer y saber cómo se encuentra realmente la salud de los trabajadores.

Con los resultados obtenidos actualmente de los estudios de higiene ambiental relacionados con los peligros de alto riesgo para la salud respiratoria de los trabajadores en la actividad de sandblasting se recomienda que las empresas deben programar y establecer un mejor control ambiental, mediante mediciones más frecuentes en periodicidad, más tiempo en la toma de las muestras, siguiendo la normatividad para la toma de muestras de material particulado, donde se debe hacer énfasis de qué se debe hacer con personal idóneo y certificado, con equipos calibrados y que se hagan los análisis en laboratorios nacionales o extranjeros reconocidos y certificados.

Igualmente se recomienda un sistema de información permanente y confiable, que con un sistema o software de simulación georreferenciada, permitirá las acciones inmediatas y oportunas para cuando se salga de control el riesgo.

La necesidad de proponer desarrollos alternativos de métodos de control ocupacional, tradicionalmente enfocados en la vigilancia de consecuencias; se plantea la implementación de un sistema de vigilancia que se enfatice en la observación y vigilancia de las condiciones de trabajo, la valoración de los riesgos, el análisis y seguimiento a la implementación de los controles a través de lo cual se enfoque en el análisis de los

efectos, mediante la detección temprana y la identificación de casos centinela, hasta que las empresas implementen los resultados obtenidos en el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Salinas C, Coronado JJ, Latorre G. Evaluación de la multicapa Ni, Al, Mo /Al₂O₃TiO₂, aplicada por el proceso de rociado térmico por combustión. *Tecnura*. 2005; 8(16): 15-25.
2. ¿Qué es el Sandblasting?. [Acceso 2 de Mayo de 2014]. Disponible en: <http://medicablogs.diariomedico.com/elenfermeroperplejo/2013/05/11/que-es-el-sandblasting/>
3. Muñoz JE, Coronado JJ. Análisis mecánico y tribológico de los recubrimientos Fe-Cr-Ni-C Y Ni-Al-Mo. *Dyna*. 2007; 74(153): 111-118.
4. Mendoza E, García C. Recubrimientos por sol-gel sobre sustratos de acero inoxidable, revisión del estado del arte. *Dyna*. 2007; 74(153): 101-110.
5. Chorreado con arena de piezas y estructuras metálicas: exposición a sílice cristalina. [Acceso 6 de Marzo de 2014]. Disponible en: <http://stp.insht.es:86/stp/basequim/006-chorreado-con-arena-depiezas-y-estructuras-met%C3%A1licas-exposici%C3%B3n-s%C3%ADlice-cristalina>
6. ¿Cuáles son los principales peligros para la salud asociados con la respiración y el sílice de cuarzo?. [Acceso 2 de Mayo de 2014]. Disponible en: http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/quartz_silica/health_qua.html
7. Jumpponen M, Rönkkömäki H, Pasanen P, Laitinen J. Occupational exposure to solid chemical agents in biomass-fired power plants and associated health effects. *Chemosphere*. 2014; 104: 25-31.
8. Silicosis, sandblasting. La moda que mata. [Acceso 6 de Mayo de 2014]. Disponible en: http://www.madrimasd.org/blogs/salud_publica/2011/03/13/132472
9. Gómez Cortés A, González Vigi F, Arenas Alatorre J, Díaz G. Propiedades texturales, redox y superficiales de catalizadores CuO/SiO₂, CuO/CeO₂-SiO₂ y CuO/CeO₂. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 2006; 5(3): 253-261.
10. Raya Pérez JC, Aguirre Mancilla CL. El Papel del Silicio en los Organismos y Ecosistemas. *Conciencia Tecnológica*. 2012; 43(1): 42-46.
11. Gómez Tena MP, Zumaquero E, Ibañez MJ, Machí C, Escrig A. Sílice cristalina respirable: Metodologías de análisis. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. 2012; 51(2): 119126.
12. Ramírez AV. Silicosis. *Anales de la Facultad de Medicina*. 2013; 74(1): 49-56.
13. Barrenechea MJ, Martínez C, Parama A, Rego G, Ferreiro MJ, Tardón A. Características del cáncer de pulmón en Pacientes Con Exposición laboral a la Sílice. Estudio comparativo de Entre Individuos expuestos y no expuestos. *Archivos de Bronconeumología*. 2002; 38(12): 561-567.

14. Castillo S, Ouhajji S, Fokker S, Ern a BH, Schneijdenberg C, Philipse AP. Silica cubes with tunable coating thickness and porosity: From hematite filled silica boxes to hollow silica bubbles. *Microporous and Mesoporous Materials*. 2014; 195: 75–86.
15. Fang SC, Zhang HT, Wang CY, Zhang YM. Serum CA125 and NSE: Biomarkers of disease severity in patients with silicosis. *Clinica Chimica Acta*. 2014; (10): 123-127.
16. Prevenir la Silicosis y las Muertes entre los Trabajadores de la Construcción. [Acceso 6 de Mayo de 2014]. Disponible en: http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/96-112_sp/
17. Fruijtier P lloth C. The toxicological mode of action and the safety of synthetic amorphous silica—A nanostructured material. *Toxicology*. 2012; 294(2–3): 61-79.
18. Martínez C, Prieto A, García L, Quero A, González S, Casan P. Silicosis, una enfermedad con presente activo. *Archivos de Bronconeumología*. 2010; 46(2): 97-100.
19. Drummond G, McCann R, Siddharth V, Patwardhan SV. A feasibility study of the biologically inspired green manufacturing of precipitated silica. *Chemical Engineering Journal*. 2014; 244(15): 483-492.
20. Domínguez Soto JM, Serrano Lopez SS, Acevedo Sandoval OA, Román Gutiérrez AD. Estudio físicoquímico y micromorfológico de suelos de Denganthza, Valle del Mezquital. *Multiciencias*. 2012; 12(2): 146-155.
21.  lvarez Rodríguez B, Menéndez Aguado JM, Rosa Dzioba B, Coello Velázquez AL. Evaluación de materias primas en una planta de beneficio de arena de sílice para aumentar la eficiencia energética del proceso de molienda. *Dyna*. 2013; 80(177): 95-100.
22. Acevedo Sandoval O, Valera Pérez MA, Prieto García F. Propiedades físicas, químicas y mineralógicas de suelos. Forestales en Acaxochitlan, Hidalgo, México. *Universidad y Ciencia*. 2010; 26(2):137-150.
23. Solarte S, Ospina M, Aperador W, Mejía R. Efecto del modo de obtención de la sílice amorfa a partir de la cascarilla de arroz en las propiedades de durabilidad del concreto armado. *Scientia Et Technica*. 2007; 13(36): 443-447.
24. Nawaz K, Schmidt SJ, Jacobi AM. Effect of catalyst used in the sol–gel process on the microstructure and adsorption/desorption performance of silica aerogels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2014; 74: 25-34.
25. Gómez J, Gil MLA, Fox NR, Alguacil M. Diatomite releases silica during spirit filtration. *Food Chemistry*. 2014; 159(15): 381-387.
26. Naghadehi MZ, Sereshk F, Mohammadi F. Pathological study of the prevalence of silicosis among coal miners in Iran: A case history. *Atmospheric Environment*. 2014; 83: 1-5.
27. Bernal Acevedo O, Forero Camacho JC. Sistemas de información en el sector salud en Colombia. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*. 2011; 10(21): 85-100.

28. Wilson HL, Kennedy KJ. *Scedosporium apiospermum* brain abscesses in an immunocompetent man with silicosis. *Medical Mycology Case Reports*. 2013; 2: 75-78.
29. Fang GF, Fan XX, Shen FH. The Relationship between Polymorphisms of Interleukin-4 Gene and Silicosis. *Biomedical and Environmental Sciences*. 2011; 4(6): 678-682.
30. Delgado D, Aguilera MA, Delgado F, Rug. The Experience of Miners Relocated to Alternative Positions due to Silicosis in the Andean of CODELCO, Chile, 2010. *Safety and Health at Work*. 2012; 3(2): 140-145.
31. Gutiérrez González L, Hernández Jiménez MJ, Molina Borchert L. Daños para la salud tras exposición laboral a nanopartículas. *Medicina y Seguridad del Trabajo*. 2013; 59 (231): 276-296.
32. Silicosis. [Acceso 6 de Mayo de 2014]. Disponible en: <http://www.geosalud.com/Salud%20Ocupacional/silicosis.htm>
33. Quijano Parra A, Orozco JA. Monitoreo de material particulado-fracción respirable (PM 2.5) en Pamplona (Colombia). *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*. 2005; 3(2): 1-11.
34. Paricaguán Morales BM. Desarrollo de una pintura amigable al ambiente bajo la metodología taguchi. *Revista Ingeniería UC*. 2010; 17(2): 27-37.
35. Gallo Ó, Márquez Valderrama J. La silicosis o tisis de los mineros en Colombia, 1910-1960. *Salud Colectiva*. 2011; 7(1): 35-51.
36. Gallo Vélez O, Márquez Valderrama J. La enfermedad oculta: una historia de las enfermedades profesionales en Colombia, el caso de la silicosis (1910-1950). *Historia Crítica*. 2011; 45: 114-143.
37. Echeverri Londoño CS, Maya Vasco GJ. Relación entre las partículas finas (pm2.5) y respirables (pm10) en la ciudad de Medellín. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 2008; 7(12): 23-42.
38. Fuentes de exposición y patogenia de la neumoconiosis. [Acceso 7 de Mayo de 2014]. Disponible en: <http://revistaseguridadminera.com/salud-ocupacional/fuentes-de-exposicion-y-patogenia-de-laneumoconiosis/>
39. Martínez González C, G Rego Fernández G. Enfermedades respiratorias de origen ocupacional. *Archivos de Bronconeumología*. 2000; 36(11): 631-44.
40. Blount E. REACH: una herramienta para la prevención del riesgo químico. *Revista de Toxicología*. 2005; 22(2): 80-81.
41. Guzmán Guzmán RE. EPOC en el adulto mayor: control de síntomas en consulta del Médico de Familia. *Revista Clínica de Medicina de Familia*. 2008; 2(5): 244-249.
42. Castañeda Borrayo Y, Huerta Franco MR, Hurtado Pérez P, Pérez García C, Arredondo Trujillo F, Navarro Trujillo LR, Arredondo Trujillo A. Neumotórax espontáneo y bilateral secundario a fibrosis pulmonar por silicosis: comunicación de un caso. *Revista de la Sociedad Española de Medicina y Seguridad en el Trabajo*. 2012; 7(2): 85-93.
43. Medicina Laboral: Silicosis y otras Neumoconiosis. [Acceso 7 de Mayo de 2014]. Disponible en:

44. Arenas Monsalve G. El marco normativo del sistema de riesgos profesionales en la seguridad social colombiana. *Vniversitas*. 2013; 105(1): 583- 633.
45. García FF, Agudelo RA, Jiménez KM. Distribución espacial y temporal de la Concentración de material particulado en Santa Marta, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 2006; 24 (2): 7382.
46. Mirón Canelo JA, Alonso Sardón M, Iglesias de Sena H. Metodología de investigación en Salud Laboral. *Medicina y Seguridad del Trabajo*. 2010; 56(221): 347-365.
47. Cómo Prevenir la Silicosis y los Accidentes Mortales durante el Uso de Máquinas a Presión. [Acceso 7 de Mayo de 2014]. Disponible en: http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/92-102_sp/
48. Bernal Martínez LA, Solís Morelos C, Linares Hernández I, Barrera Díaz C, Colín Cruz A. Tratamiento de agua residual municipal por un sistema Físicoquímico y oxidación química en flujo continuo. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 2011; 2, (2): 69-81.
49. Torres Rey CH, Conde Sierra JV, Checa Guerrero DM, Díaz-Criollo SM, Palma Parra SM, Varona Uribe ME. Servicios de medicina del trabajo en Colombia. *Revista de Salud Pública*. 2012; 14(4): 596-606.
50. Franco Patiño JM, Sánchez A, Ocampo Restrepo LM, Quiroz Buchely TJ, Díaz Obando PA. Factores laborales y personales frente a la ocurrencia de accidentes de trabajo. *Revista Hacia la Promoción de la Salud*. 2007; 12: 134-144.
51. Varona ME, Torres CH, Díaz SM, Palma RM, Checa DM, Conde JV. Estado de la oferta técnica de servicios higiene y seguridad industrial, Colombia, 2010. *Biomédica*. 2012; 32(1): 1-33.
52. Briceño L. Prevención de riesgos ocupacionales en empresas colombianas. *Revista Ciencias de la Salud*. 2003; 1(1): 31-44.
53. Charria VH, Sarsosa KV, Arenas F. Factores de riesgo psicosocial laboral: métodos e instrumentos de evaluación. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 2011; 29(4): 380-391.
54. Martínez Carmona MR. Las enfermedades raras y los vacíos jurídicos en la aplicabilidad de la legislación colombiana para su tratamiento. [Tesis de grado]. Manizales: Universidad de Manizales, Facultad de Derecho; 2013.
55. Yepes Luján F. La reforma a la ley 100 de 1993 ¿Un cambio sin mapa y sin brújula?. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*. 2004; 3(4): 3-6.
56. Montoya JA, González HA, Ossa JA. Disminución de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) implementando PML en la fabricación de piezas de plástico reforzado con fibra de vidrio. *Scientia Et Technica*. 2010; 16(44): 367-372.
57. Sosa García EC. Qué es el estrés ocupacional, enfermedades derivadas y reconocidas por la legislación colombiana. *Revista CES Salud Pública*. 2011; 2(1): 56-65.

<https://doi.org/10.22519/21455333.468>

58. Moreno Chacón N. Modelo de un programa de seguridad e higiene para la minería subterránea del carbón en Colombia. [Tesis de maestría]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica; 2011.