

**LA SILICOSIS COMO PELIGRO LATENTE EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN HIDRÁULICAS**

Edwin Orlando Duque Villamizar

Leidy Tatiana Rico Carrillo

Ingeniera civil

Maestría en infraestructura vial

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

2024

# **LA SILICOSIS COMO PELIGRO LATENTE EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN HIDRÁULICAS**

Edwin Orlando Duque Villamizar

Trabajo de monografía presentado para optar al título de Ingeniería Civil

Leidy Tatiana Rico Carrillo

Ingeniera civil

Maestría en infraestructura vial

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Pamplona

2024

## DEDICATORIA

*A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y su aliento en cada paso del camino. Gracias por creer en mí y por enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia.*

*A mis profesores, por su orientación, paciencia y dedicación. Gracias por compartir su sabiduría y por inspirarme a alcanzar mis metas.*

*A mis amigos, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y por estar siempre presentes para mí. Gracias por convertir este viaje en una experiencia inolvidable.*

*A mí mismo, por la perseverancia, el esfuerzo y la dedicación que he puesto en este trabajo. Gracias por creer en mis capacidades y por nunca darme por vencido.*

*A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron al éxito de este proyecto, les extiendo mi más sincero agradecimiento con afecto y gratitud.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primeramente dar gracias a Dios por permitirme realizar esta monografía como mi opción de trabajo de grado culminando con todo este proceso durante mi carrera universitaria, a mi familia y amigos por siempre darme apoyo moral y económico, a mi tutora la ingeniera Leidy Tatiana Rico Carrillo por su acompañamiento a lo largo del desarrollo de este trabajo.*

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                                                     | Pág |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| GLOSARIO .....                                                                                                      | 7   |
| RESUMEN.....                                                                                                        | 9   |
| ABSTRACT.....                                                                                                       | 10  |
| INTRODUCCIÓN .....                                                                                                  | 11  |
| 1. MARCO DE ANTECEDENTES Y CONTEXTUAL .....                                                                         | 13  |
| 1.1. Marco teórico.....                                                                                             | 15  |
| 1.1.1. Definición y caracterización de la silicosis .....                                                           | 16  |
| 1.1.2. Riesgos de la silicosis en las obras de construcción hidráulicas. ....                                       | 28  |
| 1.1.3. Síntomas y efectos de la silicosis. ....                                                                     | 38  |
| 2. MARCO LEGAL Y NORMATIVO EN MATERIA DE SILICOSIS .....                                                            | 49  |
| 2.1. Responsabilidades de las empresas constructoras de obras hidráulicas en la<br>prevención de la silicosis. .... | 49  |
| 2.2. Normativa sobre seguridad y salud en el trabajo.....                                                           | 50  |
| 3. PREVENCIÓN DE LA SILICOSIS EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN<br>HIDRÁULICAS.....                                      | 53  |
| 3.1. Medidas de control técnico: ventilación, sistemas de captación e higiene.....                                  | 54  |
| 3.2. Medidas de control organizativo: capacitación, programas de vigilancia.....                                    | 55  |
| 3.3. Uso de equipo de protección personal (EPP) adecuado. ....                                                      | 56  |
| CONCLUSIONES .....                                                                                                  | 58  |
| RECOMENDACIONES.....                                                                                                | 60  |
| REFERENCIAS .....                                                                                                   | 62  |

## Lista de ilustraciones

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1 Particula de silice libre cristalizada.....                        | 17 |
| Ilustración 2 Sistema respiratorio.....                                          | 20 |
| Ilustración 3 Tipos de silicosis .....                                           | 21 |
| Ilustración 4 Comparacion entre un pulmon sano y otro con silicosis clasica..... | 23 |
| Ilustración 5 Ruta a seguir para el diagnostico de la silicosis.....             | 25 |
| Ilustración 6 Factores aerodinamicos .....                                       | 44 |
| Ilustración 7 Tipos de mascarillas .....                                         | 57 |
| Ilustración 8 Clasificacion de enfermedades laborales .....                      | 50 |
| Ilustración 9 Clasificacion por codigo .....                                     | 51 |

## GLOSARIO

- **Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC):** Es una entidad internacional que se dedica a evaluar el riesgo de cáncer asociado al contacto con sustancias químicas. (IARC,2022)
- **Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC):** Es una afección pulmonar frecuente que limita el flujo de aire y provoca dificultades para respirar. (WHO,2023)
- **Glomerulonefritis:** La inflamación del glomérulo que es la unidad anatómica del riñón responsable de la función de depuración o filtración de la sangre. (Sociedad española de medicina interna,2013)
- **HAP (Hipertensión Arterial Pulmonar):** Es una condición grave que progresa con el tiempo, es crónica y su manejo es complejo. Se caracteriza por la elevada presión en los vasos sanguíneos que llevan la sangre desde el corazón hasta los pulmones. (Mayo clinic,2021)
- **Inflamación pulmonar progresiva:** Conjunto de trastornos que impactan el tejido intersticial pulmonar, complicando la absorción de oxígeno. (MSD,2020)
- **Nefritis intersticial:** Trastorno renal caracterizado por la inflamación de los espacios entre los túbulos renales puede provocar problemas en el funcionamiento de los riñones. (Kidneyfund,2013)
- **Nódulos fibrosos pulmonares:** Son pequeñas manchas en los pulmones, que por lo general no superan los 3 cm de diámetro. (American cancer society, 2018)
- **Sandblasting:** Consiste en la operación de impulsar a alta presión un fluido, ya sea agua o aire, o emplear una fuerza centrífuga con material abrasivo, contra una superficie para suavizarla o remover contaminantes. (Gondoba,2022)

- **Sibilancia:** Sonido silbante y agudo durante la respiración, que se produce cuando el aire pasa por conductos respiratorios estrechados en los pulmones. (National cancer institute,2016)
- **Sílice cristalina:** Compuesto químico presente en todas las regiones del planeta y en todos los niveles del registro geológico. (Instituto de salud pública de Chile,2015)
- **Tuberculosis:** Infección contagiosa causada por bacterias afecta principalmente los pulmones, pero también puede comprometer otros órganos, como los huesos, el cerebro y la columna vertebral. (PAHO,2017)

## RESUMEN

Actualmente, la silicosis es una de las enfermedades ocupacionales más frecuentes debido a que la sílice cristalina se encuentra en el ambiente y es complicado evitar su inhalación por el tamaño diminuto de sus partículas. Los trabajadores de sectores como la construcción, la minería y la talla de piedra están expuestos a altas concentraciones de este material a través de actividades como la trituración y el corte de rocas, liberando esta sustancia tóxica para el ser humano.

En la elaboración de esta monografía que se basó en el análisis de artículos científicos, revistas médicas y otros documentos que proporcionen información sobre la silicosis en el trabajo de obras hidráulicas, siendo necesario para evaluar los efectos, causas, tratamientos, patologías y la normativa vigente en la lucha contra esta enfermedad laboral que afecta a muchos trabajadores en Colombia y que a menudo es ignorada por las empresas, convirtiéndose en un enemigo silencioso en numerosos proyectos de ingeniería civil.

Mediante esta investigación se promoverá que tanto empresas como trabajadores y empleadores adopten las medidas correctivas necesarias en los lugares de trabajo, implementando técnicas para reducir el polvo y fomentando el uso de equipo de protección personal entre los empleados expuestos a tareas donde se genera este compuesto.

**Palabras clave:** silicosis, prevención, patología, causas, obra hidráulica.

## ABSTRACT

Currently, silicosis is one of the most frequent occupational diseases due to the fact that crystalline silica is found in the environment and it is difficult to avoid inhaling it because of the minute size of its particles. Workers in sectors such as construction, mining and stone carving are exposed to high concentrations of this material through activities such as crushing and cutting rocks, releasing this substance that is toxic to humans.

In the elaboration of this monograph that was based on the analysis of scientific articles, medical journals and other documents that provide information on silicosis in the work of hydraulic works, being necessary to evaluate the effects, causes, treatments, pathologies and current regulations in the fight against this occupational disease that affects many workers in Colombia and is often ignored by companies, becoming a silent enemy in many civil engineering projects.

Through this research it will be promoted that companies, workers and employers adopt the necessary corrective measures in the workplace, implementing techniques to reduce dust and encouraging the use of personal protective equipment among employees exposed to tasks where this compound is generated.

**Keywords:** silicosis, prevention, pathology, causes, hydraulic work.

## INTRODUCCIÓN

La silicosis es una enfermedad pulmonar grave causada por la inhalación de polvo de sílice, este es un mineral muy común que se encuentra en rocas, arena y granito. Se utiliza en muchos productos industriales, como el vidrio, la cerámica y los abrasivos, también se presenta en muchos materiales de una obra hidráulica como acueductos, alcantarillados, represas, entre otros. (Ximena Josiana, 2022)

Cuando se inhala polvo de sílice, debido a tareas como demolición, movimientos de tierra, mezclas de concreto para cimentaciones y demás elementos estructurales de un acueducto, alcantarillado o cualquier otra construcción hidráulica, las partículas pueden quedar atrapadas en los pulmones. Con el tiempo, estas partículas pueden causar cicatrices y daño en el tejido pulmonar, lo que dificulta la respiración. (Wilmer C.P, 2017)

Afecta a millones de trabajadores en todo el mundo, especialmente en aquellos que se dedican a la construcción, minería y manufactura de materiales. En América Latina, se ha convertido en una de las principales enfermedades ocupacionales, con un impacto considerable en la salud pública y la economía. (Vazques M.G,2013)

Para abordar este tema de manera integral, se utilizará una metodología de investigación mixta, combinando el análisis de datos cuantitativos y cualitativos. Se revisará bibliografía especializada, informes oficiales de organismos internacionales y nacionales, y estudios de caso relevantes.

Esta monografía tiene como objetivo profundizar en el tema de la silicosis en las obras de construcción hidráulica, explorando sus causas, consecuencias y medidas preventivas. A través de una investigación exhaustiva y un análisis crítico, se busca crear conciencia sobre la

importancia de proteger la salud de los empleados y evitar que la silicosis siga cobrando víctimas en este sector vital para el progreso de la sociedad.

## 1. MARCO DE ANTECEDENTES Y CONTEXTUAL

Los primeros indicios datan en la antigüedad donde evidencias arqueológicas sugieren que la silicosis ya era conocida en el antiguo Egipto, donde los trabajadores de la piedra y la cerámica se veían afectados por esta enfermedad. En Grecia y Roma escritores griegos y romanos como Hipócrates y Galeno describieron los síntomas y efectos de la silicosis en los mineros y talladores de piedra. Durante la Edad Media y Renacimiento la silicosis se extendió con el auge de la minería y la construcción, afectando a trabajadores en Europa, Asia y América. (Cristina Martínez, 2009)

Se comenzaron a implementar algunas medidas de protección, como el uso de máscaras o paños para cubrir la boca y la nariz, aunque su efectividad era limitada. La Revolución Industrial intensificó la exposición al polvo de sílice, especialmente en la minería del carbón y la industria cerámica. Los estudios de Bernardino Ramazzini en el siglo XVII y de Percival Pott en el XVIII sentaron las bases para la comprensión de la silicosis como una enfermedad ocupacional. En el siglo XX, se promulgaron las primeras leyes que regulaban la exposición a la sílice cristalina en algunos países, buscando proteger a los trabajadores. (Cristina Martínez, 2009)

Se realizaron avances en la investigación de la silicosis, identificando sus mecanismos patogénicos y desarrollando técnicas para medir la exposición al polvo de sílice. Pero a pesar de los avances, sigue siendo un problema de salud pública en muchos países, especialmente en aquellos con sectores de construcción y minería poco regulados. (Revista Clinica Española, 2018)

Numerosos estudios han abordado la silicosis en empleados de la construcción desde diversos ángulos. Entre ellos, destacan los análisis realizados por organizaciones

gubernamentales como el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) en Norteamérica. (Raquel D.R.M,2019)

En 1996, NIOSH publicó un informe completo en la revista de medicina ocupacional y toxicología sobre la silicosis en la construcción de diversos tipos de obras hidráulicas, centrándose en las muertes de trabajadores del sector. Dos años antes, en 1992, la misma organización publicó un artículo más específico en el mismo medio sobre la mortalidad entre los trabajadores dedicados a la perforación de roca en una represa, una actividad de alto riesgo para la exposición a sílice. (López Montero,2013)

En este contexto, cabe destacar la investigación realizada por Marinaccio et al. En 2006 en Italia. Este estudio se enfocó en fortalecer la información para la toma de decisiones en materia de salud ocupacional para los trabajadores de la construcción expuestos a sílice. Los investigadores analizaron datos de vigilancia epidemiológica y encuestas transversales para identificar los principales factores de riesgo asociados a la silicosis en este sector. Los hallazgos del estudio proporcionaron información valiosa para el desarrollo de intervenciones preventivas más específicas y efectivas. (Ximena O.G,2022)

En el ámbito latinoamericano, la investigación de Gabriela et al. realizada en México en 2017 es de gran relevancia. Este estudio aborda los factores de riesgo laboral y sus consecuencias en la fuerza laboral de sistemas hidráulicos, incluyendo la silicosis. Los investigadores analizaron datos de encuestas y registros médicos tomados por los encargados de la salud y seguridad en los puestos de trabajo en zonas alejadas de las poblaciones urbanas para identificar los principales riesgos laborales en la realización de acueductos, represas o alcantarillados con la asociación a enfermedades ocupacionales. Estos análisis se realizaron a través de una serie de tendencias estadísticas para obtener hallazgos y puntos de referencia. Los

resultados del estudio confirmaron que la silicosis es una enfermedad prevalente en este sector, afectando a trabajadores en diversos contextos y actividades laborales. (Alonso Perez,2019)

La historia de la silicosis en la construcción colombiana en obras hidráulicas se remonta a épocas anteriores a la introducción de los martillos neumáticos. Incluso antes de la mecanización de la industria, los trabajadores enfrentaban el peligro de la sílice cristalina, un polvo invisible proveniente de la roca madre, especialmente el cuarzo-diorita rico en calcio. Este agente inerte, presente en la mayoría de los frentes de trabajo en construcción de una presa, se convierte en un enemigo silencioso para la salud de los trabajadores. (Manuel Hernandez,2010)

### **1.1. Marco teórico**

Cuando los trabajadores respiran polvo de sílice, las partículas minúsculas pueden alojarse en los pulmones provocando una serie de problemas de salud graves, que incluyen disnea (dificultad para respirar) es el síntoma más común de la silicosis y puede empeorar progresivamente con el tiempo, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) que incluye enfisema, bronquitis crónica y cáncer de pulmón que es el estado más avanzado. (Marchiori E,2015)

La gravedad de la silicosis depende de varios factores que incluyen la cantidad de polvo de sílice a la que se ha estado expuesto. Esta no tiene cura, pero el tratamiento puede ayudar a controlar los síntomas y mejorar la calidad de vida. Es importante que la mano de obra y los empleadores tomen medidas para prevenir la exposición al polvo de sílice y así poder proteger su salud. (Zanetti G,2015)

A pesar de que la silicosis es una patología antigua, aún se presentan nuevos casos tanto en el ámbito globalizado como en el desarrollado. A partir de comienzos de este siglo, era una de

las principales causas de morbilidad y mortalidad. Aún están expuestos al polvo una variedad de ocupaciones, y cuando la nueva tecnología carece de un control adecuado, la exposición puede ser a niveles de polvo y partículas más peligrosos que en entornos de trabajo no mecanizados.

(Barreto M. M,2016)

Cada vez que se modifica la corteza terrestre y se utiliza o procesa roca o arena que contiene sílice, existen riesgos respiratorios potenciales para los colaboradores. Continúan los informes de silicosis en industrias y lugares de trabajo que previamente no eran reconocidos como riesgos, lo cual indica la presencia casi omnipresente de la sílice. De hecho, debido a la latencia y la cronicidad de este trastorno, incluido el desarrollo y progresión después de que se haya cesado la exposición, es posible que algunos trabajadores con exposiciones actuales no manifiesten la enfermedad hasta el próximo ciclo.

En diversas naciones del mundo trabajos como los proyectos hidráulicos, la minería, las canteras, los túneles, la limpieza con chorro abrasivo y los trabajos de fundición siguen siendo riesgos significativos de exposición a la sílice, y aún se presentan epidemias de silicosis, incluso en países desarrollados. (Ismael T. A,2017)

### **1.1.1. Definición y caracterización de la silicosis**

#### **1.1.1.1. Concepto y etiología de la silicosis**

La enfermedad pulmonar ocupacional más temprana, conocida como silicosis, es provocada por la inhalación de pequeñas partículas de dióxido de silicio en forma de sílice cristalina no unida (libre), que generalmente se encuentra en el cuarzo, o, con menos frecuencia, en los silicatos, que son minerales que incluyen dióxido de silicio unido a otros elementos (Springer, 2024)

Comúnmente conocida como dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), es uno de los minerales más abundantes en la corteza terrestre. Se encuentra presente en rocas, arena, vidrio y diversos materiales utilizados en la construcción. Sin embargo, a pesar de su amplia presencia, presenta propiedades físicas y toxicológicas que varían significativamente dependiendo de su forma la sílice cristalina se encuentra ordenada en un patrón geométrico regular, formando estructuras tridimensionales definidas. Se subdivide en dos tipos principales: cuarzo y cristobalita. Este tipo de compuesto se encuentra con mayor concentración en la trituración de las rocas para la construcción de represas y es mayor la exposición cuando se realiza con explotación mediante dinamita. (León Jiménez A, 2019)

### **Ilustración 1**

*Partícula de sílice libre cristalizada.*



Fuente:(ACHS, 2018)

En su forma no cristalina las moléculas no presentan un ordenamiento geométrico definido, formando estructuras amorfas. Se subdivide en dos tipos principales que son sílice amorfa fundida y sílice gel. La primera se obtiene a partir de la fusión del cuarzo a altas temperaturas, mientras que la sílice gel se produce de forma natural o sintéticamente a partir de soluciones acuosas. Es muy poco común encontrar este tipo de material durante la construcción de obras hidráulicas además que esta no representa el mismo nivel de peligro que la primera. (León Jiménez A,2019)

Las propiedades físicas dependen de su forma. La cristalina que es generalmente dura, quebradiza y resistente al calor y a los ácidos. La no cristalina, por otro lado, es más blanda, soluble en agua alcalina y puede ser moldeada o extruida. La principal preocupación radica en su forma cristalina, ya que esta puede ser inhalada y depositarse en los pulmones de la cual depende la cantidad inhalada, el tiempo de exposición y la susceptibilidad individual del trabajador. (Córdoba J. A,2019)

La sílice aporta varias propiedades beneficiosas a los materiales de construcción de obras hidráulicas por ser un material muy resistente que puede soportar grandes cargas, también es muy duradero para resistir el desgaste y la intemperie. Otros usos que también se le pueden dar a la sílice son el vidrio utilizado en ventanas, en la fabricación de cerámica, vajillas y azulejos, al igual que como aislante en componentes electrónicos. (Linde B,2021)

#### **1.1.1.2. Mecanismos de producción de la enfermedad**

En las labores de alcantarillado, los trabajadores pueden estar expuestos a la sílice cristalina de varias maneras, como el corte y perforación de tuberías u hormigón, reparación y

mantenimiento de sistemas de alcantarillado. Estas actividades generan polvareda, especialmente al usar herramientas manuales o eléctricas sin controles de polvo adecuados. (SafetYA,2021)

Las partículas de menos de 5 a 10  $\mu\text{m}$  pueden entrar en los alvéolos y provocar una reacción inflamatoria. Los macrófagos alveolares ingieren pequeñas partículas de sílice que finalmente alcanzan el espacio alveolar. (Salahuddin, 2021)

El primer paso en la cadena de eventos que conduce a la silicosis es la inhalación de polvo las partículas de tamaño inferior a 10 micrómetros pueden llegar a los alvéolos pulmonares, los pequeños sacos de aire donde se produce el intercambio de gases. Una vez en los alvéolos, las partículas de sílice cristalina son fagocitadas, es decir, engullidas por macrófagos alveolares, células inmunitarias encargadas de eliminar sustancias extrañas del pulmón. Una vez dentro, el material cristalino puede disolverse parcialmente, liberando iones de  $\text{SiO}_2$  y otros compuestos que activan una serie de respuestas inflamatorias. Esta inflamación se caracteriza por la liberación de citocinas, moléculas que atraen y activan a otras como los neutrófilos y los linfocitos T. Estas células inmunitarias activadas se agrupan alrededor de las partículas de sílice, formando estructuras llamadas granulomas. (Harbulle P,2018)

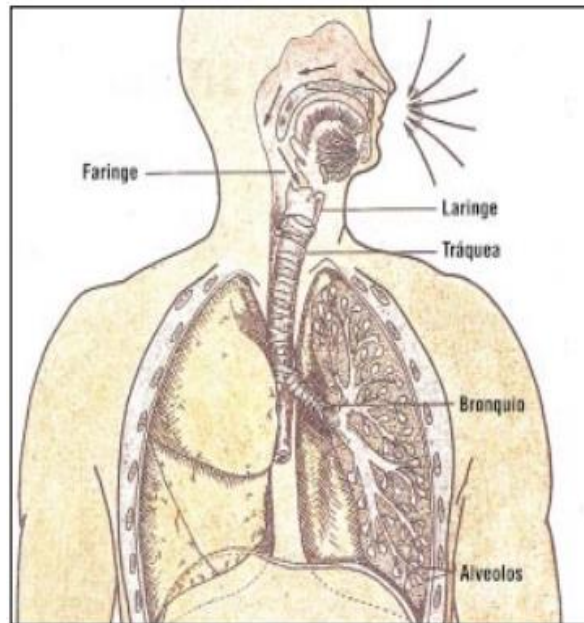
Los intentos del organismo por aislar y eliminar las partículas del tejido pulmonar. Con el tiempo, la inflamación crónica y la formación de los granulomas conducen a la fibrosis pulmonar, una condición en la que el tejido del pulmón se vuelve cicatrizado y rígido. Esta patología reduce la capacidad de los pulmones para intercambiar gases, lo que dificulta la respiración lo cual genera una serie de síntomas que incluyen tos persistente, dificultad para respirar, dolor en el pecho y fatiga. (Harbulle P,2018)

En casos graves, la enfermedad puede progresar a insuficiencia respiratoria e incluso la muerte. En muchos trabajos hidráulicos que se realizan bajo el nivel del terreno, en el subsuelo,

se suelen respirar partículas de este tamaño esto conlleva a que los ayudantes de obra suelen tener mucho tiempo de exposición en estas condiciones. (Agarwal B,2014)

## **Ilustración 2**

*Sistema respiratorio.*



Fuente: (ACHS, 2018)

### **1.1.1.3. Tipos de silicosis y sus características**

La patogenicidad del polvo de sílice inhalada en una obra hidráulica depende de la cantidad y la duración de exposición por inhalación. Se han descrito 3 entidades clínicas distintas de la silicosis: la silicosis aguda, la silicosis acelerada y la silicosis crónica. (Salahuddin, 2021)

Esta enfermedad pulmonar no se presenta de una forma única y uniforme. A lo largo del tiempo, se ha descrito que puede manifestarse de tres maneras distintas, cada una con sus propias características, curso y pronóstico. (Ramón Fernández Álvarez, 2014)

Esta clasificación en tres entidades clínicas resulta fundamental para un diagnóstico preciso y oportuno, permitiendo a su vez establecer expectativas más claras sobre la evolución de la enfermedad.

### **Ilustración 3**

#### *Tipos de silicosis*

| Forma clínica                  | Tiempo de exposición | Radiología                                             | Síntomas    | Función pulmonar                                                             |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Crónica simple                 | > 10 años            | Nódulos < 10 mm                                        | ninguno     | Normal                                                                       |
| Crónica complicada             | > 10 años            | Masas > de 1 cm                                        | Disnea, tos | Alteración obstructiva o restrictiva de gravedad variable                    |
| Fibrosis pulmonar intersticial | > 10 años            | Patrón reticulo-nodular difuso                         | Disnea, tos | Alteración restrictiva con descenso en la capacidad de difusión              |
| Acelerada                      | 5-10 años            | Nódulos y masas de rápida progresión                   | Disnea, tos | Deterioro rápido de la función pulmonar (FVC y FEV <sub>1</sub> )            |
| Aguda                          | < 5 años             | Patrón acinar bilateral similar a proteinosis alveolar | Disnea      | Alteración generalmente restrictiva con descenso en la capacidad de difusión |

Fuente: (Ramón Fernández Álvarez, 2014)

La aguda es la forma menos común y más grave de la enfermedad. Se caracteriza por una inflamación pulmonar intensa que puede desarrollarse rápidamente, entre semanas y meses después de una exposición masiva a sílice cristalina. La sintomatología incluye fiebre, escalofríos, tos seca, dificultad para respirar, dolor en el pecho y pérdida de peso. En casos severos, la enfermedad puede progresar a insuficiencia respiratoria aguda y la muerte. El diagnóstico se basa en la historia clínica, los síntomas, la radiografía de tórax y pruebas de función pulmonar. El pronóstico es variable y depende de la gravedad de la enfermedad. En algunos casos, la recuperación completa es posible, mientras que en otros puede progresar a silicosis crónica. (Raponi M P, 2021)

La acelerada se desarrolla más rápidamente que la crónica, usualmente entre 5 y 10 años después de la exposición inicial a sílice cristalina. Se caracteriza por una inflamación pulmonar

progresiva que afecta principalmente las partes superiores de los pulmones. Los síntomas de la son similares a los de la forma crónica, pero generalmente más severos. Estos incluyen tos persistente, dificultad para respirar, dolor en el pecho, fatiga y pérdida de peso. En el diagnóstico se analiza la historia clínica, la sintomatología, la radiografía de tórax, pruebas de función pulmonar y biopsia de pulmón. El pronóstico es generalmente peor que el de la silicosis crónica. La enfermedad puede progresar a insuficiencia respiratoria y la muerte si no se trata adecuadamente. (Raponi M P,2021)

La crónica es la forma más común y se desarrolla lentamente, usualmente después de 10 o más años de exposición. Se caracteriza por la formación de nódulos fibrosos en los pulmones, lo que reduce la capacidad respiratoria. Los signos se desarrollan gradualmente y pueden incluir tos persistente, dificultad para respirar, dolor en el pecho, fatiga y sibilancias. En casos avanzados, la enfermedad puede provocar insuficiencia respiratoria. El análisis se basa en el historial médico, los síntomas, la radiografía de tórax, exámenes funcionales pulmonares y biopsia de pulmón. El diagnóstico varía dependiendo de la gravedad de la enfermedad. Sin embargo, es irreversible y puede progresar con el tiempo, incluso si la exposición a la sílice se detiene. (Raponi M P,2021)

#### Ilustración 4

*Comparación entre un pulmón sano y otro con silicosis clásica.*



Fuente: (ACHS, 2018)

Es cierto que el diagnóstico de la silicosis no es sencillo y requiere una evaluación exhaustiva que considere diversos factores. La complejidad radica en la variabilidad de los hallazgos clínicos y radiológicos, los cuales dependen de la etapa y severidad de la enfermedad, así como de la susceptibilidad individual de cada paciente. (Redlich C.A,2023)

Es fundamental recopilar información detallada sobre la exposición ocupacional del paciente a sílice dentro de las actividades realizadas en una obra hidráulica, incluyendo la duración, intensidad y tipo de tareas ejecutadas. También se deben considerar factores de riesgo como tabaquismo y enfermedades pulmonares preexistentes. (Redlich C.A,2023)

La radiografía de tórax suele ser la primera prueba de imagen realizada. Pueden mostrar diversos hallazgos, incluyendo opacidades nodulares pequeñas y diseminadas conocidas como nódulos, patrones reticulares o en "panal de abeja" en los pulmones, engrosamiento de las paredes bronquiales y evidencia de enfisema pulmonar en casos avanzados. (González S,2010)

La tomografía computarizada de alta resolución (TCAR) ofrece imágenes más detalladas de los pulmones y puede ser útil para detectar nódulos de silicosis en etapas tempranas y evaluar la extensión de la enfermedad. (González S,2010)

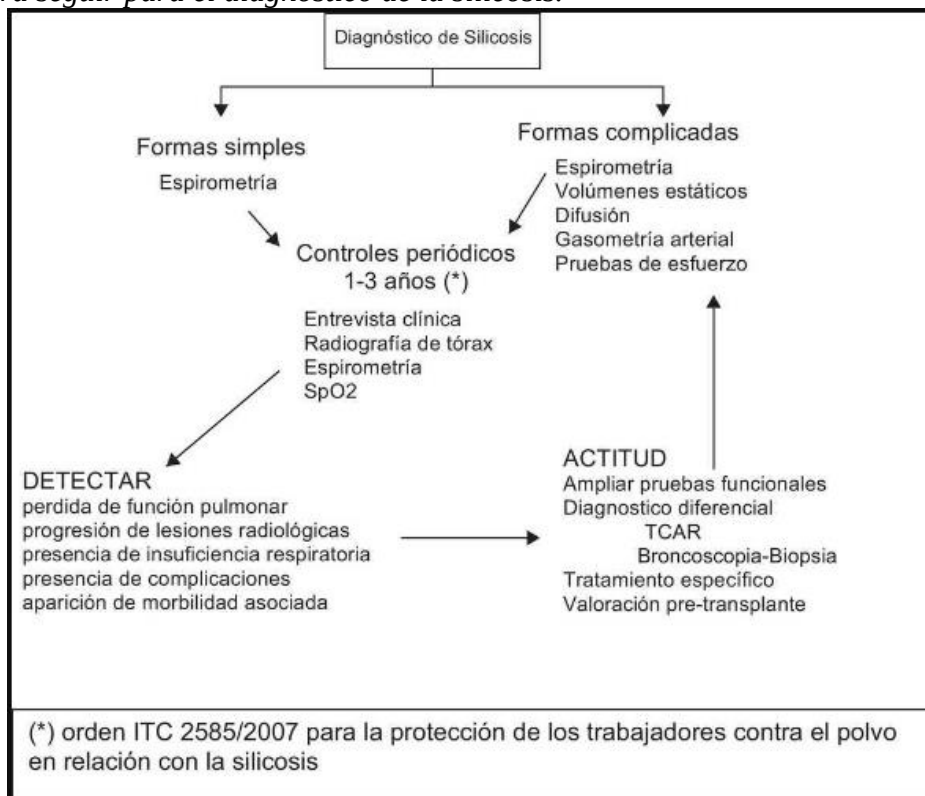
La broncoscopia se puede realizar para obtener muestras de las vías respiratorias y los pulmones. El análisis de estas puede revelar la presencia de partículas de sílice y signos de inflamación junto con pruebas de función pulmonar para evaluar la capacidad respiratoria del paciente y pueden detectar alteraciones en el intercambio de gases, como la disminución de la capacidad vital y de difusión de monóxido de carbono. (García L,2010)

Los hallazgos radiológicos y broncoscópicos pueden variar significativamente entre individuos, incluso en aquellos que tienen la misma exposición a sílice. Esto se debe a la disparidad entre la susceptibilidad individual y la progresión de la enfermedad. Es importante señalar que algunos de los análisis realizados, como los nódulos pulmonares, también pueden surgir en otras patologías pulmonares. Se requiere que se integren los documentos médicos, la evaluación radiológica, las pruebas de funcionalidad pulmonar y, en ocasiones, la broncoscopia. La interpretación de estos debe realizarse en conjunto con un equipo especializado en enfermedades pulmonares y con conocimientos en la terapia de silicosis. (Menéndez Navarro,2021)

Este es un proceso complejo que requiere una evaluación cuidadosa de diversos factores. La variabilidad de los resultados clínicos y radiológicos, junto con la no especificidad de algunos de estos estudios, hacen que el diagnóstico no se base únicamente en una sola prueba o criterio. Un enfoque integral y multidisciplinario, junto con la experiencia de un equipo médico especializado, son fundamentales para alcanzar un diagnóstico preciso y oportuno de la silicosis. (Menéndez Navarro,2021)

## Ilustración 5

*Ruta para seguir para el diagnóstico de la silicosis.*



Fuente: (Fernández Álvarez, 2015)

En muchas de las obras hidráulicas que se realizan en Colombia como la construcción de acueductos principalmente, estos se llevan a cabo en zonas apartadas de centros urbanos lo cual complica más que un grupo de seguridad y salud en el trabajo pueda llevar un control adecuado de la exposición de los trabajadores y de la presencia de síntomas relacionados con esta enfermedad.

### 1.1.1.4. Terapia, Manejo de Complicaciones y Control de Silicosis

La terapia se centra en las complicaciones de esta enfermedad cuando prevenirla ha fallado y se ha desarrollado cualquiera de sus tipos. Los conocimientos especializados de tratamiento para la obstrucción de las vías respiratorias, la infección, el neumotórax, la

hipoxemia y la deficiencia respiratoria que agravan otras enfermedades pulmonares comúnmente similares. (Jennifer H.R,2018)

La respiración de aluminio en aerosol no ha sido efectiva para tratar la silicosis. El N-óxido de polivinilpiridina, un polímero que ha sido usado en animales de experimentación con silicosis no está disponible para uso humano, aunque se han hecho pruebas resultando poco favorables y con efectos secundarios negativos. Se ha demostrado que la tetrandrina reduce la fibrosis y la síntesis de colágeno en animales expuestos a sílice y tratados con este medicamento dando una pequeña oportunidad a uno de los posibles tratamientos efectivos. A pesar de ello, todavía no se han efectuado ensayos fiables que confirmen su eficacia en humanos, y hay inquietudes respecto a su posible toxicidad y mutagenicidad. Como la enfermedad es prevalente en ciertos países, se están llevando a cabo estudios sobre combinaciones de fármacos y otras medidas terapéuticas. En la actualidad, no se ha desarrollado ningún método efectivo y no se ha logrado encontrar una cura específica. (Jennifer H.R,2018)

Es importante ofrecer consejos sobre cómo renunciar o cambiar de empleo actual, teniendo en cuenta las condiciones de exposición pasadas y presentes. Se debe evitar una mayor exposición.

La evaluación de enfermedades graves, especialmente la tuberculosis, es fundamental en la atención médica de la silicosis. En países con una elevada incidencia de tuberculosis, se recomienda a los pacientes con silicosis y prueba de tuberculina positiva, mientras que no se recomienda la administración de vacuna BCG para aquellos que tienen prueba de tuberculina negativa. Los individuos que padecen silicosis pueden enfrentar dificultades al diagnosticar una infección tuberculosa activa. La evaluación radiográfica y la recolección de cepas y cultivos de bacilos resistentes en el esputo son fundamentales ante patologías clínicas como la pérdida de

peso, la fiebre, la sudoración y el malestar general. Los cambios radiográficos tales como el incremento o la cavitación en lesiones conglomeradas u opacidades nodulares son de gran magnitud. (Jiang Q,2023)

En la silicotuberculosis, los análisis bacteriológicos del esputo no siempre son confiables. Frecuentemente, la broncoscopia con fibra óptica para obtener muestras de cultivo y realizar estudios adicionales puede ser beneficiosa para diagnosticar una enfermedad activa. Debido a la complejidad de confirmar la evidencia de una infección activa, se justifica el uso de terapia multimedicamentosa ante la sospecha de enfermedad activa en pacientes con silicosis, con un umbral de sospecha más bajo que en individuos sin silicosis. La rifampicina ha mostrado una mejora en la tasa de éxito del tratamiento de la silicosis cuando se complica con tuberculosis. Según estudios recientes, la eficacia del tratamiento a corto plazo en casos de silicotuberculosis es comparable a la de la tuberculosis primaria. (Zhou P,2022)

Los casos de complicaciones tratables, se aconseja el uso de soporte ventilatorio para la insuficiencia respiratoria. La colocación de un tubo torácico es generalmente necesaria tanto para el neumotórax espontáneo como para el asociado a ventilación mecánica. La posibilidad de una fístula broncopleurale requiere considerar una interconsulta y potencial tratamiento quirúrgico. La insuficiencia respiratoria puede surgir con rapidez tras una silicosis aguda. La terapia intensiva puede incluir lavado pulmonar total mientras el paciente está bajo anestesia general, con el objetivo de optimizar el intercambio gaseoso y remover los residuos alveolares, especialmente en situaciones donde la enfermedad es similar a la proteinosis alveolar pulmonar y se presenta una hipoxemia grave. (Jiang Q,2023)

A pesar de ser una idea atractiva, no se ha comprobado la efectividad del lavado pulmonar completo. En el caso de la silicosis aguda, se ha recurrido a la terapia con

glucocorticoides; no obstante, su beneficio aún no ha sido demostrado. Algunos jóvenes pacientes en fase terminal de silicosis podrían ser considerados para un trasplante de pulmón o de corazón y pulmón en centros especializados en este procedimiento costoso y de alto riesgo. Los pacientes que sean seleccionados podrán ser remitidos y evaluados tempranamente para dicha intervención. La severidad y el riesgo mortal de la silicosis se subrayan al considerar intervenciones terapéuticas agresivas y de alta tecnología como el trasplante, destacando así la importancia vital de la prevención primaria. Controlar y manejar la exposición al polvo en los lugares de trabajo es esencial para prevenirla. Se alcanza este objetivo mediante la aplicación detallada de los principios esenciales de ingeniería y de higiene ocupacional, con la finalidad de salvaguardar la salud de los trabajadores. (Jiang Q,2023)

#### **1.1.2. Riesgos de la silicosis en las obras de construcción hidráulicas.**

La exposición a la sílice, un mineral presente en materiales como el hormigón, ladrillos y arena es el principal factor de riesgo para desarrollar esta enfermedad. Cuando se inhala polvo de sílice, las partículas minúsculas se alojan en los pulmones, causando cicatrices y daño en el tejido pulmonar.(Avella,2021)

La exposición a partículas pequeñas de sílice, principalmente el polvo de cuarzo presente en el aire ocurre principalmente en entornos industriales y ocupacionales. (Zanetti G,2015)

Los trabajos que alteran la corteza terrestre, como la movilización de tierra o arena, la fracturación de rocas y el uso de sierras de mano para cortar materiales como hormigón y ladrillo en la construcción de obras hidráulicas que son esenciales para el desarrollo humano, ya que proporcionan agua para consumo humano, riego, generación de energía hidroeléctrica, transporte, control de inundaciones y recreación estando asociadas con la exposición laboral a este material. (Casan P,2010)

Además, actividades en los sectores de la industria manufacturera (como la fabricación de vidrio y cerámica) y la construcción en general también pueden exponer a los trabajadores a la sílice. Las partículas de sílice, cuando alcanzan un tamaño respirable (menor a 10 micrones), pueden penetrar profundamente en los pulmones, incluso sin ser visibles a simple vista. (Quero A,2010)

#### **1.1.2.1. Actividades y tareas con mayor riesgo de exposición al polvo de sílice en proyectos hidráulicos.**

Es frecuente que los trabajadores de este sector participen en múltiples proyectos a lo largo del año, tengan varios empleos y también pasen semanas sin trabajar. Se estima que, en promedio, un trabajador de la construcción de alcantarillado podría laborar alrededor de 1,500 horas anuales.(Carcaño G, 2006)

La naturaleza cambiante del sector de la construcción, con proyectos que van y vienen y la posibilidad de trabajar para varios empleadores, genera una situación laboral particular para los empleados de este sector. A diferencia de otros empleos donde se establece una jornada laboral fija y un empleador único, en la construcción de obras hidráulicas la realidad es más dinámica, las estimaciones demuestran un promedio de 1.500 horas anuales trabajadas por un obrero. (Manuel C.G,2013)

Es importante considerar que esta cifra es solo un promedio, ya que las horas trabajadas pueden variar significativamente dependiendo de diversos factores. Ciertos proyectos como obras de gran envergadura como presas, embalses, canales, sistemas de drenaje, estaciones de bombeo, centrales hidroeléctricas, entre otras con plazos ajustados, pueden demandar más horas de trabajo por semana o incluso jornadas extendidas. La disponibilidad de trabajo en el sector

puede variar según la región o ciudad. Las habilidades y experiencia del trabajador también influyen en las horas trabajadas. Las condiciones climáticas extremas, como fuertes lluvias o temporadas de calor intenso, pueden afectar el desarrollo de las obras y ocasionar suspensiones temporales de trabajo. Es importante destacar que, a pesar de la variabilidad en las horas trabajadas, los obreros del proyecto deben cumplir con jornadas laborales establecidas por ley y recibir la compensación correspondiente por horas extras, trabajo en días festivos o dominicales, entre otros. (Manuel C.G,2013)

En resumen, las 1.500 horas anuales estimadas para un trabajador de la construcción son un promedio que refleja la naturaleza dinámica del sector. La realidad individual de cada individuo puede variar significativamente en función de diversos factores, como el tipo de proyecto, la ubicación, la especialización y las condiciones climáticas.

Las actividades y tareas que implican mayor riesgo de exposición al polvo de sílice se encuentran principalmente en aquellos sectores donde se manipulan, procesan o se trabaja con materiales, como rocas, arena, grava y algunos minerales. Entre las actividades más comunes con alto riesgo de exposición se destacan la extracción y procesamiento de minerales como el cuarzo, el granito y la sílice son actividades que generan grandes cantidades de polvo respirable, estos materiales son importantes para la elaboración de tanques, posos de inspección, obras de drenaje superficial, canales entre otros elementos que se fabrican con concreto y agregados finos y gruesos. La elaboración de ladrillos, tejas, vidrio, porcelana y otros productos cerámicos implica procesos como la molienda, mezclado y cocción de materiales que contienen sílice, generando polvo respirable. (Carvallo N.A,2018)

Es importante resaltar que la peligrosidad de la exposición depende de varios factores, como la cantidad de presente en el material, el tamaño de las partículas, la frecuencia y duración de la exposición, y la presencia de otros agentes contaminantes en el aire.

#### **1.1.2.2. Grupos de trabajadores más expuestos**

Es preocupante que el personal expuesto a la silicosis en la construcción no tenga programas de prevención adecuados o que, incluso si los tienen, no se implementen de manera constante. La falta de fiscalización periódica y exhaustiva agrava esta situación, a diferencia de lo que ocurre en la gran minería. (Menéndez Navarro, 2014)

Es cierto que la situación de los trabajadores de estas obras tan importantes como las hidráulicas que están sometidos a la sílice es alarmante ya que es una enfermedad pulmonar grave por la inhalación de polvo, que puede ser incapacitante e incluso mortal. Sin embargo, a menudo se observa que los programas de prevención en este sector no son adecuados o no se implementan de manera efectiva, lo que agrava la situación. Las pequeñas y medianas empresas constructoras que dirigen este tipo de proyectos, suelen tener recursos limitados para implementar programas de prevención completos. (Rodenas M.G, 2019)

El desconocimiento sobre los riesgos y las medidas de prevención entre trabajadores y empleadores es un obstáculo significativo. (Sevila R.G, 2019)

A veces, existe una falta de interés o compromiso por parte de los empresarios para priorizar la salud y seguridad de sus trabajadores. La ausencia de inspecciones periódicas y exhaustivas por parte de las autoridades competentes dificulta el cumplimiento de las normas de seguridad y salud en el trabajo.

En contraste con la gran minería donde los riesgos de la sílice son bien conocidos, suelen existir programas de prevención más robustos y una mayor fiscalización por parte de las

autoridades. Esto se debe en parte a la mayor escala de las operaciones, la mayor disponibilidad de recursos y la mayor presión social para garantizar la seguridad de los trabajadores. (Ismael T.A,2017)

Para abordar la problemática de la silicosis, se requieren medidas urgentes que incluyan en el fortalecimiento de los programas de prevención con capacitación, controles de ingeniería, prácticas de trabajo seguras, uso de equipo de protección personal y monitoreo de la exposición al polvo de sílice.

Aumentar la frecuencia y exhaustividad de las revisiones por parte de las autoridades competentes para garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad y salud en el trabajo y promover la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos para reducir la exposición al polvo de sílice en el sector de la construcción hidráulica. Es fundamental que todos los actores involucrados, desde los gobiernos y las autoridades hasta los empleadores y los trabajadores, trabajen en conjunto para prevenirla. ( NIOSH,2022)

La historia de la silicosis en Colombia. Antes incluso de la introducción de los martillos neumáticos a la construcción de alcantarillados, los mineros ya sufrían los estragos de esta enfermedad. El testimonio del ingeniero y escritor antioqueño Efe Gómez, quien trabajó en la Empresa Minera El Zancudo a principios del siglo XX, refleja la difícil situación de los mineros. Respirar en las galerías subterráneas, donde el aire estaba empobrecido y asfixiante, tenía consecuencias devastadoras para su salud.(Gallo, 2011)

La presencia de la silicosis en Colombia se remonta a épocas precolombinas, cuando las comunidades indígenas explotaban minas de oro y otros minerales. Sin embargo, la enfermedad cobró mayor relevancia a finales del siglo XIX y principios del XX, con el auge de la minería industrial. La introducción de técnicas como la perforación con martillos neumáticos a tareas

como demolición de calles de asfalto para colocar tuberías de alcantarillado, así como la reposición de tubos de concreto reforzado en estos sistemas, exacerbó el problema. (Álvarez R.F,2015)

El relato del ingeniero y escritor antioqueño Efe Gómez, quien trabajó en la empresa minera El Zancudo a principios del siglo XX, ofrece un crudo testimonio de las condiciones precarias y los riesgos a los que se exponían los mineros. Gómez describe el aire asfixiante y viciado de las galerías subterráneas, donde el polvo de sílice impregnaba todo, afectando severamente la salud de los trabajadores causada por la inhalación de polvo de sílice. (Lorenzo J.L,2014)

Si bien la minería ha sido el sector con mayor prevalencia de silicosis ha sido el más vigilado y controlado debido al alto número de casos, otros sectores como la construcción, la cerámica y el sandblasting también presentan riesgos para la salud de los trabajadores. Estos mismos factores se presentan en la construcción de pozos, diques, represas, sistemas de drenaje subterráneos, que buscan interceptar el flujo de agua en el subsuelo para su aprovechamiento en la superficie.

A lo largo del siglo XX, han surgido diversas iniciativas para abordar la problemática de la silicosis en Colombia. Se han creado organizaciones, se han promulgado leyes y reglamentos para la protección de los trabajadores, y se han realizado campañas de sensibilización y educación sobre los riesgos de la enfermedad. (Lorenzo J.L,2014)

A pesar de los avances logrados la informalidad laboral, la falta de recursos para implementar medidas de prevención adecuadas y la deficiente fiscalización por parte de las autoridades competentes son algunos de los obstáculos que persisten. Es necesario un

compromiso continuo por parte del Estado, los empleadores y los trabajadores para prevenir esta enfermedad y garantizar condiciones de trabajo dignas y seguras. Sin embargo, es importante reconocer que la enfermedad también puede afectar a personas que no están involucradas directamente en la manipulación de estos materiales. (PNES,2022)

La dispersión del polvo de sílice en el ambiente puede generar riesgos para trabajadores en las cercanías de actividades con alta exposición a este material. (PNES,2022)

### **1.1.2.3. Factores que aumentan el riesgo de silicosis**

Las obras hidráulicas, como la construcción de presas, canales, acueductos y sistemas de riego son proyectos esenciales para el desarrollo humano y el acceso al agua. Sin embargo, estas obras también conllevan riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores que participan en su construcción y mantenimiento.

Los materiales o productos que contienen sílice representan un peligro cuando las partículas alcanzan un tamaño de polvo respirable, es decir, partículas con un diámetro menor a 10 micrones. Cuando se inhalan las partículas más grandes, estas quedan atrapadas en los cilios y la membrana mucosa del sistema respiratorio. Los cilios, pequeñas estructuras similares a pelos, trabajan para barrer las partículas hacia la nariz y la boca, donde pueden ser eliminadas. (Fondo de riesgos laborales, 2009)

Para mantenernos saludables, necesitamos respirar aire puro en nuestros pulmones. Sin embargo, en entornos industriales y constructivos, el aire rara vez es completamente limpio.

A menudo contiene partículas en suspensión, algunas visibles y otras no. Estas partículas, tanto grandes como pequeñas, se inhalan simultáneamente. Las partículas grandes chocan con las defensas naturales de nuestro sistema respiratorio y se eliminan al toser o a través de la mucosidad. Sin embargo, las partículas más pequeñas se quedan en los pulmones, acumulándose

con el tiempo sin causar molestias inmediatas. Estas dañan gradualmente los alvéolos, los pequeños sacos de aire donde se produce el intercambio de oxígeno. Esto puede llevar a la silicosis, una enfermedad pulmonar grave que provoca síntomas como dificultad para respirar, tos y malestar general. (Fondo de riesgos laborales, 2009)

El tamaño del polvillo de sílice es un factor crucial para determinar su peligrosidad. Cuando estas partículas alcanzan un tamaño respirable, es decir, menor a 10 micrones, pueden ser inhaladas y depositarse en las partes profundas de los pulmones, donde pueden causar daño significativo. (SafetYA,2021)

Las partículas pequeñas son más peligrosas por la penetración profunda ya que tienen la capacidad de llegar a los alvéolos, que son sacos diminutos donde se produce el intercambio de gases entre la sangre y el aire, pueden permanecer ahí durante mucho tiempo, lo que aumenta la probabilidad de que causen daño y la dificultad para eliminarlas, los mecanismos naturales de defensa del sistema respiratorio, como los cilios y la membrana mucosa, no son tan efectivos para eliminar estos residuos de tamaño respirable. (James E.S,2010)

Cuando se inhala polvo de mayor tamaño con un diámetro superior a 10 micras quedan atrapadas en los cilios y la membrana mucosa de las vías respiratorias superiores, como la nariz y la garganta. Los cilios, pequeñas estructuras similares a pelos, barrerán las partículas hacia la nariz y la boca, donde pueden ser expulsadas por la tos o la expectoración. Aunque las partículas más grandes también pueden causar irritación y molestias, el riesgo de que causen daño pulmonar permanente es menor. (SafetYA,2021)

El porcentaje de sílice libre en un material también afecta la generación de silicosis cuando se produce polvo respirable debido al desgaste del material. Cuanto mayor sea este porcentaje, mayor puede ser el daño. (Fondo de riesgos laborales, 2009)

El riesgo de contraer silicosis está relacionado con el porcentaje de sílice libre presente en las menas y rocas de presas o embalses. Si se extraen minerales que contienen cuarzo, habrá una gran cantidad de polvo de sílice en el ambiente. Si no se toman medidas de protección, es probable que los trabajadores desarrollen silicosis a corto plazo. Por otro lado, cuando se trabaja con minerales calizos, de carbón o azufre que no contienen este elemento, la probabilidad de contraer esta enfermedad es mucho menor. Sin embargo, incluso al extraer estos minerales, que no contienen cuarzo, existe un riesgo debido a la necesidad de romper la roca circundante, que sí contiene sílice. (Montero F.T,2013)

Ciertamente, el porcentaje que trae un material juega un papel crucial en la generación y la severidad de la enfermedad que se convierte en un peligro cuando se transforma en polvo respirable, es decir, partículas con un diámetro inferior a 10 micras. Mayor porcentaje de sílice libre en un material que implica una mayor probabilidad de que se genere inhalación durante su procesamiento o uso. (Wilmer C.P,2017)

La exposición a mayores cantidades de polvo respirable con alto contenido de sílice libre aumenta el riesgo de desarrollar silicosis con alta probabilidad de ser más severa y progresar más rápidamente. Imaginemos dos materiales con este elemento uno con un 10% y otro con un 50%. Al procesar ambos, se generará más polvillo respirable en el segundo caso. Esto significa que los trabajadores expuestos al segundo compuesto tendrán un mayor riesgo de desarrollarla y de padecerla. (Raquel D.R,2019)

La probabilidad de desarrollar silicosis aumenta a medida que una persona está expuesta durante más tiempo a altas concentraciones de sílice cristalina. (Fondo de riesgos laborales, 2009)

La capacidad de desarrollar la enfermedad está estrechamente relacionada con la duración y la intensidad de la exposición. Este contexto se puede resumir en a mayor tiempo, mayor riesgo. Cuanto más pase una persona expuesta al polvo, mayor será la probabilidad de desarrollar esta afección progresiva, lo que significa que el daño pulmonar se acumula con el tiempo a medida que se inhala más sílice. (León Jiménez,2019)

Los estudios han demostrado que el riesgo aumenta significativamente después de 10 a 20 años. En casos de exposición de por vida a altas concentraciones, la probabilidad de desarrollar silicosis grave es muy alta. La concentración en el aire también juega un papel crucial en el desarrollo de la enfermedad. (Paoletta D,2022)

Las autoridades sanitarias han establecido niveles de acción para la exposición en el lugar de trabajo. Estos niveles representan concentraciones presentes en el aire que, si se superan durante un período determinado, aumentan significativamente el riesgo. La exposición a concentraciones extremadamente altas puede provocar silicosis aguda, una forma grave de la enfermedad que puede desarrollarse en cuestión de semanas o meses. La susceptibilidad individual también juega un papel importante. Algunas personas son más propensas a desarrollar la afección que otras, incluso con niveles similares. (García L,2010)

Ciertos factores de riesgo pueden aumentar la vulnerabilidad, como el tabaquismo, enfermedades pulmonares preexistentes y deficiencias en el sistema inmunológico. También se ha sugerido que la predisposición genética puede influir en el riesgo de desarrollar silicosis. (Barreto M.M,2015)

La protección de la salud y seguridad de los trabajadores en obras hidráulicas es una responsabilidad fundamental de los empleadores. Mediante la implementación de medidas de

seguridad efectivas, la capacitación adecuada y la vigilancia médica regular, se puede minimizar la exposición a riesgos y garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable.

### **1.1.3. Síntomas y efectos de la silicosis.**

La enfermedad avanza de manera gradual y sus síntomas pueden no ser evidentes de inmediato, sino que emergen con el tiempo y su severidad es directamente proporcional al tiempo de exposición del individuo.(Avella,2021)

Una vez desarrollada, no hay cura disponible para revertir el daño a los pulmones. No obstante, la detección precoz y el tratamiento adecuado son fundamentales para frenar la progresión de la enfermedad y elevar la calidad de vida de los pacientes. (Jesús S.B,2023)

En las etapas iniciales, lo que hace la lucha aún más desafiante debido a su naturaleza sigilosa. En su fase inicial, la enfermedad puede no manifestar síntomas perceptibles, lo que dificulta su detección temprana. La falta de señales tempranas permite que progrese de manera silenciosa, causando daño progresivo en los pulmones. (González J.L,2024)

Conforme avanza, empiezan a aparecer síntomas que, aunque no incluyen dolor ni otras señales específicas, son indicativos de la enfermedad. La fatiga extrema, incluso con esfuerzos mínimos, es el principal indicador. La dificultad para respirar, la tos persistente y la sibilancia son también síntomas comunes en las etapas avanzadas. (González J.L,2024)

Con un historial conocido de exposición y una radiografía característica, el diagnóstico de silicosis generalmente no es complicado. Sin embargo, los desafíos surgen cuando las características radiológicas no son típicas o cuando el historial de exposición no se conoce. (Carvallo N.A,2018)

Raramente se necesita una biopsia pulmonar para diagnosticar. Sin embargo, las muestras de tejido pueden ser de gran valor en ciertos contextos clínicos complicados o cuando el diagnóstico diferencial incluye tuberculosis, neoplasias o PMF. El tejido obtenido de la biopsia debe enviarse para cultivo y, en investigaciones, el análisis de polvo puede resultar beneficioso. Cuando es necesario obtener tejido, generalmente se realiza una biopsia pulmonar abierta para obtener material suficiente para el análisis. (Carvallo N.A,2018)

La ausencia de síntomas específicos al inicio hace que el diagnóstico dependa en gran medida de pruebas radiológicas. Las radiografías de tórax y la tomografía computarizada de alta resolución son esenciales para que los médicos puedan examinar los pulmones e identificar nódulos de silicosis, que son pequeñas cicatrices en el tejido pulmonar resultantes de la enfermedad.

#### **1.1.3.1. Síntomas tempranos y tardíos de la silicosis**

A medida que la enfermedad avanza, el trabajador puede tener dificultades para respirar con el esfuerzo o presentar signos clínicos de un intercambio deficiente de oxígeno y dióxido de carbono. En etapas avanzadas, es posible que experimenten fatiga severa, tos, dolor torácico o insuficiencia respiratoria.(González M, 2016)

El síntoma principal es la disnea, que se manifiesta durante la actividad o el ejercicio y se alivia con el reposo a medida que disminuye la reserva pulmonar. Sin embargo, en ausencia de otra enfermedad respiratoria, puede no haber dificultad para respirar, mientras que la presentación podría ser la de un individuo asintomático con una radiografía de tórax anormal. (Ortúzar D,2015)

A veces, una radiografía puede revelar una enfermedad bastante avanzada con solo síntomas leves. La aparición o el avance de la disnea pueden señalar la presencia de

complicaciones como tuberculosis, obstrucción de las vías respiratorias o fibrosis masiva progresiva. La tos frecuentemente surge como resultado de una bronquitis crónica, causada por la exposición ocupacional al polvo, el hábito de fumar, o una combinación de ambos. En ciertas ocasiones, la tos puede deberse a la presión ejercida por grandes conglomerados de ganglios linfáticos silicóticos sobre la tráquea o los bronquios principales. (Esteban A,2004)

La disnea y la tos son síntomas torácicos menos comunes. La hemoptisis, aunque rara, debería ser motivo de preocupación debido a trastornos complicados. Las sibilancias y la opresión en el pecho pueden indicar bronquitis o una enfermedad obstructiva de las vías respiratorias. (Esteban A,2004)

El dolor torácico y los dedos en palillo de tambor no constituyen síntomas de la silicosis. Los síntomas sistémicos tales como la fiebre y la pérdida de peso sugieren una infección complicada o una enfermedad neoplásica. La insuficiencia respiratoria progresiva se asocia con la silicosis en etapas avanzadas. Salvo que existan complicaciones, los signos físicos suelen ser mínimos. (López S,2024)

Para la evaluación clínica de individuos con sospecha de silicosis, pruebas de función pulmonar tales como la espirometría y la prueba de difusión de monóxido de carbono son beneficiosas. La espirometría también es valiosa para el reconocimiento precoz de los efectos en la salud por la exposición al polvo en ambientes laborales, ya que puede identificar anomalías fisiológicas antes de que se presenten cambios en radiografías. (Ruedas J,2018)

En la silicosis, no existe un patrón único de deterioro ventilatorio. Los resultados de la espirometría pueden ser normales o mostrar anomalías, incluyendo obstrucción, restricción o un patrón mixto. La obstrucción es, de hecho, el hallazgo más frecuente. Los cambios suelen ser

más notorios en las categorías radiológicas avanzadas. No obstante, la correlación entre las anomalías radiográficas y el deterioro ventilatorio es mínima. (Martínez J,2021)

En la silicosis aguda y acelerada, los cambios funcionales son más notorios y su progresión es más veloz. La evolución radiológica de la silicosis aguda conlleva un incremento en la insuficiencia respiratoria y anomalías en el intercambio gaseoso, culminando en insuficiencia respiratoria y, eventualmente, en hipoxemia refractaria. (Labbate A,2004)

La silicosis acelerada puede manifestarse tras 5 a 10 años de exposición continua a sílice cristalina respirable. A pesar de ser parecida a la silicosis crónica, su progresión es más rápida y sus síntomas incluyen debilidad y adelgazamiento.(González M, 2016)

La silicosis acelerada puede aparecer después de exposiciones intensas y breves, de cinco a diez años. Los síntomas, los hallazgos radiográficos y las pruebas fisiológicas son similares a los de la silicosis crónica. No obstante, la función pulmonar se deteriora con mayor rapidez y es frecuente que los pacientes desarrollen infecciones micro bacterianas.

Los síntomas de la silicosis aguda abarcan una dificultad respiratoria progresiva y severa, debilidad y adelgazamiento. A pesar de ser menos frecuente que otras variantes de la enfermedad, la silicosis aguda a menudo resulta en discapacidad y puede ser fatal en numerosos casos.(González M, 2016)

Histológicamente, se han identificado hallazgos similares a los de la proteinosis alveolar pulmonar y, en algunos casos, se han reportado anomalías extrapulmonares, como las renales y hepáticas. Por lo general, la enfermedad avanza con rapidez hacia una insuficiencia ventilatoria hipoxémica severa. (Aidar O,2004)

La tuberculosis puede agravar todas las formas de silicosis, y es más probable en aquellos con formas agudas y aceleradas de la enfermedad. La exposición a la sílice, incluso sin

desarrollar silicosis, también puede elevar el riesgo de infección. M. tuberculosis es el patógeno más frecuente, aunque también se pueden hallar mico bacterias no típicas. (Caicedo G,2021)

Los trabajadores que están expuestos a la sílice pueden padecer enfermedades asociadas con la exposición al polvo en el ámbito laboral, como la bronquitis crónica y el enfisema, incluso si no presentan evidencia radiográfica de silicosis. Estas condiciones se relacionan con varias exposiciones ocupacionales a polvos minerales que contienen sílice. (Miranba A,2023)

#### **1.1.3.2. Impacto en la función pulmonar y la capacidad respiratoria**

Durante los primeros años, el trabajador no presenta síntomas; sin embargo, con el tiempo empieza a sufrir de tos progresiva y dificultad para respirar durante el ejercicio. Además, las radiografías de tórax muestran pequeñas opacidades redondeadas en los lóbulos superiores. (Fondo de riesgos laborales, 2009)

En un lapso de 5 a 10 años, el patrón radiográfico se asemeja al de la forma crónica; sin embargo, la función pulmonar se deteriora con mayor rapidez. Asimismo, es más común que los trabajadores desarrollen tuberculosis y enfermedades autoinmunes. (Fondo de riesgos laborales, 2009)

La disnea de esfuerzo es un síntoma habitual de la fibrosis masiva progresiva. Esta condición se distingue por opacidades nodulares de más de 1 cm en la radiografía de tórax, y suele implicar una reducción en la capacidad de difusión del monóxido de carbono, una baja en la presión arterial de oxígeno en reposo o durante el ejercicio, y una restricción significativa en la espirometría o medición del volumen pulmonar. (Paniagua,2013)

La pérdida de peso y la cavitación de grandes opacidades deberían suscitar sospechas de tuberculosis u otra infección micro bacteriana. El neumotórax representa una complicación potencialmente mortal, ya que puede resultar difícil re expandir un pulmón fibrótico.

Frecuentemente, la insuficiencia respiratoria hipoxémica señala el evento terminal.

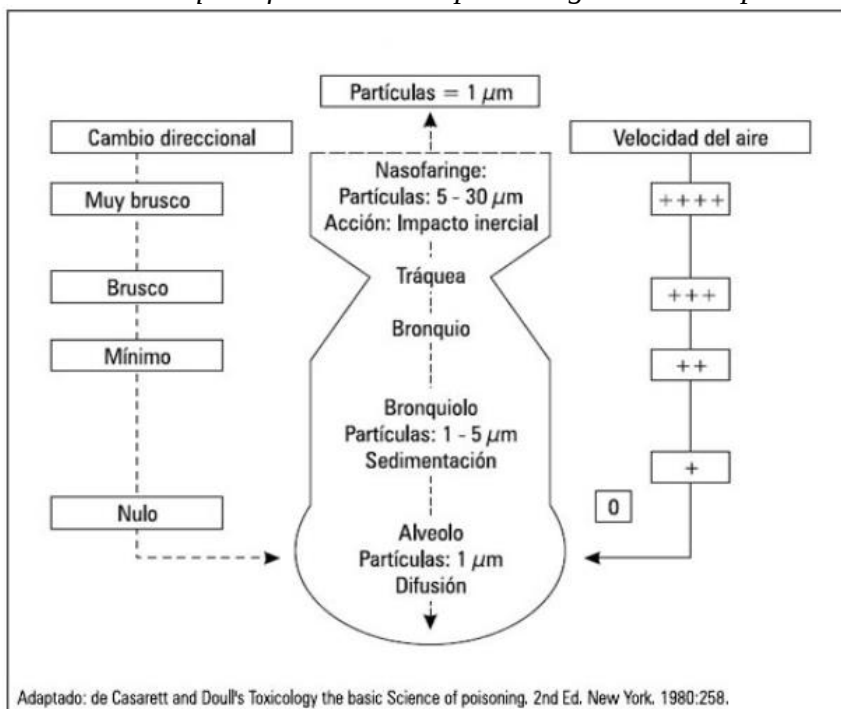
(Delgabo,2023)

Cuando un trabajador ha sido expuesto significativamente a la sílice cristalina, el período de latencia puede variar de unas semanas hasta cinco años. Clínicamente, se manifiesta con disnea, deterioro del estado general, pérdida de peso y una radiografía de tórax que muestra un llenado alveolar difuso. A menudo, esta afección progresa hacia una insuficiencia respiratoria grave. (Fondo de riesgos laborales, 2009)

La silicosis crónica, también llamada silicosis clásica, puede ser asintomática o presentarse con disnea de esfuerzo y una tos progresiva y persistente, a menudo asociada con el envejecimiento. Radiográficamente, se caracteriza por pequeñas opacidades redondeadas (menores de 10 mm) ubicadas principalmente en los lóbulos superiores. Comúnmente, se reporta una historia de exposición de cinco años o más. (Delgabo,2023)

## Ilustración 6

*Factores aerodinámicos que influyen en el depósito regional de las partículas de sílice.*



Fuente: (Ramírez, 2013)

La imagen muestra un diagrama que ilustra los diversos factores aerodinámicos que influyen en el depósito regional de las partículas de sílice en el sistema respiratorio. Estos factores se representan en relación con las diferentes secciones del tracto respiratorio, desde la nasofaringe hasta los alvéolos.

Se representan partículas de sílice de diferentes tamaños, desde 1  $\mu\text{m}$  hasta 30  $\mu\text{m}$ , también se incluye el cambio direccional del flujo de aire a medida que avanza por el tracto respiratorio, se muestran las variaciones en la velocidad del aire a lo largo del sistema respiratorio, se señalan los diferentes mecanismos por los cuales las partículas de sílice se depositan en las paredes del tracto respiratorio, incluyendo las partículas más grandes (5-30  $\mu\text{m}$ ) se depositan principalmente en la nasofaringe y la tráquea debido a su inercia, las de tamaño

intermedio (1-5  $\mu\text{m}$ ) se depositan principalmente en los bronquios y bronquiolos por sedimentación y las más pequeñas (1  $\mu\text{m}$ ) se depositan principalmente en los alvéolos por difusión. (Ramírez, 2013)

El diagrama muestra cómo factores aerodinámicos como la dirección del flujo de aire, su velocidad y el tamaño de las partículas afectan la distribución de partículas de sílice en el sistema respiratorio. Las partículas más grandes tienden a depositarse en las vías respiratorias superiores, mientras que las más pequeñas pueden llegar a los alvéolos y potencialmente causar daños pulmonares y silicosis. (Ramírez, 2013)

#### **1.1.3.3. Complicaciones y enfermedades asociadas a la silicosis**

En trabajadores que padecen silicosis crónica, la incidencia de tuberculosis, tanto pulmonar como extrapulmonar, es tres veces superior a la de grupos de edad similar expuestos a sílice pero sin silicosis. Asimismo, aquellos trabajadores expuestos a sílice sin desarrollar silicosis presentan un riesgo incrementado de adquirir tuberculosis. (Santana,2011)

La conexión entre la silicosis y la tuberculosis, infección provocada por la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*, es sumamente preocupante. Los trabajadores con silicosis presentan un riesgo significativamente elevado de contraer tuberculosis, tanto pulmonar como extra pulmonar, en comparación con la población general o con aquellos expuestos a la sílice sin desarrollar silicosis. (Orozco,2011)

El peligro de padecer tuberculosis en individuos con silicosis crónica es tres veces superior al de personas de edad comparable expuestas a la sílice, pero sin silicosis. Este hecho resalta el grave riesgo que la silicosis impone a la salud pulmonar y la propensión a la tuberculosis. La enfermedad debilita el sistema inmunológico, haciéndolo más vulnerable a

infecciones como la tuberculosis, debido a que las partículas de sílice perjudican los macrófagos alveolares, células esenciales en la defensa contra las bacterias. (Linares,2011)

La silicosis aumenta el riesgo de padecer tuberculosis pulmonar, que afecta a los pulmones, así como la extra pulmonar, que puede dañar otras partes del cuerpo como los ganglios linfáticos, los huesos o las meninges. Incluso los trabajadores que no tienen silicosis, pero que están expuestos a la sílice, presentan un riesgo mayor de desarrollar tuberculosis en comparación con la población general. (Orozco,2011)

En 1996, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasificó la sílice cristalina como carcinógeno para humanos, incluyéndola en el Grupo 1 de sustancias cancerígenas, lo cual es un efecto y causa conocida de la silicosis. (Pariona,2015)

La silicosis afecta gravemente la función respiratoria y está estrechamente vinculada con el desarrollo de cáncer de pulmón. En 1996, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasificó a la sílice cristalina en el grupo 1 de carcinógenos para humanos, tras una amplia investigación y el apoyo de pruebas científicas. La inhalación de sílice cristalina provoca su depósito en los pulmones, desencadenando una respuesta inflamatoria constante. Esta inflamación crónica perjudica el tejido pulmonar e induce a las células inmunitarias a atacar las partículas de sílice. (IARC,2010)

Los factores que incrementan el riesgo de cáncer de pulmón en trabajadores con silicosis incluyen la intensidad y duración de la exposición a la sílice. Además, el tabaquismo es un factor de riesgo significativo que aumenta la probabilidad de desarrollar cáncer de pulmón en individuos con silicosis. (IARC,2010)

Existe cada vez más evidencia de que la inhalación de polvo inorgánico en el entorno laboral es un factor de riesgo para desarrollar Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

(EPOC). Varios estudios epidemiológicos respaldan esta afirmación. La investigación científica ha demostrado que la inhalación de polvo inorgánico en el lugar de trabajo es un factor importante de riesgo para desarrollar EPOC. Numerosos estudios epidemiológicos han respaldado esta asociación, proporcionando datos alarmantes sobre los efectos perjudiciales del polvo inorgánico en la salud pulmonar. (Camasi,2015)

El término EPOC engloba afecciones pulmonares tales como el enfisema y la bronquitis crónica. Esta se define por una obstrucción persistente del flujo de aire a los pulmones, dificultando la respiración y disminuyendo la calidad de vida. (Camasi,2015)

Los trabajadores expuestos en áreas como la minería, la construcción y la producción de materiales pétreos presentan un riesgo elevado de desarrollar ambas patologías. El tabaquismo constituye un factor de riesgo significativo para estas enfermedades, y su efecto es aún más pronunciado en los trabajadores expuestos. Con la edad, se incrementa el riesgo de padecer estas afecciones. Además, la exposición a la sílice puede revelar una predisposición genética en algunas personas, haciéndolas más vulnerables. (Cevallos,2023)

La combinación de silicosis y EPOC tiene efectos perjudiciales para la salud, como La respiración se ve gravemente afectada, lo que dificulta incluso las actividades cotidianas. Un síntoma común es la falta de aire, especialmente durante el esfuerzo físico. Se puede presentar una tos prolongada, con o sin flema, y es común sentirse cansado demasiado, incluso durante las actividades diarias. (Manso,2011)

Episodios repentinos de síntomas empeorados que pueden requerir hospitalización. La capacidad para disfrutar de la vida y realizar las actividades diarias se ve significativamente afectada entre ambas aumentan el riesgo de muerte por problemas respiratorios. Si bien los

pulmones son los órganos que se ven más afectados, la enfermedad puede tener repercusiones en otros sistemas del cuerpo en casos severos y crónicos.

## **2. MARCO LEGAL Y NORMATIVO EN MATERIA DE SILICOSIS**

### **2.1. Responsabilidades de las empresas constructoras de obras hidráulicas en la prevención de la silicosis.**

La planificación preventiva debe ser uno de los objetivos principales de toda empresa. Este concepto promueve la creación de una cultura de prevención de riesgos laborales, generando un interés personal tanto en el responsable de la prevención como en los trabajadores. Esto es crucial para identificar fallas en el plan, implementar medidas correctivas y realizar seguimientos continuos de cada operación.(Alejandra Ortega Bonilla, 2019)

Esta herramienta es fundamental para administrar la seguridad y salud laboral en las organizaciones. Si se implementa correctamente, no solo se pueden cumplir con las obligaciones legales, sino que también se pueden obtener una variedad de beneficios que benefician a la empresa y a sus empleados. Fomentar una cultura de prevención en la empresa implica enseñar a todos los niveles jerárquicos la importancia de anticipar y prevenir riesgos laborales. (Molano,2013)

No solo el departamento de prevención de riesgos laborales es responsable de la planificación preventiva; es un compromiso que debe ser compartido por toda la organización, desde la alta gerencia hasta los trabajadores. Cada miembro del equipo debe estar consciente de su rol en la identificación, evaluación y mitigación de los riesgos laborales. (Pinilla,2013)

La planificación preventiva debe adaptarse a las necesidades cambiantes de la empresa porque no es un proceso estático. La implementación efectiva produce una variedad de beneficios que mejoran la salud, la seguridad, la productividad y la reputación de la organización. (Izquierdo,2017)

## 2.2. Normativa sobre seguridad y salud en el trabajo

La enfermedad laboral se define como aquella contraída debido a la exposición a factores de riesgo relacionados con la actividad laboral o el entorno en el que el trabajador está obligado a desempeñarse, de acuerdo con el artículo 4 de la ley 1562 de 2012. (Ley 1562 de 2012 - Gestor Normativo - Función Pública, 2012)

La enfermedad laboral en Colombia se define en el artículo 4 de la Ley 1562 de 2012, la cual establece que una enfermedad laboral es aquella adquirida como consecuencia de la exposición a riesgos relacionados con la actividad laboral o el ambiente de trabajo. El Gobierno Nacional actualiza periódicamente el listado de enfermedades consideradas laborales. Si una enfermedad no está en la lista oficial, pero se comprueba su relación causal con los riesgos ocupacionales, también se le reconoce como enfermedad laboral. (Ley 1562 de 2012 - Gestor Normativo - Función Pública, 2012)

Por lo tanto, la silicosis se clasifica como una enfermedad laboral debilitante, resultado de inhalar polvo de sílice que se deposita en los pulmones e impide la respiración con normalidad.

La silicosis, reconocida como enfermedad laboral, está incluida en la tabla del Decreto Nacional 1477 de 2014 bajo el código J62 como una enfermedad directamente relacionada con el trabajo. (Tabla de Enfermedades Laborales, 2014)

### Ilustración 7

*Ubicación de la silicosis dentro de la clasificación de enfermedades laborales.*

- PARTE A**  
**ENFERMEDADES LABORALES DIRECTAS**
1. Asbestosis.
  2. **Silicosis**.
  3. Neumoconiosis del minero de carbón.
  4. Mesotelioma maligno por exposición a asbesto.

Fuente: (Tabla de Enfermedades Laborales, 2014)

### Ilustración 8

*Clasificación por código dentro del tipo de labor de la silicosis.*

|                  |            |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------|------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Silicosis</b> | <b>J62</b> | Sílice en todas sus formas, | Todos los trabajadores expuestos a sílice durante la extracción y utilización, tales como: trabajadores de las minas, túneles, canteras, operaciones de pulido y tallado, artesanos, trabajadores con cerámica, pulido de vidrio, afiladores, picapedreros, fundidores, extracción de canteras de granito y minas metálicas, obras hidroeléctricas, fundidores, talladores, labradores de piedra, industria siderometalúrgica, fabricación de refractarios, abrasivos, vidrio, cemento, manufactura de papel, pinturas, plásticos y gomas, entre otros. |
|------------------|------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fuente: (Tabla de Enfermedades Laborales, 2014)

El Decreto 1477 de 2014, expedido por el Ministerio de Salud y Protección Social, es un instrumento legal de gran importancia en Colombia para la prevención y el manejo de las enfermedades laborales. En el contexto de la silicosis, una enfermedad pulmonar grave causada por la inhalación de polvo de sílice, este decreto juega un papel crucial en la protección de la salud de los trabajadores expuestos a este riesgo. (Decreto 1477, 2014)

El decreto incluye la silicosis en la Tabla de Enfermedades Laborales bajo el código J62, catalogándola como una enfermedad directamente relacionada con la actividad laboral en sectores como la minería, la construcción y la cerámica. Los trabajadores que sean diagnosticados con silicosis de origen laboral tienen derecho a recibir prestaciones asistenciales por parte del Sistema de Riesgos Laborales, incluyendo atención médica especializada, rehabilitación y, en algunos casos, pensión de invalidez. (Decreto 1477, 2014)

De acuerdo con la Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis (Silicosis, Neumoconiosis del minero de carbón y Asbestosis), la sílice es una enfermedad pulmonar laboral causada por la inhalación de dióxido de silicio, también conocido como sílice,

en forma cristalina, principalmente cuarzo, pero también en otras formas cristalinas importantes como la cristobalita y la tridimita.(Resolución 2467 de 2022 Ministerio Del Trabajo, 2022.)

Las recomendaciones específicas para el manejo de la silicosis, según la Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis (GATI-NEUMO), incluyen medidas preventivas como controlar la exposición a partículas de sílice en el lugar de trabajo, utilizando equipos de protección personal y asegurando una ventilación adecuada.

(Velandia,2013)

Se aconseja realizar exámenes médicos regulares para una detección temprana de la enfermedad. Aunque no existe una cura específica para la silicosis, es posible aliviar los síntomas y prevenir complicaciones mediante el tratamiento de infecciones respiratorias y otras condiciones asociadas. La rehabilitación ofrece apoyo para mejorar la calidad de vida y la función pulmonar, lo que incluye ayudar a los pacientes a dejar de fumar si fuera necesario.

### **3. PREVENCIÓN DE LA SILICOSIS EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN HIDRÁULICAS.**

Implementar métodos de trabajo en húmedo, como el corte con agua o la perforación en húmedo, para minimizar la generación de polvo seco, sustituir materiales que contienen sílice por alternativas más seguras, siempre que sea posible y utilizar herramientas eléctricas con aspiración incorporada para controlar el polvo generado sobre todo en obras hidráulicas subterráneas. (Orozco,2009)

Se requiere fomentar sistemas de ventilación local exhaustiva con el fin de eliminar el polvo de sílice del aire en proximidades de la fuente de generación, mantener los espacios de trabajo limpios y libres de polvo de sílice, humidificar el aire con el fin de disminuir la cantidad de polvo en suspensión como en obras de construcción de presas y alcantarillados que son donde más se usan martillos neumáticos, pulidoras, explosiones con dinamita y taladros. (Orozco,2009)

Se debe proveer a los empleados de respiradores apropiados, tales como respiradores N95 o superiores, con el fin de evitar la inhalación de polvo. Los trabajadores deben tener otros equipos de protección personal, como lentes de seguridad y protección para las manos, para protegerse de la exposición a sílice. (Ortúzar,2015)

El monitoreo ambiental en estas obras también es demasiado importante porque consiste en llevar a cabo mediciones periódicas de los niveles de polvo en el aire del lugar de trabajo con el fin de evaluar la eficacia de las medidas de control y los resultados para ajustarlas de acuerdo a las necesidades. (Tamayo,2018)

Es fundamental informar a los trabajadores acerca de los riesgos de la silicosis, las estrategias de prevención y el correcto uso del equipo de protección individual. Además, es

importante ofrecer formación continua en procedimientos de seguridad y prácticas laborales que reduzcan la exposición al mínimo. (Castañeda,2021)

Seguir las normas de seguridad y utilizar correctamente el equipo de protección personal provisto realizando las disposiciones de seguridad y salud ocupacional relacionadas con la exposición. Los beneficios de la prevención son la reducción del riesgo de silicosis y otras patologías respiratorias. Además, permite a los trabajadores respirar con facilidad y disfrutar de una vida saludable y productiva. Se debe demostrar un compromiso con la seguridad y la salud de los trabajadores. (Tamayo,2018)

### **3.1. Medidas de control técnico: ventilación, sistemas de captación e higiene.**

Una medida de control adoptada por investigadores en estudios sobre silicosis es la implementación de prácticas de higiene industrial. Esto implica la instalación de sistemas de ventilación, el empleo de espacios confinados y la humidificación para minimizar la exposición al polvo respirable en los trabajadores. El objetivo de estas medidas es reducir la incidencia de silicosis ocupacional causada por la exposición a la sílice cristalina, particularmente cuando no es factible eliminar por completo esta sustancia por distintos motivos.(Avella, 2021)

La implementación de sistemas de ventilación local exhausta (LVE) constituye una medida crucial para eliminar el polvo de sílice del aire en proximidades de la fuente de generación. Estos sistemas capturan el polvo y lo extraen del sitio de trabajo, reduciendo significativamente la concentración de sílice respirable en el aire. (García,2021)

La humidificación del aire aumenta el contenido de humedad, lo que hace que las partículas de polvo de sílice sean más pesadas y caigan al suelo con mayor facilidad, lo que reduce su concentración en el aire respirable. (Izquierdo,2017)

Realizar una evaluación exhaustiva de los riesgos es crucial para identificar las fuentes de polvo de sílice y determinar las medidas de control más adecuadas para cada situación particular. Es esencial el monitoreo constante de los niveles de polvo de sílice en el lugar de trabajo para valorar la efectividad de las medidas implementadas y realizar los ajustes necesarios. (Flórez,2021)

Además, es vital capacitar a los trabajadores para reconocer los riesgos de la silicosis, conocer las medidas preventivas y utilizar correctamente el equipo de protección personal.

### **3.2. Medidas de control organizativo: capacitación, programas de vigilancia.**

La estrategia principal para prevenir la silicosis en los trabajadores de la construcción es el control en el origen. Esto implica elegir materiales y suministros alternativos que no contengan sílice cristalina para actividades como el pulido y la limpieza de fachadas, la manipulación de cemento, la trituración de piedras o el mantenimiento de carreteras de concreto. Dichas actividades emplean materiales extraídos de la corteza terrestre.(Avella, 2021)

El control en la fuente es considerado la estrategia preventiva más efectiva contra la silicosis en los trabajadores de construcción. Esta metodología implica eliminar o reemplazar los materiales con sílice cristalina en los procesos laborales, previniendo de esta manera la creación de polvo de sílice y la exposición subsiguiente de los empleados. (Ruedas,2018)

La sustitución de materiales que contienen sílice cristalina por alternativas más seguras, junto con la implementación de técnicas de trabajo de bajo polvo, representa la medida más efectiva para proteger la salud de los trabajadores y garantizar un ambiente de trabajo saludable. (Flórez,2021)

A pesar de los desafíos potenciales, los beneficios a largo plazo en términos de salud, seguridad, productividad y cumplimiento legal convierten al control en la fuente en una inversión fundamental para las empresas constructoras y para la industria en general. (Gil,2013)

Es igualmente importante educar a trabajadores y empleadores acerca de los riesgos de la exposición al polvo de sílice y las estrategias para controlarla. En caso de que un trabajador sea diagnosticado con silicosis, se aconseja su retiro de cualquier exposición adicional. (Gil,2013)

### **3.3. Uso de equipo de protección personal (EPP) adecuado.**

El empleador tiene la obligación de suministrar a sus empleados, sin ningún costo, los equipos de protección personal necesarios para el riesgo que se va a mitigar y la capacitación requerida para su uso adecuado. Además, debe asegurarse de que estos equipos se mantengan en óptimas condiciones de funcionamiento. Por otro lado, el trabajador está obligado a utilizar dichos equipos de manera constante mientras esté expuesto al riesgo. (Safesite, 2020)

En el ámbito laboral, la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores son un derecho fundamental y una obligación compartida entre los empleadores y empleados. En este contexto, los equipos de protección personal (EPP) desempeñan un papel esencial como barrera protectora frente a diversos riesgos laborales. (Safesite, 2020)

El trabajador tiene la obligación de utilizar los EPP de manera adecuada y constante mientras esté expuesto a los riesgos laborales para los cuales fueron diseñados. Esto implica la aplicación de las directrices recibidas durante la capacitación y notificar al empleador cualquier error o inconveniente en el funcionamiento de los equipos. (Flórez,2021)

## Ilustración 9

*Tipos de mascarillas usadas en trabajos con presencia de sílice.*

| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 50                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Disposable Respirators and Half Face Reusable Respirators</p>  <p>8210</p>  <p>6000</p>  <p>8210V</p>  <p>6500</p>  <p>8511</p>  <p>6500QL</p>  <p>9211+</p>  <p>7500</p> | <p>PAPRs and M-307 Respiratory Hardhat</p>  <p>TR-600</p>  <p>M-307</p>  <p>GVP PAPR</p>  <p>TR-300</p> | <p>Full Face Reusable Respirators (With quantitative fit test)</p>  <p>6000 FF</p>  <p>FF-400</p>  <p>7800S</p> | <p>PAPRs and M-407 Helmet</p>  <p>TR-600</p>  <p>M-407</p>  <p>GVP PAPR</p>  <p>TR-300</p> |
| 0.5 mg/m <sup>3</sup> ▶                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1.25 mg/m <sup>3</sup> ▶                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2.5 mg/m <sup>3</sup> ▶                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 50 mg/m <sup>3</sup> ▶                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

Fuente: (Safesite, 2020)

El uso correcto y regular de los Equipos de Protección Personal (EPP) disminuye de manera significativa el riesgo de sufrir accidentes laborales y enfermedades ocupacionales, salvaguardando la salud y bienestar de los empleados. (Safesite, 2020)

## CONCLUSIONES

A pesar del riesgo que representa la inhalación de polvo de sílice en algunas actividades como por ejemplo la de la construcción de alcantarillados, presas y acueductos, estas deben ser realizadas ya que conlleva a que una obra o proyecto de ingeniería civil pueda ser concluida y con esto cubrir una necesidad de una comunidad generando avance y desarrollo en la zona.

Durante el análisis de la información de los documentos consultados se evidencio que la silicosis ha sido catalogada como enfermedad laboral y tiene ya establecidas medidas de prevención, el problema radica en que el ministerio de salud y las personas encargadas de la salud y seguridad en el trabajo muchas veces no ayudan a que se cumpla con la utilización de elementos de protección personal, se realicen las visitas para revisar el nivel de polvo en una zona de trabajo y el seguimiento de posibles casos de silicosis.

De acuerdo a las patologías de la enfermedad muchas veces es difícil establecer si es silicosis u otra enfermedad relacionada con las actividades laborales para esto se debe recurrir a información anterior sobre exposición a riesgos de trabajo los cuales no son muy fiables ya que no se consigna de manera actualizada muchas veces por que las obras hidráulicas se construyen lejos de zonas urbanas y de acceso restringido además del poco control en sus riesgos laborales, debido a esto se deben hacer varios estudios clínicos que son de alto costo y con la problemática de la salud o la falta de afiliación del empleador no se logra establecer las verdaderas causas de la enfermedad haciendo que el empleado disminuya su calidad de vida.

En muchas de las obras hidráulicas es importante reconocer los peligros a los que están expuestos la mano de obra y el personal en general, debido a la importancia de estos proyectos en las soluciones hídricas que presentan a una comunidad, es muy importante contar con información actualizada y planes de manejo que sean acordes a las normas nacionales e internacionales, ya que muchas veces por su nivel de complejidad el estado y las empresas constructoras no le dan la atención adecuada que se requiere para evitar trabajadores afectados y que las actividades de la obra se vean retrasados.

La exposición en al polvo en este tipo de obras es inevitable ya que para cumplir requisitos de diseño es necesario hacer excavaciones, movimientos de tierra y otras actividades que liberan este elemento al ambiente de trabajo lo que expone directamente a los trabajadores, se debe realizar los respectivos estudios para saber la exposición y tomar las medidas preventivas necesarias.

## RECOMENDACIONES

Analizar las estadísticas y bases de datos más actualizadas es crucial para entender la silicosis en este tipo de proyectos al crear estrategias de prevención y control más eficaces. Las fuentes de datos, tanto públicas como privadas, ofrecen información importante sobre la prevalencia de la enfermedad, los factores de riesgo y las tendencias temporales. Es esencial considerar la calidad, comparabilidad e interpretación de estos datos durante su análisis.

Es crucial enfatizar que la investigación de la silicosis en este sector de la ingeniería civil se debe llevar a cabo de forma colaborativa entre distintos participantes, incluyendo investigadores, trabajadores, empleadores, representantes del gobierno y entidades de la sociedad civil. Tal colaboración asegurará que las investigaciones atiendan las necesidades del sector y que sus hallazgos se implementen en medidas efectivas para prevenir la enfermedad.

En proyectos hidráulicos es importante tener una metodología de prevención actualizada realizando una evaluación de riesgos exhaustiva donde se identifiquen todos los peligros presentes en las diferentes etapas de construcción, con controles de ingeniería, suministro de equipos de protección, señalización y capacitación de los empleados. Estos procesos son necesarios para cumplir con los objetivos propuestos y la terminación de un acueducto, alcantarillado, represa o cualquier otra obra que su principal fin sea el de transportar, almacenar, evacuar o aprovechar el recurso hídrico.

La monografía ofrece una guía esencial para los encargados de los sistemas de seguridad y salud en el trabajo en la industria de la construcción, ilustrando la relevancia de implementar controles tanto en la fuente como en el entorno para prevenir eficazmente la silicosis. Aunque la distribución de equipos de protección personal es necesaria en ciertas situaciones, no se debe ver como la única estrategia preventiva. Es crucial establecer un programa completo de prevención

de la silicosis que incluya la evaluación de riesgos, la aplicación de controles pertinentes, el monitoreo del ambiente, formación continua y exámenes médicos regulares, con el fin de salvaguardar la salud de los trabajadores y erradicar esta enfermedad del ámbito constructivo.

## REFERENCIAS

1. Alberto, L. R. C., & Ismael, T. A. (2017). *Evaluación de los desechos serpentiniticos y desechos de arena sílice para el empleo como árido fino asfáltico en Moa*.  
<https://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/2555>
2. Algranti, E., Handar, Z., Ribeiro, F. S. N., Bon, A. M. T., Santos, A. M., & Bedrikow, B. (2004). *Exposición a sílice y silicosis en el Programa Nacional de Eliminación de Silicosis en Brasil (PNES)*. Cienc. Trab;6(11): 1-13, Ene.-mar. 2004. Ilus, Tab | LILACS.  
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-386851>
3. Alonso, A. P., Doña, J. a. C., Lorenzo, J. L. M., & J, R. M. (2014). *Brote de silicosis en trabajadores españoles*. Dialnet.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5347597>
4. Álvarez, R. F., González, C. M., Martínez, A. Q., Pérez, J. J. B., Fernández, L. C., & Fernández, A. P. (2015). Normativa para el diagnóstico y seguimiento de la silicosis. *Archivos De Bronconeumología*, 51(2), 86–93.  
<https://doi.org/10.1016/j.arbres.2014.07.010>
5. Caicedo Galvis, M., & Hernández Ruedas, J. (2018). Silicosis una enfermedad laboral silenciosa (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO).
6. Camasi Pariona, O. (2015). Riesgo de exposición al sílice y prevención de la silicosis en la industria.
7. Castañeda Jejen, J. T., & Flórez Martínez, J. P. (2021). Diseño del programa de vigilancia epidemiológica para prevenir la silicosis en los trabajadores de sandblasting en la empresa TECNIBLAST SAS.

8. CDC - Publicaciones de NIOSH - Prevención de la silicosis y muertes en taladradores de roca (92-107). (n.d.). CDC.gov. [http://medbox.iiab.me/modules/en-cdc/www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/92-107\\_sp/](http://medbox.iiab.me/modules/en-cdc/www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/92-107_sp/)
9. D'Angelo, C. M. a. L. (n.d.). *marchiquita-online - Medioambiente*. <https://marchiquita-online.es.tl/Medioambiente.htm>
10. Decreto 1477 de 2014 - Gestor Normativo. (n.d.). Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=58849>
11. Delgado-García, D., Miranba-Astorga, P., Delgabo-Ostaiza, K. G., Delgabo-Cano, A., Olmebo-Vera, J., Alcívar-Loor, J., ... & Cevallos-Mero, T. (2023). SALUD OCUPACIONAL: MIRADA NORMATIVA PARA EL DIAGNÓSTICO DE SILICOSIS. *Revista republicana*, (35), 249-271.
12. Del Pilar, R. R. R. (2021, April 24). *Efectos de la Silicosis en Trabajadores de la Construcción*. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/12536>
13. Del Pobil Y Ferré, M. P., Sevilla, R. G., Rodenas, M. G., Medel, E. B., Reos, E. F., & Carbonell, J. G. (2019). Silicosis: una antigua enfermedad profesional con nuevos escenarios de exposición laboral. *Revista Clínica Española*, 219(1), 26–29. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2018.06.006>
14. Esteban, A., Aida, O., & Labbate, A. (2004). Las silicosis aceleradas. *Cienc. Trab*, 19-27.
15. Gea Izquierdo, E. (2017). Seguridad y salud en el trabajo.
16. Gil Paniagua, P. J. (2013). La silicosis en el ámbito laboral: medidas de prevención y su consideración como enfermedad profesional.

17. Gómez García, A. R. (2021). Seguridad y salud en el trabajo en Ecuador. Archivos de prevención de riesgos laborales, 24(3), 232-239.
18. Guerreros, A. G., Carvallo, N. A., & Pérez, I. T. (2018). *Enfermedad pulmonar intersticial: silicosis, reporte de un caso*.  
<https://intercienciamedica.com/intercienciamedica/article/view/51>
19. Granell, I. F., Delgado, A. F., González, J. L., & De Jesús, S. B. C. (2024). Enfermedad pulmonar intersticial difusa por silicosis. *Medicina Clínica Práctica*, 7(1), 100406.  
<https://doi.org/10.1016/j.mcpsp.2023.100406>
20. Huang, X., Liang, R., Liu, Y., Yu, L., Yang, M., Shang, B., Zhang, H., Ma, J., Chen, W., & Wang, D. (2024). Incidence, mortality, and disability-adjusted life years due to silicosis worldwide, 1990–2019: evidence from the global burden of disease study 2019. *Environmental Science and Pollution Research International*.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-024-33701-3>
21. Huo, X., Zeng, Z., Lin, Y., Lin, J., & Xu, D. (2023). Clinical characteristics of systemic sclerosis patients with occupational silicosis. *Clinical Rheumatology*.  
<https://doi.org/10.1007/s10067-023-06706-5>
22. Inap. (1958). Resumen legislativo del mes de marzo de 1958. *revistasonline.inap.es*.  
<https://doi.org/10.24965/da.vi4.917>
23. Lam, M., Mansell, A., & Tate, M. D. (2023). Preclinical mouse model of silicosis. In *Methods in molecular biology* (pp. 111–120). [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3331-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3331-1_9)

24. Liu, X., Jiang, Q., Wu, P., Han, L., & Zhou, P. (2023). Global incidence, prevalence and disease burden of silicosis: 30 years' overview and forecasted trends. *BMC Public Health*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16295-2>
25. López, S. S., Fernández, T. M. E. L., & Manso, J. E. O. (2024). Silicosis. Actualidad y metodología diagnóstica. *Revista cubana de salud y trabajo*, 12(1), 53-58.
26. Manager, I. C. (2011, October 11). *Silicosis*. <https://iloencyclopaedia.org/es/part-i-47946/respiratory-system/item/418-silicosis>
27. Manuel, C. G. Y. (2013). *Estudio retrospectivo de los accidentes del trabajo en la Empresa Constructora de Obras Hidráulicas Trásvase Este – Oeste*. <https://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/2729>
28. Marchiori, E., Barreto, M. M., & Zanetti, G. (2015). Pulido con arena en la industria naval: otra actividad potencialmente letal relacionada con la silicosis. *Archivos De Bronconeumología*, 51(2), 101–102. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2014.08.009>
29. Martínez, C., Prieto, A., García, L., Quero, A., González, S., & Casan, P. (2010). Silicosis, una enfermedad con presente activo. *Archivos De Bronconeumología*, 46(2), 97–100. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2009.07.008>
30. Maryory, C. G., & Jennifer, H. R. (2018, December 7). *Silicosis una enfermedad laboral silenciosa*. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/14746>
31. Menéndez-Navarro, A. (2021, August 25). *La remergencia de la silicosis como enfermedad profesional en España, 1990-2019*. Universidad De Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/86674>

32. Molano Velandia, J. H., & Arévalo Pinilla, N. (2013). De la salud ocupacional a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo: más que semántica, una transformación del sistema general de riesgos laborales. *Innovar*, 23(48), 21-32.
33. Muñoz, A. O, M. L., & G, F. C. (2015). La silicosis: ¿un problema de salud pública prioritario para Chile? *Revista Chilena De Enfermedades Respiratorias*, 31(1), 39–47.  
<https://doi.org/10.4067/s0717-73482015000100006>
34. Orozco, C. C. (2009). Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. *Eídos*, (2), 13-17.
35. Ortúzar, D. (2015). La política de las enfermedades profesionales. Anquilostomiasis y silicosis en Chile 1920-1940. *Estudios Sociales*, (49), 183-212.
36. Paoletta, D. (2022, July 7). *How to monitor and reduce silica dust exposure*. Safesite.  
<https://safesitehq.com/es/osha-silica/>
37. Pérez-Alonso, A., Córdoba-Doña, J. A., & León-Jiménez, A. (2019). Silicosis por aglomerados artificiales de cuarzo: claves para controlar una enfermedad emergente. *Archivos De Bronconeumología*, 55(7), 394–395.  
<https://doi.org/10.1016/j.arbres.2019.01.015>
38. Raquel, D. R. M. (2019, July 8). “*Evaluación del nivel de conocimiento de los trabajadores de construcción civil expuestos a la contaminación por sílice cristalina en el distrito de Iquitos - 2019.*” <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/823>
39. Redlich, C. A., James, E. S., & Linde, B. (2023, October 5). *Silicosis*. Manual MSD Versión Para Profesionales. <https://www.msdmanuals.com/es-pe/professional/trastornos-pulmonares/enfermedades-pulmonares-ambientales-y-ocupacionales/silicosis>

40. Rupani, M. P. (2023). Challenges and opportunities for silicosis prevention and control: need for a national health program on silicosis in India. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12995-023-00379-1>
41. SafetYA. (2021, May 18). *Tabla de enfermedades laborales [actualizado 2020] - SafetYA®*. SafetYA®. <https://safetya.co/tabla-de-enfermedades-laborales/#Silicosis>
42. Santana López, S., Linares Fernández, T. M., & Orozco Manso, J. E. (2011). Silicosis. Actualidad y metodología diagnóstica. *Rev cuba salud trabajo*.
43. Sharma, G. K., Harjule, P., Agarwal, B., & Kumar, R. (2024). Silicosis detection using Extended Transfer Learning model. In *Communications in computer and information science* (pp. 111–126). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-53085-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-53085-2_10)
44. Subirán, C. G. (2013). Cuando algo falla en prevención: silicosis, una enfermedad en activo. *Gestión práctica de riesgos laborales: Integración y desarrollo de la gestión de la prevención*, (110), 48-52.
45. Tamayo, K. D. C. (2018). Diseño de un modelo de gestión de seguridad y salud en el trabajo. *Contexto*, 7, 38-46.
46. Vázquez, M. G., López, C. T., Plaza, D. C., Del Prado, J. C. M., & Montero, F. T. (2013). Silicosis pulmonar: hallazgos radiológicos en la tomografía computarizada. *Radiología*, 55(6), 523–532. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2011.12.010>
47. Wilmer, C. P. (2017). *FACTORES RELACIONADOS DE LA SILICOSIS PULMONAR EN TRABAJADORES DE CENTROS INDUSTRIALES*. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/895>
48. [www.preving.com/humans.txt](http://www.preving.com/humans.txt). (2018, September 3). *La silicosis y su prevención*. Prevención De Riesgos Laborales. <https://www.preving.com/la-silicosis-prevencion/>

49. Xie, L., Zhang, X., Gao, X., Wang, L., Cheng, Y., Zhang, S., Yue, J., Tang, Y., Deng, Y., Zhang, B., He, X., Tang, M., Yang, H., Zheng, T., You, J., Song, X., Xiong, J., Zuo, H., & Pei, X. (2023). Microbiota and mycobiota in bronchoalveolar lavage fluid of silicosis patients. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 18(1).  
<https://doi.org/10.1186/s12995-023-00377-3>