

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



**EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN
A POLVO DE SÍLICE DE LOS TRABAJADORES
EN UN TALLER DE MÁRMOL.**

Alumno: Christian Sánchez García

Tutor: Dr. Borja Garrido Arias

Curso académico 2024 / 2025

Resumen.

En este Trabajo Fin de Máster se evalúa el riesgo de exposición por inhalación a polvo de sílice cristalina respirable de los trabajadores de un taller de mármol comparando la concentración en el aire medida durante cuatro horas con el valor límite ambiental para exposiciones diarias de ocho horas (VLA-ED) que, según se establece en el documento del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2025, es de 3 mg/m³ para el polvo (fracción respirable) y de 0,05 mg/m³ para el polvo respirable de sílice cristalina.

En total, siguiendo los criterios establecidos en la Norma UNE-EN 689:2019, se realizaron inicialmente tres mediciones en tres días diferentes. Sin embargo, se comprobó que en todas ellas se superaba el valor 0,1 VLA para el cuarzo y la cristobalita, sin superar en ningún caso el VLA, por lo que se obtuvo un resultado de “no decisión”, requiriéndose, por tanto, la realización de otras tres mediciones (seis en total) con el fin de aplicar la prueba basándose en el cálculo del intervalo de confianza de la probabilidad de sobrepasar el VLA, es decir, llevando a cabo una prueba estadística.

El resultado del test estadístico arrojó que la exposición a polvo de sílice por parte de los trabajadores del taller de mármol fue aceptable, tanto para el cuarzo, como para la cristobalita como para el total de partículas. A pesar de ello, al tratarse de un agente capaz de provocar cáncer de pulmón y silicosis, la empresa deberá llevar a cabo una serie de medidas preventivas para mantener el nivel de riesgo o disminuirlo más si cabe.

PALABRAS CLAVE

Evaluación de Riesgos, Exposición a Agentes Químicos, Polvo de Sílice, Taller de Mármol, Norma UNE-EN 689:2019.

Índice.

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. La sílice	11
1.2. La silicosis	14
1.3. Marco normativo.....	16
1.3.1. Normativa europea.....	16
1.3.2. Normativa española	18
1.4. Organismos e instituciones relacionados con la silicosis	22
1.4.1. Organismos internacionales.....	22
Organización Internacional del Trabajo (OIT) y Organización Mundial de la Salud (OMS)	22
Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA).....	23
1.4.2. Organismos nacionales.....	23
Instituto Nacional de Silicosis (INS).....	23
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).....	24
2. JUSTIFICACIÓN.....	26
3. OBJETIVOS.....	28
4. DESCRIPCIÓN DE EMPRESA Y PUESTO DE TRABAJO.....	29
4.1. Procedimiento de trabajo	30
4.2. Equipos de trabajo utilizados	32
4.2.1. Cortadora de puente GomeRoc.....	32
4.2.2. Pulidora de inyección de agua Wurth	33
4.2.3. Amoladora de inyección de agua Wurth	33
4.2.4. Chorreadora de arena Cabanes	34
4.3. Fuentes de generación de polvo de sílice en el taller	35
4.4. Protecciones colectivas en la empresa.....	35
4.5. Protecciones individuales en la empresa.....	35
4.6. Evaluación general de riesgos y medidas preventivas.....	36

4.6.1. Evaluación de riesgos de los equipos de trabajo	37
4.6.2. Evaluación de riesgos generales del puesto de trabajo	43
5. MATERIAL Y MÉTODOS	49
5.1. Estrategia de muestreo	49
5.2. Realización de la medición de la exposición	51
5.3. Envío de muestras al laboratorio	55
5.4. Aparatos y materiales.....	56
5.4.1. Bomba de muestreo	56
5.4.2. Medidor de caudal / caudalímetro.....	56
5.4.3. Elemento de retención (filtro).....	57
5.4.4. Ciclón.....	57
5.4.5. Calculador del INSST.....	58
5.5. Metodología.....	58
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
6.1. Según Norma UNE-EN 689:2019	62
6.2. Según el cálculo de la Dosis Máxima Permisible (DMP).....	73
7. PLANIFICACIÓN PREVENTIVA	76
8. CONCLUSIONES	88
9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	88
10. BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS	94
Anexo 1. Certificado de verificación de la bomba Casella Apex IS.....	94
Anexo 2. Certificado de calibración del medidor de caudal Bios Drycal DC-Lite.....	95
Anexo 3. Resultado de la medición nº1 (17-02-2025).....	96
Anexo 4. Resultado de la medición nº2 (24-02-2025).....	97
Anexo 5. Resultado de la medición nº3 (03-03-2025).....	98
Anexo 6. Resultado de la medición nº4 (13-03-2025).....	99
Anexo 7. Resultado de la medición nº5 (17-03-2025).....	100
Anexo 8. Resultado de la medición nº6 (03-03-2025).....	101

Índice de figuras.

Figura 1. Formas cristalinas más representativas de la sílice	12
Figura 2. Diagrama de fases que interrelaciona la presión y la temperatura con la forma cristalina de sílice	12
Figura 3. Número de casos de silicosis en los últimos años en España	15
Figura 4. Esquema de relaciones entre organismos internacionales y nacionales.	25
Figura 5. Nuevos casos de silicosis registrados en 2023 en España por el INS, por provincias, según la forma de la enfermedad.	26
Figura 6a. Número de casos de silicosis registrado por el INS en 2023 en España por franja de edad del paciente.	27
Figura 6b. Número de casos de silicosis registrado por el INS en 2023 en España por tramo de edad del paciente y años de exposición.	27
Figura 7. Almacenamiento de materiales en el patio exterior	30
Figura 8. Mesa para el acabado a mano de piezas	31
Figura 9. Presencia de polvo en el patio exterior y en las mesas de trabajo.	31
Figura 10. Cortadora de puente.	32
Figura 11. Disco de corte	32
Figura 12. Pulidora de inyección de agua	33
Figura 13. Amoladora de inyección de agua.	33
Figura 14. Chorreadora de arena / arenadora	34
Figura 15. Mascarilla autofiltrante	36
Figura 16. Calibración del caudal de medición.	52
Figura 17. Lectura del caudal en el caudalímetro	53
Figura 18. Trabajador con bomba de muestreo.	54
Figura 19. Filtro de membrana de P.V.C.	54
Figura 20. Bomba Casella Apex.	56
Figura 21. Caudalímetro Casella.	56
Figura 22. Filtro de membrana de P.V.C. Retirada del tapón.	57
Figura 23. Ciclón de plástico.	57

Figura 24. Calculador del INSST..	58
Figura 25. Prueba de conformidad con el VLA (UNE-EN 689:2019)..	60
Figura 26. Resultados del test estadístico para la evaluación de exposición a cuarzo ..	69
Figura 27. Resultados del test estadístico para la evaluación de exposición a cristobalita ..	70
Figura 28. Resultados del test estadístico para la evaluación de exposición a cuarzo y cristobalita considerando efectos aditivos ..	71
Figura 29. Resultados del test estadístico para la evaluación de exposición al total de partículas ..	72



Índice de tablas.

Tabla 1. Legislación de referencia	10
Tabla 2. Propiedades físico-químicas de las formas de sílice cancerígena: α -cuarzo, cristobalita y partículas	13
Tabla 3. Puestos de trabajo y funciones en el taller de mármol	29
Tabla 4. Evaluación de riesgos de la amoladora de inyección de agua	37
Tabla 5. Evaluación de riesgos de la pulidora de inyección de agua	38
Tabla 6. Evaluación de riesgos de la cortadora de puente	40
Tabla 7. Evaluación de riesgos de la chorreadora de arena / arenadora	42
Tabla 8. Evaluación general de riesgos. Presencia de suelos mojados, cableado en zonas de paso, de materiales y herramientas en el suelo, de restos del proceso productivo, etc.	43
Tabla 9. Evaluación general de riesgos. Adopción de posturas forzadas y manipulación manual de cargas	44
Tabla 10. Evaluación general de riesgos. Almacenamiento de materiales	45
Tabla 11. Evaluación general de riesgos. Trabajos en el patio exterior	45
Tabla 12. Evaluación general de riesgos. Presencia de materiales inflamables (cartones, maderas, etc.), fallos en la instalación eléctrica, etc	46
Tabla 13. Evaluación general de riesgos. Ritmo de trabajo elevado, falta de descanso, atención a clientes, trabajos exigentes físicamente, monotonía, falta de comunicación y participación en la empresa, etc.	47
Tabla 14. Media geométrica o media aritmética de las mediciones y periodicidad de la realización de nuevas mediciones	61
Tabla 15. Resultados de la primera medición	62
Tabla 16. Resultados de la segunda medición	63
Tabla 17. Resultados de la tercera medición	64
Tabla 18. Resultados de la cuarta medición	66
Tabla 19. Resultados de la quinta medición	67

Tabla 20. Resultados de la sexta medición	68
Tabla 21. Cálculo del riesgo higiénico en función del valor K (DMP) considerando contaminantes con efectos independientes	73
Tabla 22. Cálculo del riesgo higiénico en función del valor K (DMP) considerando contaminantes con efectos aditivos	74
Tabla 23. Evaluación de riesgos y planificación preventiva respecto a la exposición a polvo de sílice cristalina respirable (SCR)	77



1. Introducción.

En este Trabajo Fin de Máster (TFM) se va a evaluar el riesgo de exposición por inhalación de polvo sílice en los trabajadores de un taller de mármol con el fin de determinar si existe riesgo higiénico para los mismos y, en caso afirmativo, actuar sobre dicho riesgo para eliminarlo o reducirlo y lograr un mayor nivel de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores en su puesto de trabajo.

Para llevar a cabo esta evaluación, se ha tenido en cuenta la legislación incluida en la siguiente tabla y que será desarrollada en el apartado 1.3 de este TFM:

Tabla 1. Legislación de referencia.

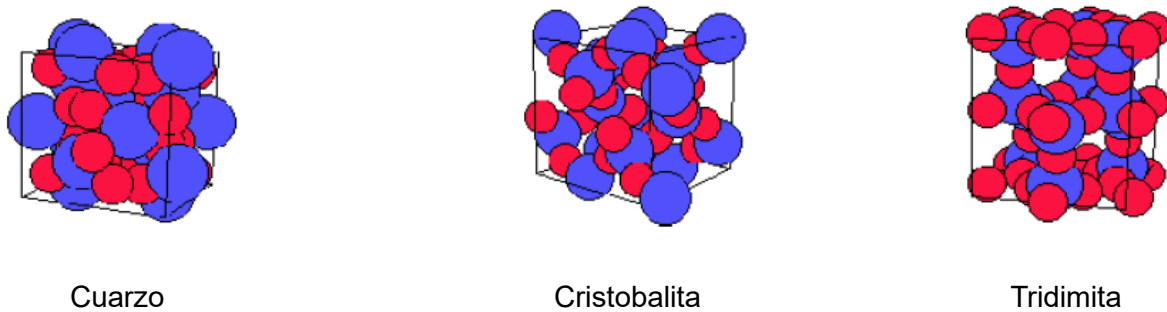
Normativa	Aspectos de interés para este TFM
Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.	Como Derecho necesario mínimo indisponible, pudiendo ser mejorada y desarrollada en los convenios colectivos. Establece los principios generales relativos a la prevención de los riesgos profesionales para la protección de la seguridad y de la salud y la eliminación o disminución de los riesgos derivados del trabajo, entre otros.
Real Decreto 1154/2020, de 22 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.	Se establecen los aspectos a tener en cuenta legalmente para la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, entre los que se incluye la sílice, y establece su Valor Límite de Exposición Profesional en 0,05 mg/m ³ .
Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los	La evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire y su posterior comparación con el Valor Límite Ambiental (VLA).

agentes químicos durante el trabajo.	
Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.	Se establece la necesidad de realizar mediciones como parte de la evaluación de riesgos, así como los métodos o criterios. para llevarlas a cabo en normas UNE, guías o normas internacionales.
Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social.	En él encontramos la silicosis como enfermedad profesional y las principales actividades capaces de producirla.
Norma UNE-EN 689:2019.	Utilizada como normativa de referencia para evaluar la exposición por inhalación de polvo de sílice (fracción respirable), permite establecer el número de mediciones necesarias, comparar los valores obtenidos con su Valor Límite Ambiental (VLA) y los criterios de conformidad de los resultados con la Norma, así como la periodicidad de las reevaluaciones en función de los resultados obtenidos.

1.1. La sílice.

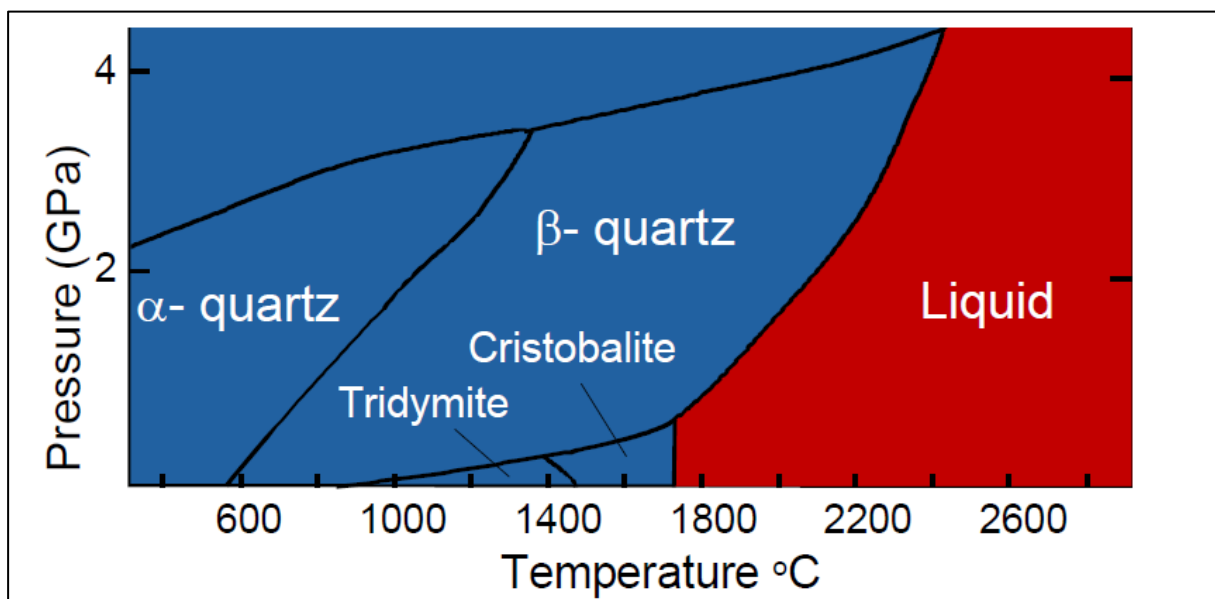
La sílice cristalina es un componente natural, formado por dos átomos de oxígeno y uno de silicio (SiO_2), que se encuentra en forma abundante en rocas, suelo y arena (gravas, mármoles, granitos, pizarras, esquistos, rocas metamórficas como las cuarcitas o rocas sedimentarias como las areniscas de cuarzo). La sílice cristalina puede presentarse en varias formas, como se muestra en la figura 1 (**Rabanal, 2011**).

Figura 1. Formas cristalinas más representativas de la sílice (Rabanal, 2011).



El cuarzo es la forma más abundante de sílice cristalina en la naturaleza y, más concretamente, su forma denominada α -cuarzo. A partir de 573°C se transforma en su forma β -cuarzo. Cuando se calienta por encima de 870°C se forma tridimita, y si se alcanzan temperaturas por encima de 1470°C se presenta en forma de cristobalita, tal y como se muestra en la figura 2 (Rabanal, 2011). Estas dos últimas se encuentran en rocas volcánicas en la corteza terrestre y se dan en menor medida en la naturaleza debido a que requieren mayores temperaturas de formación. Si bien no es cancerígena cuando se encuentra formando parte de las rocas o los áridos, el procesado mediante operaciones de mecanizado (corte, trituración, perforación, etc.), da lugar a partículas de polvo con diámetro menor o igual de $10\text{ }\mu\text{m}$, es decir, a sílice cristalina respirable (SCR), que puede alcanzar los alvéolos pulmonares suponiendo un riesgo para la salud de los trabajadores.

Figura 2. Diagrama de fases que interrelaciona la presión y temperatura con la forma cristalina de sílice (Rabanal, 2011).



La sílice cristalina, en forma de polvo de cuarzo o cristobalita, está considerada por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) como carcinógena para los seres humanos (Grupo 1). Sin embargo, no existe evidencia suficiente de carcinogenicidad en cuanto a la sílice en forma de tridimita. (**Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2023**). Algunas de sus propiedades físicas (**Deer et al., 1992**) y químicas (**CRC Handbook of Chemistry and Physics, 2023**) se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Propiedades físico-químicas de las formas de sílice cancerígena: α -cuarzo, cristobalita y partículas. Deer et al., 1992. CRC Handbook of Chemistry and Physics, 2023.

Propiedades físico-químicas	α -Cuarzo	Cristobalita	Partículas (sílice amorfa)
Densidad	2,65 g/cm ³	2,32 g/cm ³	2-2,2 g/cm ³
Punto de fusión	1670°C	1713°C	-
Dureza (Mohs)	7	6-7	-
Estructura cristalina	Trigonal (hexagonal a baja temperatura)	Tetragonal (alta temperatura), puede ser cúbica	Amorfa
Solubilidad en agua	Insoluble	Insoluble	Ligeramente soluble

La exposición laboral a sílice cristalina respirable se puede producir en cualquier situación de trabajo en la que se genere polvo de sílice cristalina y éste pase al ambiente. Por tanto, en aquellas operaciones en las que se trituran, cortan, perforan, tallan o muelen materiales, productos o materias primas que contienen sílice cristalina, se pueden liberar al ambiente de trabajo partículas de sílice cristalina respirable. Ésta se define como la fracción de la masa de polvo inhalada que penetra hasta las vías respiratorias no ciliadas y se deposita en ellas (**Cobo M., 2021**).

Entre las actividades en las que se puede presentar el polvo de sílice libre, y que vienen recogidas en el **R.D.1299/2006**, encontramos trabajos en minas, túneles, canteras, galerías y obras públicas; tallado y pulido de rocas silíceas, trabajos de canterías; trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas; fabricación de carborundo, vidrio, porcelana, loza y otros productos cerámicos, fabricación y conservación de los ladrillos refractarios a base de sílice; fabricación y manutención de abrasivos y de polvos detergentes; trabajos de desmoldeo, desbarbado y desarenado de las fundiciones; trabajos con muelas (pulido, afinado) que contengan sílice libre; trabajos en chorro de arena y esmeril; industria

cerámica; industria siderometalúrgica; fabricación de refractarios; fabricación de abrasivos; industria del papel y fabricación de pinturas, plásticos y gomas.

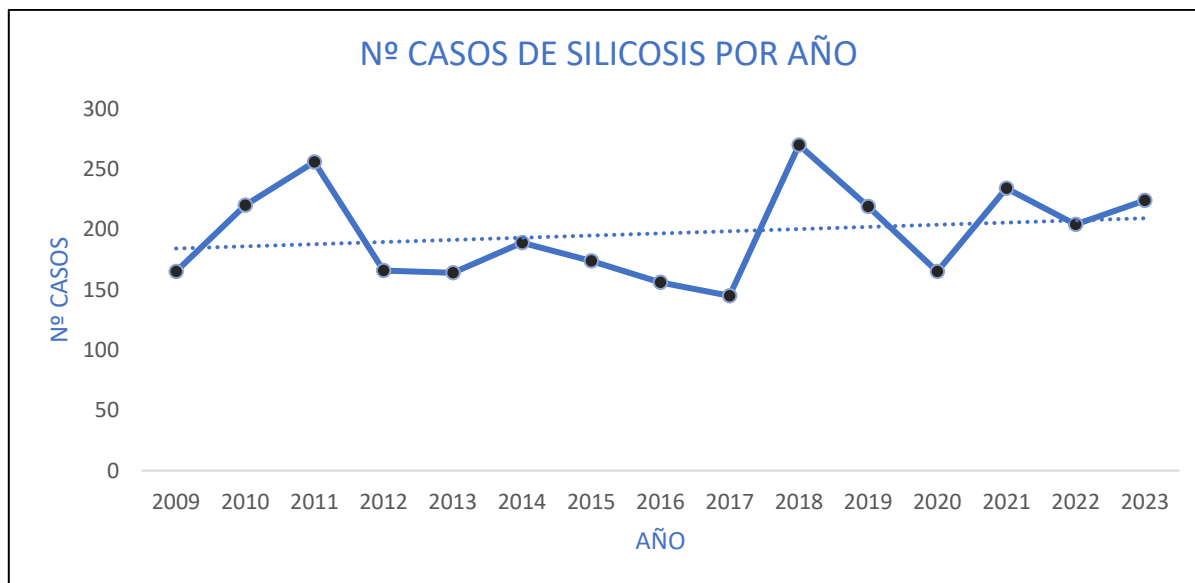
El contenido en sílice de los materiales empleados la actividad estudiada puede variar, siendo superior al 15% en materiales como el granito y de hasta el 5% en el mármol, mientras que los materiales porcelánicos compuestos principalmente por caolín, feldespato, arcilla y cuarzo, presentan un contenido de sílice libre dudoso (**Departamento Técnico del Instituto Nacional de la Silicosis, 2022**).

1.2. La silicosis.

La silicosis es una enfermedad respiratoria grave, progresiva e irreversible, que puede provocar la incapacidad laboral e incluso la muerte. Se caracteriza por la formación de fibrosis en los pulmones a consecuencia de la sedimentación de sílice en los alvéolos. El síntoma más característico de la silicosis es la dificultad para respirar, sobre todo asociada a la realización de un esfuerzo físico. En ocasiones también se presentan otros síntomas como tos repentina, dolor torácico y debilidad física. La enfermedad puede cursar sin síntomas que alerten de su evolución. Una silicosis diagnosticada a una persona que ha realizado trabajos con exposición por inhalación a polvo de sílice libre tiene la consideración legal de enfermedad profesional (**Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2011**).

En el **R.D. 1299/2006**, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro, en su Anexo II, encontramos la silicosis como enfermedad profesional dentro del grupo 4 (enfermedades provocadas por inhalación de sustancias no comprendidas en otros grupos), agente A, subagente 01, para actividades de trabajo en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas, como sería el caso de la empresa estudiada en el presente Trabajo Fin de Máster. También se encuadra dentro del grupo 6 (enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos), agente R, subagente 01, en relación con el cáncer de pulmón.

Figura 3. Número de casos de silicosis en los últimos años en España (Fuente: Instituto Nacional de Silicosis).



La silicosis es la neumoconiosis con mayor prevalencia en el ámbito laboral y muestra una tendencia ascendente en nuestro país como se observa en la figura 3 (línea punteada azul). Se encuadra dentro del grupo de enfermedades pulmonares intersticiales difusas de causa conocida. La probabilidad de su desarrollo depende de tres factores principales: la magnitud de la exposición acumulada durante la vida laboral, las características del agente etiológico y la susceptibilidad individual. Las formas clínicas de la silicosis son las siguientes:

- Silicosis crónica clásica: es la forma más frecuente y aparece generalmente tras 10 y 15 años de exposición. Presenta una sintomatología variable, desde las asintomáticas en sus formas más simples, hasta disnea y tos en las más complejas. En los casos más graves se puede desarrollar insuficiencia respiratoria y cor pulmonale crónico (insuficiencia del lado derecho del corazón).
- Fibrosis pulmonar intersticial: su síntoma principal es la disnea.
- Silicosis acelerada: es similar a la anterior, pero se presenta tras periodos de exposición más cortos, entre 5 y 10 años. Suele ser rápidamente progresiva evolucionando en corto espacio de tiempo de la forma simple a la complicada.
- Silicosis aguda o silicoproteínosis: se presenta tras periodos muy cortos, de 6 meses a 5 años, y suele estar inducida por exposiciones masivas. Se manifiesta con disnea intensa, afectación del estado general e insuficiencia respiratoria, pudiendo llegar al distrés respiratorio o fallecimiento del paciente.

Para emitir un diagnóstico de silicosis suele ser suficiente con la historia clínico-laboral, exploración física, estudios radiológicos de tórax y pruebas de función pulmonar. En determinados casos de presentaciones atípicas puede ser necesario recurrir a procedimientos invasivos (biopsia transbronquial o quirúrgica) con el fin de obtener tejido pulmonar para examen anatómo-patológico y mineralógico, y así alcanzar la suficiente certeza diagnóstica (**Ministerio de Sanidad, 2020**).

Para curar la silicosis, los investigadores han intentado varias alternativas, hasta la fecha infructuosas. Una sustancia que creó muchas expectativas fue el polímero polivinil-piridin-N-óxido, que protege los pulmones en animales de experimentación, pero nunca probó su eficacia e inocuidad en humanos, por lo que no se dispensó su uso (**Yu et al., 1983**). Luego, se probó con la tetrandrina (alcaloide de la bis-benzil-isoquinolina), que demostró su utilidad in vivo reduciendo la fibrosis y disminuyendo la síntesis del colágeno pulmonar en animales de experimentación expuestos a sílice. En este caso, tampoco se tuvo evidencia de su eficacia en humanos y tampoco está disponible (**Kwan y Achike, 2002**). Los glucocorticoides en el tratamiento de la silicosis aguda no han demostrado utilidad.

Por este motivo y porque el concepto básico en silicosis es su catalogación como enfermedad incapacitante, progresiva y sin tratamiento actual, la prevención es el medio inicial, básico y único para impedir su aparición. Cuando ésta falla y se desarrolla la enfermedad, la terapia solo está dirigida a tratar sus posibles complicaciones, cuyas medidas terapéuticas son las mismas del neumólogo para tratar las complicaciones más frecuentes: obstrucción, broncoespasmo, infección sobreagregada, neumotórax, hipoxemia e insuficiencia respiratoria (**Davis et al., 2002**).

1.3. Marco normativo.

A la hora de llevar a cabo la evaluación del riesgo higiénico por exposición a polvo de sílice, es necesario conocer la normativa de referencia que se detalla a continuación:

1.3.1. Normativa Europea

La principal normativa en el ámbito de la Unión Europea es la **Directiva (UE) 2017/2398**, del Parlamento y del Consejo, de 12 de diciembre de 2017, por la que se modifica la **Directiva 2004/37/CE**, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo.

La finalidad de esta directiva, como en ella misma se recoge en su artículo 1, es *“proteger a los trabajadores de los riesgos para su salud y su seguridad derivados de la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos en el lugar de trabajo”*. En esa Directiva se establece un nivel uniforme de protección contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos y mutágenos a través de un marco de principios generales que permite que los Estados miembros garanticen la aplicación coherente de los requisitos mínimos. Unos valores límite de exposición profesional vinculantes establecidos a partir de la información disponible, incluyendo datos científicos y técnicos, la viabilidad económica, una evaluación exhaustiva del impacto socioeconómico y la disponibilidad de técnicas y protocolos de medición de la exposición en el lugar de trabajo son un componente importante de las medidas generales para la protección de los trabajadores que establece esta Directiva. Los requisitos mínimos establecidos en dicha Directiva tienen la finalidad de proteger a los trabajadores a nivel de la Unión Europea. Sin embargo, los Estados miembros pueden fijar valores límite de exposición profesional vinculantes más estrictos.

En sus artículos 18 y 19, se indica que *“existen pruebas suficientes de que el polvo respirable de la sílice cristalina es cancerígeno. Procede establecer, a partir de la información disponible, incluidos datos científicos y técnicos, un valor límite para el polvo respirable de la sílice cristalina. El polvo respirable de la sílice cristalina generado en un proceso de trabajo no está sometido a clasificación con arreglo al Reglamento (CE) n.º 1272/2008. Procede, por tanto, incluir en el anexo I de la Directiva 2004/37/CE los trabajos que conlleven una exposición al polvo respirable de sílice cristalina generado en un proceso de trabajo y establecer un valor límite para el polvo respirable de sílice cristalina (fracción respirable) que ha de estar sujeto a revisión, en particular a la luz del número de trabajadores expuestos. Las guías y ejemplos de buenas prácticas elaborados por la Comisión, los Estados miembros o los interlocutores sociales, u otras iniciativas como el diálogo social (Acuerdo sobre la protección de la salud de los trabajadores a través de la adecuada manipulación y el buen uso de la sílice cristalina y de los productos que la contienen - NEPSi), son instrumentos útiles y necesarios que complementan las medidas reguladoras y, concretamente, apoyan la aplicación efectiva de valores límite, por lo que debe considerarse seriamente su utilización ya que incluyen medidas para prevenir o minimizar la exposición, como la eliminación con ayuda de agua para evitar que el polvo se esparza en el aire en el caso de la sílice cristalina respirable”*.

1.3.2. Normativa Española

La norma de referencia a nivel nacional es la **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, reformada, entre otras, por la Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

El objetivo de la Ley 31/1995, como se establece en su artículo 2, es el de “promover la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo”.

En el artículo 4, en diferentes apartados, encontramos diferentes definiciones sobre conceptos que serán frecuentemente utilizados en el presente Trabajo Fin de Máster. Entre los que resultan de más interés, encontramos los siguientes:

- 4.1. *“Prevención: conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo”.*
- 4.2. *“Riesgo laboral: la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo”.*
- 4.3. *“Daños derivados del trabajo: las enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo”.*
- 4.5. *“Se entenderán como procesos, actividades, operaciones, equipos o productos «potencialmente peligrosos» aquellos que, en ausencia de medidas preventivas específicas, originen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores que los desarrollan o utilizan”.*
- 4.7. *“Se entenderá como condición de trabajo» cualquier característica del mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajador”.*
- 4.8. *“Se entenderá por «equipo de protección individual» cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin”.*

También en su artículo 14 se establece que “los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo”, lo que a su vez supone el “deber del empresario de protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales”.

En cuanto al artículo 15, que recoge los principios de la acción preventiva, destacamos los apartados f), g) y h) en los que se indica, respectivamente, que se debe “sustituir lo peligroso

por lo que entrañe poco o ningún peligro”, “planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo”, y “adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual”.

Finalmente, como aspecto destacable de la Ley 31/1995, en su artículo 22 acerca de la vigilancia de la salud, se recoge que “el empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo. Esta vigilancia sólo podrá llevarse a cabo cuando el trabajador preste su consentimiento. De este carácter voluntario sólo se exceptuarán, previo informe de los representantes de los trabajadores, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores o cuando así esté establecido en una disposición legal en relación con la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad”. En este caso, el polvo de sílice cristalina respirable es un agente reconocido, como se decía anteriormente, en el R.D. 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social, con la capacidad de generar enfermedades profesionales (silicosis y cáncer de pulmón), y el **R.D.Lvo. 8/2015**, de 30 octubre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social, en su artículo 243, establece que *“todas las empresas que hayan de cubrir puestos de trabajo con riesgo de enfermedades profesionales están obligadas a practicar un reconocimiento médico previo a la admisión de los trabajadores que hayan de ocupar aquellos y a realizar los reconocimientos periódicos que para cada tipo de enfermedad se establezcan en las normas que, al efecto, apruebe el Ministerio de Empleo y Seguridad Social”.*

Por tanto, podemos concluir que los trabajadores expuestos a polvo de sílice cristalina respirable deberán realizar obligatoriamente un reconocimiento médico previo y los reconocimientos médicos periódicos. Además, en el artículo 9 del **R.D. 655/1997**, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, se especifica al empresario el tiempo que ha de conservar los historiales médicos, fijado en 40 años para agentes cancerígenos, como la sílice cristalina respirable, tras el cese de actividad de las personas trabajadores o de la empresa. La periodicidad de los reconocimientos médicos dependerá del contenido de sílice de la materia prima: si es mayor al 15% será anual, y si es menor del 15% será trienal, según **(Ministerio de Sanidad, 2020)**.

Por otro lado, en el **R.D. 39/1997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en su artículo 5.2 se indica que *“la evaluación incluirá la realización de las mediciones, análisis o ensayos que se consideren necesarios... En cualquier caso, si existiera normativa específica de aplicación, el procedimiento de evaluación deberá ajustarse a las condiciones concretas establecidas en la misma”*.

En el artículo 5.3., se establece que *“cuando la evaluación exija la realización de mediciones, análisis o ensayos y la normativa no indique o concrete los métodos que deben emplearse, o cuando los criterios de evaluación contemplados en dicha normativa deban ser interpretados o precisados a la luz de otros criterios de carácter técnico, se podrán utilizar, si existen, los métodos o criterios recogidos en:*

a) Normas UNE.

b) Guías del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, del Instituto Nacional de Silicosis y protocolos y guías del Ministerio de Sanidad y Consumo, así como de Instituciones competentes de las Comunidades Autónomas.

c) Normas internacionales.

d) En ausencia de los anteriores, guías de otras entidades de reconocido prestigio en la materia u otros métodos o criterios profesionales descritos documentalmente que proporcionen un nivel de confianza equivalente”.

En este caso, se recurrirá a la **Norma UNE-EN 689:2019**, sobre exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional. Esta norma adquiere el carácter de obligatorio ya que en el artículo 3.5 del **R. D. 374/2001**, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, se establece que *“el procedimiento de medición y, concretamente, la estrategia de medición (el número, duración y oportunidad de las mediciones) y el método de medición (incluidos, en su caso, los requisitos exigibles a los instrumentos de medida), se establecerán siguiendo la normativa específica que sea de aplicación o, en ausencia de ésta, conforme a lo dispuesto en el artículo 5.3 del Reglamento de los Servicios de Prevención citado anteriormente”*.

Continuando con el R. D. 374/2001, en su artículo 3, se establece que:

“3.1. El empresario deberá determinar, ..., si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. Si así fuera, se deberán evaluar los riesgos para la salud y seguridad de

los trabajadores, originados por dichos agentes, ..., considerando y analizando conjuntamente:

- a) Sus propiedades peligrosas y cualquier otra información necesaria para la evaluación de los riesgos.*
- b) Los valores límite ambientales y biológicos.*
- c) Las cantidades utilizadas o almacenadas de los agentes químicos.*
- d) El tipo, el nivel y duración de la exposición de los trabajadores a los agentes o cualquier otro factor que condicione la magnitud de los riesgos derivados de dicha exposición, así como las exposiciones accidentales.*
- e) Cualquier otra condición de trabajo que influya sobre otros riesgos relacionados con la presencia de los agentes en el lugar de trabajo y, específicamente, con los peligros de incendio y explosión.*
- f) El efecto de las medidas preventivas adoptadas o que deban adoptarse.*
- g) Las conclusiones de los resultados de la vigilancia de la salud de los trabajadores que, en su caso, se haya realizado y los accidentes o incidentes causados o potenciados por la presencia de los agentes en el lugar de trabajo.*

3.2. La evaluación del riesgo deberá incluir la de todas aquellas actividades, ..., cuya realización pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores, por la posibilidad de que se produzcan exposiciones.

3.5. La evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, ..., y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda.

3.6. En el caso de actividades que entrañen una exposición a varios agentes químicos peligrosos, la evaluación deberá realizarse atendiendo al riesgo que presente la combinación de dichos agentes.

3.7. La evaluación de los riesgos deberá mantenerse actualizada...”.

Entre la normativa nacional, también encontramos el **R. D. 1154/2020**, de 22 de diciembre, por el que se modifica el R. D. 665/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Este R. D. traspone al derecho español la **Directiva (UE) 2017/2398**, que incluye, entre las modificaciones, en su anexo I, los trabajos que supongan exposición a polvo respirable de sílice cristalina generado en un proceso de trabajo, así como en el anexo III los valores límite

de exposición profesional, excepto para el polvo respirable de sílice cristalina para el que se incluye el valor límite ambiental fijado en $0,05 \text{ mg/m}^3$.

Por otro lado, en el artículo 3.2. de la **Orden TED/723/2021**, de 1 de julio, por la que se aprueba la **Instrucción Técnica Complementaria 02.0.02** "Protección de los trabajadores contra el riesgo por inhalación de polvo y sílice cristalina respirables", del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, establece que *“para la determinación del riesgo por exposición a polvo respirable, los parámetros y valores límites para la exposición diaria (VLA-ED) que han de tenerse en cuenta, simultáneamente, serán:*

a) Polvo (fracción respirable): 3 mg/m^3 .

b) Polvo respirable de sílice cristalina: $0,05 \text{ mg/m}^3$ ”.

Finalmente, encontramos la **norma UNE EN 689:2019** elaborada por el comité técnico CTN 81 de Seguridad y Salud en el Trabajo, cuya secretaría desempeña el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Las normas, generalmente, son documentos técnicos que contienen especificaciones técnicas de aplicación voluntaria, salvo determinados casos como éste en la que adquiere carácter obligatorio. Esta norma en concreto constituye la base para los técnicos de prevención de riesgos laborales a la hora de llevar a cabo la evaluación de la exposición de los trabajadores frente a agentes químicos por vía inhalatoria en el ambiente laboral.

1.4. Organismos e instituciones relacionados con la silicosis.

1.4.1. Organismos internacionales:

Organización Internacional del Trabajo (OIT) y Organización Mundial de la Salud (OMS).

Con el fin de abordar la prevención de la silicosis a escala mundial, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han establecido el Programa Global de Eliminación de la Silicosis de la OMS/OIT (GPES). El GPES es un programa de cooperación técnica internacional diseñado para ayudar a los países en sus medidas para prevenir la silicosis y eliminarla como problema de salud en el trabajo en todo el mundo. A través del GPES, la OIT y la OMS han dado forma a un marco político para una amplia colaboración internacional en este ámbito entre los países desarrollados, los países en desarrollo y las organizaciones internacionales (ilo.org).

De entre todas las funciones de la OIT, destacamos la de la elaboración de Convenios que, una vez ratificados por un Estado, adquieren el carácter de normal legal de obligado cumplimiento. Un ejemplo sería el Convenio 155 sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo ratificado por España en 1985.

Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA).

Es un organismo técnico-administrativo con sede en Bilbao entre cuyas funciones se encuentran:

- Recogida y difusión de la información técnica, científica y económica para que los Estados miembros, otros organismos comunitarios y medios interesados puedan elaborar programas de acción y de investigación sobre seguridad salud laboral.
 - Fomento de la cooperación entre los Estados miembros mediante intercambios de experiencias.
 - Creación y coordinación de la RED (centros e instituciones que en cada Estado se dedican a la prevención de riesgos).
 - Contribuir al desarrollo de actividades preventivas y de programas comunitarios.
- (Cortés-Díaz, J., 2018).

1.4.2. Organismos nacionales.

Instituto Nacional de la Silicosis (INS).

El Instituto Nacional de Silicosis (INS) es el Centro de Referencia Nacional de prevención médico-técnica de las enfermedades respiratorias de tipo ocupacional. El INS está situado en Oviedo y es un centro público cuya actividad se dirige a la prevención primaria y secundaria de las enfermedades respiratorias de tipo ocupacional y medioambiental, desarrollando para ello actividades de docencia, investigación, prevención técnica y médica, rehabilitación y asesoramiento.

La actividad desarrollada en este campo se focaliza en la prevención de enfermedades respiratorias, entre ellas aquellas provocadas por exposición a sílice cristalina respirable, y cualquier otro agente que pueda actuar sobre la salud de los trabajadores y ciudadanos. Para ello lleva a cabo estudios de exposición de tipo técnico, los cuales permiten detectar la existencia del riesgo. Además de esto, el servicio médico realiza evaluaciones del estado de salud encaminadas a la - precoz de las enfermedades dentro del campo de la prevención secundaria y al diagnóstico de la patología en estadios tempranos.

El INS proporciona el conocimiento y los procedimientos necesarios a todos los agentes involucrados en la prevención de las enfermedades respiratorias laborales y medioambientales, llevando a cabo las actividades destinadas al correcto diagnóstico y valoración de dichas enfermedades en personas y colectivos afectados, así como las de investigación dirigidas a la mejora y resolución de los problemas de salud que estas enfermedades representan, dentro de un marco de cooperación institucional y multidisciplinar

Como podemos ver en la figura 4, el INS está formado por el Departamento Técnico y el Departamento de Neumología Ocupacional. La principal función del primero de ellos es la de llevar a cabo diferentes estudios técnicos relacionados con la prevención, como son el muestreo de los contaminantes, el análisis de laboratorio, desarrollo de normativa y completas evaluaciones del riesgo, entre otros. Por su parte, el segundo realiza estudios relacionados con las patologías respiratorias de tipo ocupacional y medioambiental (ins.astursalud.es).

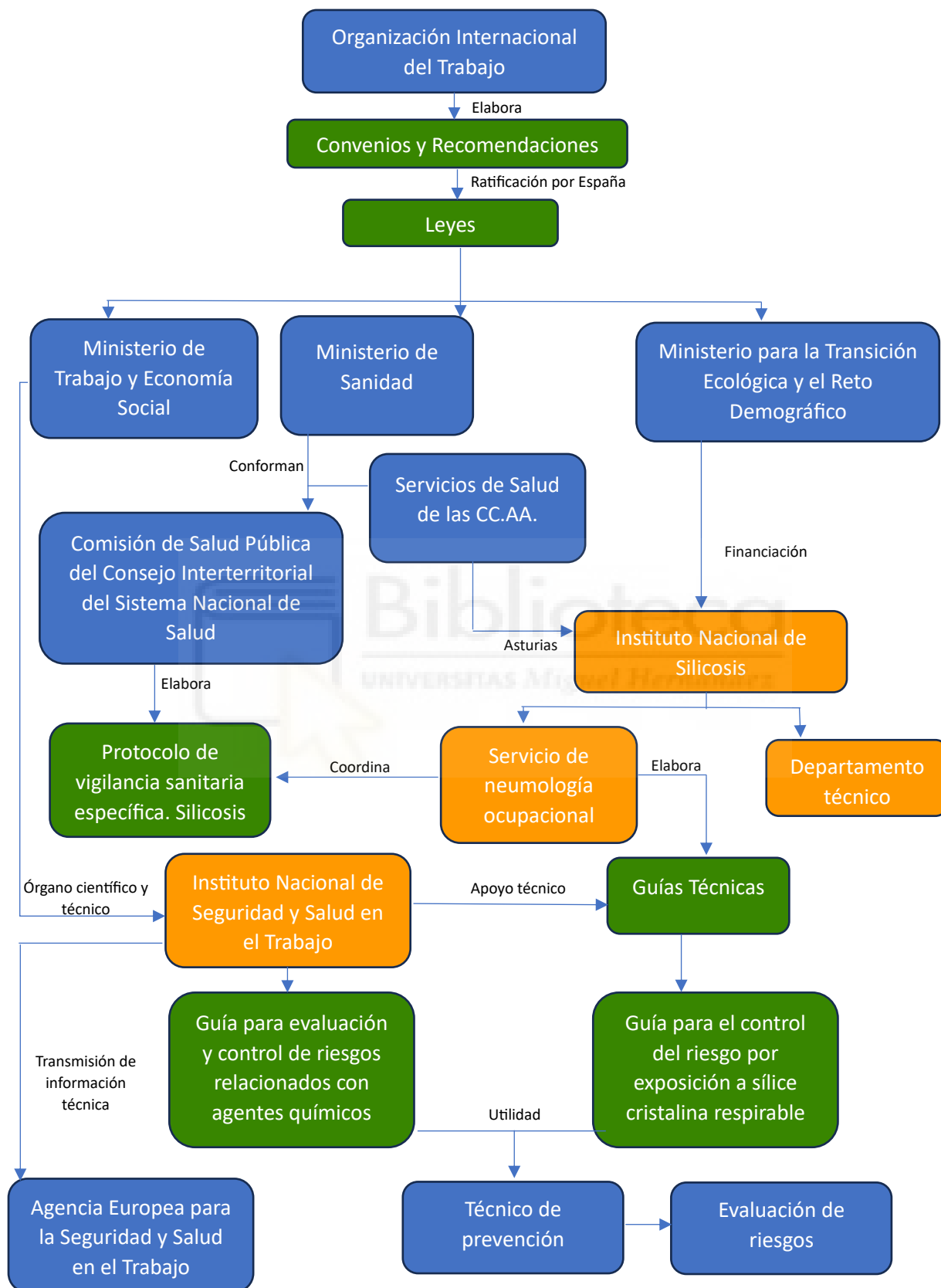
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).

Es el órgano científico técnico especializado en prevención de riesgos laborales de la Administración General del Estado que tiene como misión el análisis y estudio de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, así como la promoción y apoyo a la mejora de las mismas. Para ello establecerá la cooperación necesaria con los órganos de las Comunidades Autónomas con competencias en esta materia. Entre sus múltiples funciones, cabría destacar las siguientes:

- Actuar como centro de referencia nacional ante las instituciones europeas, garantizado la coordinación y transmisión de la información que deberá facilitar a escala nacional, en particular respecto a la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo y su Red.
- Colaborar con organismos internacionales y desarrollar programas de cooperación internacional.
- Elaborar guías técnicas para el cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales.
- Prestar asesoramiento técnico a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y a los servicios de prevención de la Administración General del Estado.
- Promover actividades divulgativas, investigaciones, etc. (insst.es).

En el tema que nos atañe en este TFM, el INSST ha proporcionado el apoyo técnico necesario al INS para la elaboración de la guía técnica para la prevención del riesgo por exposición a la sílice cristalina respirable en el ámbito laboral, como observamos en la figura 4.

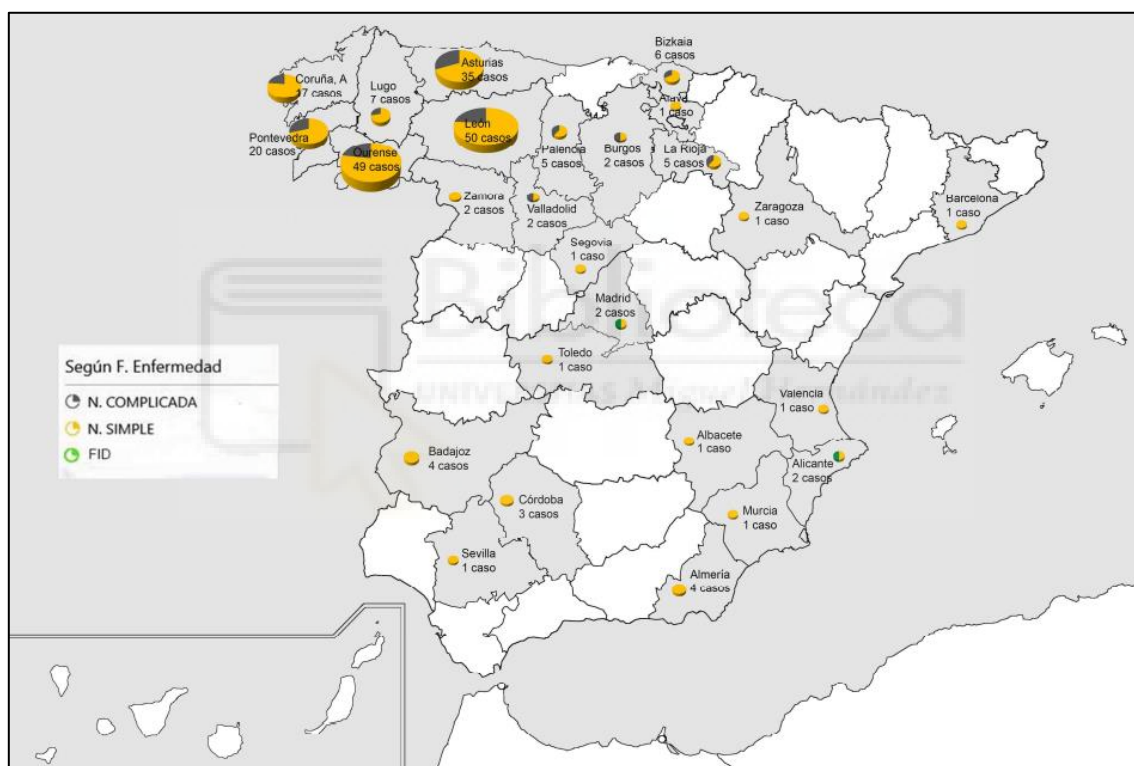
Figura 4. Esquema de relaciones entre organismos internacionales y nacionales. Elaborado por Christian Sánchez García.



2. Justificación.

Las cifras facilitadas por el Instituto Nacional de Silicosis (INS) acerca de los nuevos casos de silicosis anuales demuestran que es una enfermedad actual que, lejos de estar controlada, continúa necesitando de la aplicación de medidas de control con el fin de reducir o eliminar dicha afección en los trabajadores, tal y como refleja la tendencia de nuevos casos mostrada en la figura 3. Además, la silicosis no suele darse exclusivamente en trabajadores en activo, sino que también se detectan anualmente nuevos casos en personas jubiladas, siendo las Comunidades Autónomas más afectadas Galicia, Castilla y León y Asturias (figura 5).

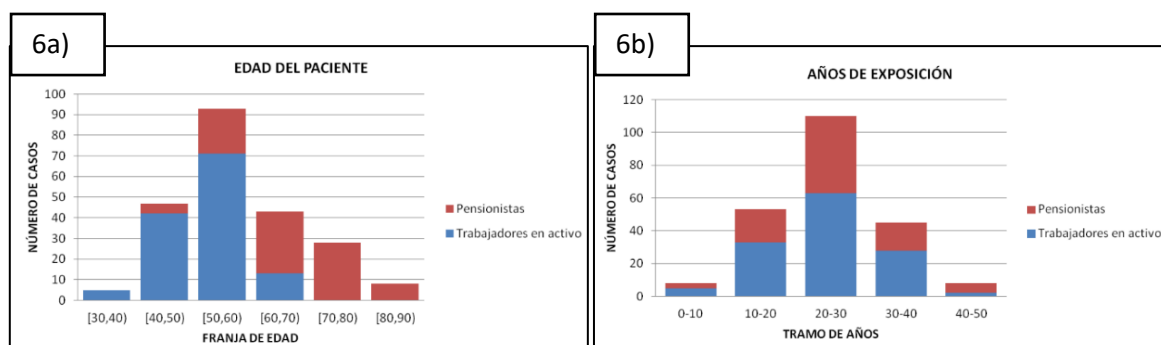
Figura 5. Nuevos casos de silicosis registrado en 2023 en España por el INS, por provincias, según la forma de la enfermedad: neumoconiosis simple o neumoconiosis complicada. Fuente: Instituto Nacional de Silicosis.



Si nos centramos en los datos de nuevos casos de silicosis en España para el año 2023, en relación con la industria de procedencia, el sector en el que más casos se han reportado es en el de la pizarra, seguida por la marmolería y por el del granito.

El perfil general de los nuevos casos de silicosis en nuestro país se da en trabajadores en activo cuya edad no llega a los 54 años, y en su mayoría cuentan con una experiencia laboral comprendida entre los 10 y 30 años, aunque también se ha detectado la silicosis en trabajadores menores de 40 años y periodos de exposición inferiores a 10 años.

Figura 6a) Número de casos de silicosis registrados en 2023 en España por el INS por franja de edad del paciente. Figura 6b) Número de casos de silicosis registrados en 2023 en España por tramo de edad y años de exposición. Fuente: Instituto Nacional de Silicosis.



En la actividad concreta que nos atañe en el presente TFM, un taller en el que se trata, entre otros, materiales como el mármol o el granito, la tendencia en los últimos 15 años en cuanto al porcentaje total de nuevos casos ha ido adquiriendo cada vez un mayor peso, representando actualmente más del 21% de nuevos casos del total de nuevos casos de silicosis (45 casos en 2023 de un total 224) (Informe de nuevos casos de silicosis – 2023 del INS).

Por tanto, debido al aumento de los casos de silicosis en nuestro país, a la gravedad de la enfermedad y a que el sector del mármol y el granito representa cada vez un mayor porcentaje en cuanto a la detección de nuevos casos de la afección en los trabajadores dedicados al mismo, resulta de especial interés la implicación de las empresas, de la mano de los servicios de prevención, en la evaluación de manera cuantitativa y periódicamente de la exposición por inhalación a polvo de sílice para aquellas actividades en las que los trabajadores sufran exposición al mismo.

Por este motivo se desarrollará el presente TFM, en el que se procederá a la medición de polvo de sílice cristalina respirable, en un taller de mármol, con el fin de comprobar si los trabajadores de esta empresa están expuestos a niveles superiores a los valores límite ambientales establecidos legalmente y, en tal caso, se propondrán las medidas preventivas necesarias con el objetivo de prevenir que sean afectados por silicosis tanto actualmente como durante el periodo de latencia de la enfermedad.

3. Objetivos.

Este Trabajo Fin de Máster tiene como objetivo general estimar y valorar el riesgo higiénico por exposición a polvo de sílice, fracción respirable, en un taller de mármol, para poder actuar sobre el mismo y evitarlo o reducirlo. La finalidad de esta evaluación es concluir acerca de la conformidad de la exposición al agente químico con el VLA correspondiente, determinando, en función de los resultados, las decisiones sobre la actividad preventiva que se deberá desarrollar.

Este objetivo general se pretende alcanzar a través de una serie de objetivos específicos:

- Identificación de los puestos de trabajo expuestos a polvo de sílice, fracción respirable.
- Identificación de las tareas y procedimientos generadores de polvo de sílice.
- Realización de una medición de polvo de sílice a través de una bomba de muestreo y filtro de retención.
- Envío de muestras al laboratorio para su análisis cuantitativo.
- Obtención de los resultados de laboratorio y comparación con el valor límite ambiental (VLA) establecido para el polvo de sílice, según el documento de Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España de 2025.
- Planificación de las actividades preventivas con el objetivo de eliminar, reducir el y controlar el riesgo de exposición a polvo de sílice de los trabajadores del taller de mármol, siguiendo los principios de la acción preventiva establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.

4. Descripción de la empresa y del puesto de trabajo.

La actividad de la empresa objeto del estudio es un taller de mármol ubicado en la provincia de Albacete. La empresa se dedica al diseño de encimeras y otros elementos de cocina, baños, lápidas, mármoles artísticos de decoración y otras obras en general, utilizando como materias primas el mármol, el granito, materiales porcelánicos y el cuarzo.

El centro de trabajo dispone de un pequeño taller de unos 80 m² en el que se encuentra la cortadora de mármol y otros equipos de trabajo. Al fondo existe un pequeño compartimento en el que se encuentran las oficinas de la empresa y un aseo. En el exterior, hay un patio de 100 m² aproximadamente donde se encuentra diferente material de mármol apilado con topes de seguridad y un compresor separado del resto de la instalación.

La empresa cuenta con dos trabajadores en la actualidad, desempeñando todos ellos las mismas funciones, además del gerente, como se recoge en la tabla 3.

Tabla 3. Puestos de trabajo y funciones en el taller de mármol. Elaborado por Christian Sánchez García.

Puesto de trabajo	Funciones
Gerente	Dirigir y supervisar las tareas de todos los trabajadores para cumplir con los objetivos establecidos. Velar por la seguridad y salud de los trabajadores en el ejercicio de sus tareas. Llevar el control de los costes de producción y beneficios. Ampliar mercado de clientes. Atención a clientes y proveedores. Ofrecer presupuestos y gestionar pedidos. Coordinar la entrega de pedidos a clientes. Desplazamientos en vehículos de empresa.
Operario de taller de mármol	Preparar diariamente el puesto de trabajo: herramientas, equipos de trabajo necesarios, etc. Realizar mediciones de las piezas a trabajar. Usar, mantener y guardar los equipos de protección individual.

	Cortar, perforar, modelar, pulir, tallar, abrillantar, etc., piezas de diferentes materiales para formar elementos concretos solicitados utilizando la cortadora de puente, amoladora con carcasa de agua, pulidora con inyección de agua, arenadora y otras herramientas manuales. Reparación de piezas. Atención a clientes y proveedores en el taller. Orden y limpieza de equipos de trabajo, herramientas e instalaciones. Desplazamientos en vehículos de empresa (rara vez).
--	--

4.1. Procedimiento de trabajo.

El proveedor suministra la materia prima directamente al taller y la misma es almacenada en el patio exterior del que dispone la empresa, siendo colocada en estantes con inclinación ligera hacia el interior y unos topes que impiden su desplazamiento.

Figura 7. Almacenamiento de materiales en el patio exterior. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



Una vez almacenados, haciendo uso de una carretilla elevadora, la pieza a tratar es transportada hasta la máquina de corte donde se obtiene otra con las dimensiones deseadas. Ya cortada la pieza, es llevada a unas mesas donde se realiza el canteado, es decir, el pulido de sus bordes. Las lápidas son tratadas en la máquina de chorreado de arena.

Figura 8. Mesa para el acabado a mano de piezas. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



Figura 9. Presencia de polvo en el suelo del patio exterior y en las mesas de trabajo. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



4.2. Equipos de trabajo utilizados.

4.2.1. Cortadora de puente GomeRoc.

Es una máquina automática utilizada para el corte recto o en ángulo de las piezas a través de unos discos diamantados. Esta máquina utiliza agua para mantener frío el disco de corte y, a la vez, reducir la cantidad de polvo que se libera al ambiente y que puede ser respirado por los trabajadores.

Figura 10. Cortadora de puente GomeRoc. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



Figura 11. Disco de corte. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



4.2.2. Pulidora de inyección de agua Wurth.

Se utiliza durante el proceso de canteado de las piezas en los soportes existentes en la zona exterior una vez que han sido tratadas por la cortadora de puente. Su función es la de pulir los bordes de las piezas y, al igual que la cortadora, dispone de un sistema de inyección de agua para enfriar el disco abrasivo y reducir la generación de polvo.

Figura 12. Pulidora de inyección de agua Wurth.



4.2.3. Amoladora con inyección de agua Wurth.

Este equipo de trabajo permite el corte, pulido y acabado de las piezas a tratar de manera más minuciosa. Al igual que las anteriores, dispone de una carcasa con chorro de agua que permite enfriar el disco de corte y reducir la liberación de polvo al ambiente laboral.

Figura 13. Amoladora de inyección de agua Wurth. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



4.2.4. Chorreadora de arena para tallar lápidas Cabanes.

Esta máquina se encarga de tallar las lápidas mediante un chorro de arena. El proceso de trabajo se inicia con el diseño por ordenador de una lámina de vinilo con las inscripciones que se desean en la lápida. Posteriormente, se introduce la piedra de la lápida en la máquina cubierta por el vinilo y, finalmente, es chorreada con arena para obtener las letras y pictogramas prediseñados.

Se trata de un circuito cerrado donde la arena que contiene sílice se mantiene dentro de la propia máquina, por lo que la exposición del trabajador a sílice cristalina respirable es mínima. Únicamente cabría esperar la existencia de exposición en el momento de cambio de la arena, que es retirada de la máquina con una pala y depositada en espuelas para, posteriormente, ser eliminada por un gestor de residuos autorizado. Según conversación mantenida con el empresario y los trabajadores, este proceso se realiza aproximadamente una vez al año haciendo uso de equipos de protección respiratoria (mascarillas autofiltrantes de categoría III conforme a la Norma UNE-EN 149:2001 + A1:2009, FFP3, contra partículas sólidas y líquidas).

Figura 14. Chorreadora de arena / arenadora Cabanes. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



4.3. Fuentes de generación de polvo de sílice en el taller.

Las fuentes generadoras de polvo de sílice cristalina respirable en el taller se deben al tratamiento de las piezas de mármol, granito, porcelanas y cuarzo, principalmente durante las tareas de corte, pulido y acabado, mientras se utilizan los equipos de trabajo descritos en el apartado anterior. La etapa que presenta un mayor riesgo de exposición es la de pulido y corte manual de la pieza mediante el uso de la pulidora y amoladora con inyección de agua. Sin embargo, a pesar de que su uso es automático (por control numérico) y no requiere de la presencia del trabajador, la cortadora de puente también constituye una importante fuente de generación de polvo al realizarse en un espacio cerrado que, además, no cuenta con sistema de extracción.

Por otro lado, se considera una exposición mínima o prácticamente nula a polvo de sílice cristalina respirable en las tareas de grabado de lápidas. A pesar de que la arena habitualmente utilizada en el chorreado suele contener de 94 % a 99 % (insst.es), éste se realiza en una máquina cerrada, por lo que los trabajadores no entran en contacto con el polvo de sílice ya que la manguera es dirigida desde el exterior de la misma.

La cantidad de sílice cristalina respirable no sólo dependerá de la fase de trabajo en la que se encuentren los empleados, sino también del material utilizado, ya que el contenido en sílice varía desde más del 15% en el caso del granito hasta un contenido más variable como en el caso de los materiales porcelánicos.

4.4. Protecciones colectivas en la empresa.

No se observa la presencia de protecciones colectivas frente al polvo de sílice en el taller estudiado, como por ejemplo sistemas de extracción localizada, más allá del uso de agua incorporado en los equipos de trabajo para reducir la cantidad de polvo liberada al ambiente y la apertura de puertas de la nave en la que se encuentra la cortadora de puente para favorecer la ventilación natural.

4.5. Protecciones individuales en la empresa.

En la empresa, previamente a la evaluación del riesgo higiénico objeto del presente TFM, se ha comprobado que se utilizan mascarillas autofiltrantes de categoría III conforme a la Norma UNE-EN 149:2001 + A1:2009, FFP3, contra partículas sólidas y líquidas, de la marca WURTH, con marcado CE.

Cada una de ellas es personal para cada trabajador y están identificadas. Se dispone de una estantería específica para su almacenamiento.

Figura 15. Mascarilla autofiltrante Wurth Cat. III. UNE-EN 149:2001 + AC:2009, FFP3, con marcado CE. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



4.6. Evaluación general de riesgos y medidas preventivas.

En este punto se incluye la evaluación general de riesgos, consistente en la identificación, estimación y valoración de riesgos generales de la actividad y de los equipos de trabajo utilizados, así como las medidas a adoptar por la empresa. No se ha incluido el riesgo higiénico por exposición a polvo de sílice cristalina respirable puesto que será objeto detallado del presente TFM.

La estimación del riesgo se realiza en base a la severidad del daño, pudiendo ser Ligeramente Dañino (LD), Dañino (D) y Extremadamente Dañino (ED), y a la probabilidad de que ocurra el daño, pudiendo ser Baja (B), Media (M) o Alta (A). La combinación de ambos factores nos dará como resultado la estimación del nivel de riesgo, pudiendo ser éste Trivial (T), Tolerable (TO), Moderado (MO), Importante (I) o Intolerable (IN). **(INSHT, 1996).**

4.6.1. Evaluación de riesgos de los equipos de trabajo.

Tabla 4. Evaluación de riesgos de la amoladora de inyección de agua Wurth y medidas preventivas.

Factor de riesgo: Utilización de la amoladora de inyección de agua Wurth.			
Riesgos detectados	Probabilidad	Consecuencias	Estimación del Riesgo
Proyección de fragmentos partículas	M	D	MO
Contactos eléctricos	B	D	TO
Ruido	B	D	TO
Contactos térmicos	B	LD	T
Vibraciones	M	LD	TO
Caída de personas al mismo nivel	B	D	TO
Caída de materiales en manipulación	M	LD	TO
Posturas forzadas	M	LD	TO
Atrapamiento por o entre objetos	M	D	MO
Cortes / golpes	M	D	MO
Medidas preventivas			
• Consultar el manual de instrucciones antes de utilizar la amoladora de inyección de agua. • Mantener la zona de trabajo limpia y ordenada. • Sujetar la amoladora firmemente con ambas manos para evitar su caída y movimientos repentinos de la misma, así como fijar la pieza de trabajo. • No poner fuera de funcionamiento el resguardo de protección del disco de corte y comprobar que se encuentra en perfecto estado. • Comprobar que la amoladora está en posición de paro antes de conectarla a la corriente eléctrica. • Utilizar siempre un diámetro de disco compatible con la potencia y características de la máquina. Desechar los discos deteriorados. No sobrepasar la velocidad de rotación prevista e indicada en el disco. No someter al disco a sobreesfuerzos. • Evitar tocar el disco de corte tras la realización de los trabajos para evitar posibles contactos térmicos.			

- Comprobar el estado del cable de alimentación y su aislamiento. Tirar de la clavija, nunca del cable. Evitar que los cables discurran por suelos mojados y por zonas de paso.
- El manejo de las llaves de paso de agua se realizará con la máquina parada.
- Utilizar ropa ajustada, especialmente en las mangas del mono de trabajo. Evitar llevar cadenas, relojes o pulseras que se puedan enganchar con el equipo de trabajo.
- Las tareas de limpieza, ajuste, cambio de disco, etc., se harán con la máquina parada y desconectada de la corriente eléctrica. Las tareas de mantenimiento únicamente las realizará personal especializado.
- Adecuar el corte a la altura de la cadera utilizando mesas de trabajo que se ajusten a dicha altura. Tratar de mantener la espalda recta, mantener un pie delante de otro firmemente apoyados, realizar pausas cortas periódicas y alternar la postura realizando otras tareas diferentes.
- La amoladora de inyección de agua dispondrá de mango absorbedor de vibraciones.
- Utilizar gafas de protección (UNE-EN 166), guantes frente a riesgos mecánicos (UNE-EN 388), ropa de trabajo gruesa, orejeras (UNE-EN 352-1) y calzado de seguridad (UNE-EN 20345).
- Cuando acabe de utilizar la amoladora, ponerla en función de paro y desconectarla de la corriente eléctrica.
- En caso de observar anomalías en el equipo de trabajo, comunicarlo al responsable y no utilizarla.
- Llevar a cabo el mantenimiento periódico de la amoladora de inyección de agua.
- Proporcionar a los trabajadores una formación inicial y continua de mejora en caso de cambio de las condiciones de trabajo del entorno o del propio equipo.

Tabla 5. Evaluación de riesgos de la pulidora de inyección de agua Wurth y medidas preventivas.

Factor de riesgo: Utilización de la pulidora de inyección de agua Wurth.			
Riesgos detectados	Probabilidad	Consecuencias	Estimación del Riesgo
Proyección de fragmentos partículas	M	D	MO

Contactos eléctricos	B	D	TO
Ruido	B	D	TO
Contactos térmicos	B	LD	T
Vibraciones	M	LD	TO
Caída de personas al mismo nivel	B	D	TO
Caída de materiales en manipulación	M	LD	TO
Posturas forzadas	M	LD	TO
Atrapamiento por o entre objetos	M	D	MO
Cortes / golpes	M	D	MO
Medidas preventivas			
• Seguir el manual de instrucciones antes de utilizar la pulidora de inyección de agua. • Mantener la zona de trabajo limpia y ordenada. • Sujetar la pulidora firmemente con ambas manos para evitar su caída y movimientos repentinos de la misma, así como fijar la pieza de trabajo. • No poner fuera de funcionamiento el resguardo de protección del disco de abrasión y comprobar que se encuentra en perfecto estado. • Comprobar que la pulidora está en posición de paro antes de conectarla a la corriente eléctrica. • Utilizar siempre un diámetro de disco compatible con la potencia y características de la máquina. Desechar los discos deteriorados. No sobrepasar la velocidad de rotación prevista e indicada en el disco. No someter al disco a sobreesfuerzos. • Evitar tocar el disco de abrasión tras la realización de los trabajos para evitar posibles contactos térmicos. • Comprobar el estado del cable de alimentación y su aislamiento. Tirar de la clavija, nunca del cable. Evitar que los cables discurran por suelos mojados y por zonas de paso. • El manejo de las llaves de paso de agua se realizará con la máquina parada. • Utilizar ropa ajustada, especialmente en las mangas del mono de trabajo. Evitar llevar cadenas, relojes o pulseras que se puedan enganchar con el equipo de trabajo. • Las tareas de limpieza, ajuste, cambio de disco, etc., se harán con la máquina parada y desconectada de la corriente eléctrica. Las tareas de mantenimiento únicamente las realizará personal especializado.			

- Adecuar el corte a la altura de la cadera utilizando mesas de trabajo que se ajusten a dicha altura. Tratar de mantener la espalda recta, mantener un pie delante de otro firmemente apoyados, realizar pausas cortas periódicas y alternar las posturas realizando otras tareas diferentes.
- La pulidora de inyección de agua dispondrá de mango absorbedor de vibraciones.
- Utilizar gafas de protección (UNE-EN 166), guantes frente a riesgos mecánicos (UNE-EN 388), ropa de trabajo gruesa, orejeras (UNE-EN 352-1) y calzado de seguridad (UNE-EN 20345).
- Cuando acabe de utilizar la pulidora, ponerla en función de paro y desconectarla de la corriente eléctrica.
- En caso de observar anomalías en el equipo de trabajo, comunicarlo al responsable y no utilizarla.
- Llevar a cabo el mantenimiento periódico de la pulidora de inyección de agua.
- Proporcionar a los trabajadores una formación inicial y continua de mejora en caso de cambio de las condiciones de trabajo del entorno o del propio equipo.

Tabla 6. Evaluación de riesgos de la cortadora de puente GomeRoc y medidas preventivas.

Factor de riesgo: Utilización de la cortadora de puente GomeRoc			
Riesgos detectados	Probabilidad	Consecuencias	Estimación del Riesgo
Proyección de fragmentos partículas	M	D	MO
Cortes / golpes	M	D	MO
Contactos eléctricos	B	D	TO
Ruido	M	LD	TO
Caída de personas al mismo nivel	B	LD	T
Caída de materiales en manipulación	B	D	TO
Atrapamiento por o entre objetos	B	D	TO
Medidas preventivas			
• Seguir el manual de instrucciones antes de utilizar la cortadora de puente. • Mantener la zona de trabajo limpia y ordenada y el cableado alejado de lugares de paso. • Fijar la pieza a cortar sobre la mesa de corte de la máquina.			

- No poner fuera de funcionamiento el resguardo de protección del disco de corte, la parada de emergencia de la que dispone, así como cualquier otro dispositivo de seguridad del que disponga la máquina.
- Comprobar que la cortadora de puente está en posición de paro antes de conectarla a la corriente eléctrica.
- Una vez programado el funcionamiento de la máquina, se impedirá la presencia de trabajadores en el radio de acción de la misma, perimetrándola con vallas o cadenas y señalizando la prohibición de acceso a la zona.
- Utilizar siempre un diámetro de disco compatible con la potencia y características de la máquina. Desechar los discos deteriorados. No sobrepasar la velocidad de rotación prevista e indicada en el disco. No someter al disco a sobreesfuerzos.
- Comprobar el estado del cable de alimentación y su aislamiento. Tirar de la clavija, nunca del cable. Evitar que los cables discurran por suelos mojados y por zonas de paso.
- El manejo de las llaves de paso de agua se realizará con la máquina parada si se encuentran dentro del radio de funcionamiento de la cortadora de puente.
- Utilizar ropa ajustada, especialmente en las mangas del mono de trabajo. Evitar llevar cadenas, relojes o pulseras que se puedan enganchar con el equipo de trabajo.
- Las tareas de limpieza, ajuste, cambio de disco, etc., se harán con la máquina parada y desconectada de la corriente eléctrica y siguiendo un procedimiento de consignación. Las tareas de mantenimiento únicamente las realizará personal especializado.
- Utilizar gafas de protección (UNE-EN 166), guantes frente a riesgos mecánicos (UNE-EN 388), ropa de trabajo gruesa, orejeras (UNE-EN 352-1) y calzado de seguridad (UNE-EN 20345).
- En caso de observar anomalías, comunicarlo al responsable y no utilizarla.
- Proporcionar a los trabajadores una formación inicial y continua de mejora en caso de cambio de las condiciones de trabajo del entorno o del propio equipo.

Tabla 7. Evaluación de riesgos de la chorreadora de arena / arenadora Cabanes y medidas preventivas.

Factor de riesgo: Utilización de la chorreadora de arena / arenadora Cabanes			
Riesgos detectados	Probabilidad	Consecuencias	Estimación del Riesgo
Proyección de fragmentos partículas	B	D	TO
Contactos eléctricos	B	D	TO
Ruido	M	LD	TO
Caída de materiales en manipulación	B	D	TO
Explosiones	B	D	TO
Medidas preventivas			
• Seguir el manual de instrucciones antes de utilizar la chorreadora de arena. • Utilizar la máquina únicamente con la máquina cerrada y no poner fuera de funcionamiento ningún dispositivo de seguridad del que disponga la máquina (resguardos, parada de emergencia tipo seta). • Comprobar que la chorreadora de arena está en posición de paro antes de conectarla a la corriente eléctrica. • Comprobar el estado del cable de alimentación y su aislamiento. Tirar de la clavija, nunca del cable. Evitar que los cables discurran por suelos mojados y por zonas de paso. • Asegurarse en la instalación del compresor que contenga el “expediente de control de calidad” que garantice un adecuado diseño y fabricación del aparato, así como de que pasa las revisiones pertinentes (R.D. 2060/2008). • El cambio de la arena con sílice (una vez al año) se hará vertiéndola suavemente y sobre espuelas mojadas para evitar la dispersión de polvo en el ambiente. A pesar de ello, el trabajador hará utilización de mascarillas autofiltrantes de categoría III conforme a la Norma UNE-EN 149:2001 + A1:2009, FFP3, contra partículas sólidas y líquidas. • Utilizar ropa ajustada, especialmente en las mangas del mono de trabajo. Evitar llevar cadenas, relojes o pulseras que se puedan enganchar con el equipo de trabajo. • Las tareas de limpieza, ajuste, etc., se harán con la máquina parada y siguiendo un procedimiento de consignación. Las tareas de mantenimiento únicamente las realizará personal especializado.			

- Utilizar gafas de protección (UNE-EN 166), guantes frente a riesgos mecánicos (UNE-EN 388), ropa de trabajo gruesa, orejeras (UNE-EN 352-1) y calzado de seguridad (UNE-EN 20345).
- Las piezas serán convenientemente fijadas y se transportarán por los rodillos de la máquina hasta la zona de chorreado.
- En caso de observar anomalías, comunicarlo al responsable y no utilizar la máquina.
- Llevar a cabo el mantenimiento periódico de la chorreadora de arena.
- Proporcionar a los trabajadores una formación inicial y continua de mejora en caso de cambio de las condiciones de trabajo del entorno o del propio equipo.

4.6.2. Evaluación de riesgos generales del puesto de trabajo.

Tabla 8. Evaluación general de riesgos. Presencia de suelos mojados, cableado en zonas de paso, de materiales y herramientas en el suelo, de restos del proceso productivo, etc.

Factor de riesgo: Presencia de suelos mojados, cableado en zonas de paso, de materiales y herramientas en el suelo, de restos del proceso productivo, etc.			
Riesgos detectados	Probabilidad	Consecuencias	Estimación del Riesgo
Caída de personas al mismo nivel	M	LD	TO
Pisada sobre objetos	M	LD	TO
Choques contra objetos inmóviles	M	LD	TO
Medidas preventivas			
• Mantener el orden y la limpieza en el centro de trabajo (colocar las herramientas y equipos de trabajo en lugares destinados para ello cuando no se utilicen). • Recoger rápidamente los derrames de líquidos, entre ellos el agua derivada del uso de los equipos de trabajo. Si no es posible realizarlo inmediatamente, señalizar la zona con la señal de “atención: suelo mojado”. • Evitar que el cableado de los equipos de trabajo trascorra por las zonas de paso. Canalizarlo, si es posible, o procurar que transcurran junto a las paredes.			

- Depositar los desechos del proceso de trabajo en contenedores diseñados para ello.
- Caminar siempre de frente y evitar portar objetos que obstruyan la visión.
- Utilizar calzado de seguridad (UNE-EN 20345) con suela antideslizante y suela antiperforante.

Tabla 9. Evaluación general de riesgos. Adopción de posturas forzadas en tareas de pulido, corte, limpieza, etc., manipulación manual de cargas como losas de granito de más de 50 Kg, etc.

Factor de riesgo: Adopción de posturas forzadas en tareas de pulido, corte, limpieza, etc., manipulación manual de cargas como losas de granito de más de 50 kg, etc.			
Riesgos detectados	Probabilidad	Consecuencias	Estimación del Riesgo
Carga física. Manejo de cargas.	B	D	TO
Sobreesfuerzos.	B	D	TO
Carga física. Posición.	M	LD	TO
Medidas preventivas			
• Anteponer el uso de medios mecánicos de los que se dispone en la empresa para el manejo de cargas pesadas: carretilla elevadora. • Si tiene que manipular manualmente cargas, se ceñirá a las siguientes disposiciones: pedir ayuda a un compañero en caso necesario y manipularlas de forma coordinada; separar los pies unos 50 cm y apoyarlos firmemente; agacharse doblando las rodillas y manteniendo la espalda recta; coger la carga con la palma de la mano y la base de los dedos de forma que la superficie de agarre sea mayor y se reduzca el esfuerzo; levantar la carga gradualmente con la columna recta y alineada y con las rodillas flexionadas; mantener la carga próxima al cuerpo con brazos y codos pegados a los lados del cuerpo; no girar el cuerpo mientras se hace el esfuerzo: descomponer el movimiento en dos tiempos cuando haya que levantar una carga y al mismo tiempo girar el tronco: el primero para levantar la carga y el segundo una vez alzada la carga; no levantar cargas pesadas por encima de la cintura en un solo movimiento; mantener la carga de forma simétrica y lo más pegada posible al cuerpo; el proceso de descarga se hará de manera inversa.			

- Proporcionar a los trabajadores una formación inicial y continua en técnicas ergonómicas: adopción de posturas adecuadas y manipulación manual de cargas.

Tabla 10. Evaluación general de riesgos. Almacenamiento de materiales.

Factor de riesgo: Almacenamiento de materiales.			
Riesgos detectados	Probabilidad	Consecuencias	Estimación del Riesgo
Caída de objetos desprendidos	B	D	TO
Caída de objetos por desplome	B	D	TO
Medidas preventivas			
• Almacenar únicamente en los lugares previsto para ello en el patio exterior. • Las planchas de materiales se dispondrán verticalmente, con ligera inclinación hacia el interior, sobre los soportes existentes en la empresa y dispondrán de cuñas para evitar su deslizamiento hacia delante. • Indicar el peso máximo admitido por los soportes y estantes y no sobrepasarlo en ningún caso. • Si un material empieza a caer, no sujetarlo y apartarse de su línea de caída.			

Tabla 11. Evaluación general de riesgos. Realización de trabajos en el patio exterior.

Factor de riesgo: Realización de trabajos en el patio exterior.			
Riesgos detectados	Probabilidad	Consecuencias	Estimación del Riesgo
Temperatura y humedad	M	LD	TO
Radiaciones no ionizantes	M	LD	TO
Contactos térmicos	M	LD	TO
Atropellos o golpes con vehículos	M	D	MO
Medidas preventivas			
• Contra el calor: beber agua de manera abundante; programar los trabajos más pesados durante las horas de menor insolación; utilizar protección solar de alto factor de protección; utilizar sombrero o gorra y ropa de lino o algodón de manga larga; realizar descansos a la sombra; evitar el consumo de alcohol o café. • Contra el frío: usar ropa de abrigo en varias capas; llevar una dieta rica en calorías; tomar bebidas calientes; realizar descansos en zonas cubiertas.			

- Señalizar en el suelo la zona de paso de carretilla elevadora y vehículos mediante franjas continuas de un color visible (amarillo, por ejemplo) con una anchura igual a la del vehículo incrementada en un metro.
- Los trabajadores no invadirán la zona destinada al paso de vehículos.
- La carretilla elevadora mantendrá en perfecto estado el avisador luminoso (girofaró) y el avisador acústico de marcha atrás de los que dispone.
- Los trabajadores no se situarán en ningún caso detrás de la carretilla elevadora o de los vehículos durante las tareas de descarga de materiales.

Tabla 12. Evaluación general de riesgos. Presencia de materiales inflamables (cartones, maderas, etc.), fallos en la instalación eléctrica o inadecuada manipulación de la misma, etc.

Factor de riesgo: Presencia de materiales inflamables (cartones, maderas, etc.), fallos en la instalación eléctrica o inadecuada manipulación de la misma, etc.			
Riesgos detectados	Probabilidad	Consecuencias	Estimación del Riesgo
Incendios	B	D	TO
Retrasos en la evacuación	B	D	TO
Medidas preventivas			
• Los trabajadores deben informarse de la ubicación de los medios contra el fuego de que se dispone, así como sobre su manejo y de la salida de emergencia más cercana. • Mantenga las puertas de salida de emergencia y los recorridos de evacuación libres de obstáculos. • Los aparatos eléctricos no indispensables se deben apagar y desconectar al final de la jornada. • Notificar cualquier deficiencia en las instalaciones, particularmente eléctricas. • No sobrecargar los enchufes. • No colocar materiales combustibles sobre superficies calientes y/o aparatos eléctricos. • Mantener el orden y la limpieza en las instalaciones.			

Tabla 13. Evaluación general de riesgos. Ritmo de trabajo elevado, falta de descanso, atención a clientes, monotonía, trabajos exigentes física y mentalmente, falta de comunicación y participación en la empresa, etc.

Factor de riesgo: Ritmo de trabajo elevado, falta de descanso, atención a clientes, monotonía, trabajos exigentes física y mentalmente, falta de comunicación y participación en la empresa, etc.			
Riesgos detectados	Probabilidad	Consecuencias	Estimación del Riesgo
Fatiga física	M	D	MO
Fatiga mental	M	LD	TO
Estrés	M	D	MO
Insatisfacción laboral	M	D	MO
Medidas preventivas			
• Facilitar una descripción clara del trabajo que hay que realizar. • Adaptar la carga de trabajo a las capacidades del trabajador, asegurándose de que las tareas sean compatibles con las capacidades y los recursos de los individuos. • Alternar las tareas, de forma que se reduzca la monotonía en el trabajo: atención a clientes, reparto de pedidos, trabajos de corte, de pulido, etc.). • Proporcionar el tiempo que sea necesario para realizar la tarea de forma satisfactoria, evitando prisas y plazos de entrega ajustados. • Prever pausas y descansos en las tareas, especialmente físicas o mentales. Igualmente, hay que planificar el trabajo teniendo en cuenta los imprevistos y las tareas extras, no prolongando en exceso el horario laboral. • Favorecer iniciativas de los individuos en cuanto al control y el modo de ejercer su actividad. • Explicar la función que tiene el trabajo de cada individuo en relación con toda la organización, de modo que se valore su importancia dentro del conjunto de la actividad de la empresa. • Evitar ambigüedades en cuestiones como la duración del contrato de trabajo y el desarrollo de la promoción profesional. Potenciar el aprendizaje permanente y la estabilidad de empleo. • Fomentar la participación y la comunicación en la empresa. • Mantener un comportamiento asertivo en el trato con los clientes. • Aconsejar una adecuada nutrición en relación con el consumo metabólico producido en el trabajo.			

- Es recomendable que el trabajador duerma entre 7 y 8 horas.
- Realizar ejercicios de relajación mental (técnicas de respiración, por ejemplo) y muscular (estiramiento de músculos de espalda, cuello, hombros, piernas y brazos).



5. Material y métodos.

La medición representativa de la exposición laboral a agentes químicos suele ser difícil debido a la posible variabilidad de la exposición.

Para que la medición sea representativa y antes de ser realizada, es esencial llevar a cabo una caracterización básica con el fin de recoger la información relevante sobre los factores de exposición del lugar de trabajo y la información disponible respecto a la exposición laboral. Esto incluye.

- Identificación del agente químico a muestrear: sílice.
- Información sobre la variación de la exposición a lo largo del día. En nuestro caso se considera constante ya que los trabajadores realizan a diario todas las tareas a las que se dedica la empresa.

5.1. Estrategia de muestreo.

En la práctica, resulta prácticamente imposible medir la exposición diaria de cada trabajador durante cada jornada laboral. El método a seguir por la norma UNE-EN 689:2019 (**Comité Técnico CTN 81 Seguridad y Salud en el Trabajo, 2019**), permite reducir el número de mediciones de la exposición y, por tanto, los costes de la evaluación, constituyendo los GES (Grupos de Exposición Similar), consistentes en la elección de un pequeño número de trabajadores que tienen una exposición homogénea a un mismo peligro en su ambiente laboral: realización de tareas parecidas, utilización de los mismos equipos de trabajo, expuestos a una misma fuente de contaminación ambiental y en las mismas condiciones.

La información para constituir el GES generalmente incluye:

- El tipo de trabajo en la empresa.
- El conjunto de las tareas que se realizan dentro de un puesto.
- El tipo de exposición específico de cada tarea.
- Las condiciones en que se realizan las operaciones y las medidas de gestión del riesgo.
- La duración y la localización de la exposición dentro de la jornada laboral y a lo largo del tiempo, determinado por la frecuencia y periodicidad de las tareas.
- Experiencia de la plantilla, etc.

En este caso, el GES está conformado por los dos trabajadores del taller de mármol, ya que ambos realizan las mismas tareas diariamente, en las mismas condiciones y disponiendo de la misma jornada laboral.

El objetivo del procedimiento de medición y la estrategia de muestreo es el de obtener mediciones válidas y representativas de la exposición de los trabajadores para su comparación el Valor Límite Ambiental (VLA).

Para la medida de la exposición del trabajador en su lugar de trabajo, se usará un equipo de muestreo personal sujeto a la ropa a través de una pinza en la zona más próxima a las vías respiratorias.

Los trabajadores serán informados del objetivo de la medición y de las recomendaciones de comportamiento durante el tiempo de muestreo: qué hacer cuando el muestreador parpadea en rojo para quitar las obstrucciones de la manguera de aspiración, cómo sujetar el muestreador a la ropa y el lugar de colocación en caso de caída, etc.

La duración del muestreo será lo más próxima al periodo de referencia del VLA, ya que es necesario determinar la exposición promedio para dicho periodo de referencia.

Las mediciones se realizarán en diferentes días, considerando las situaciones dentro de las cuales se pueden producir variaciones en la exposición.

Para verificar la conformidad con el VLA-ED (Exposición Diaria, 8 horas), se deben considerar tres casos:

- a) Si las exposiciones ocurren a lo largo de la jornada laboral y el evaluador considera que los factores de exposición del lugar de trabajo, incluyendo las tareas, son constantes durante la jornada laboral, la duración total del muestreo puede ser más corta que el periodo de referencia, con un mínimo de 2 horas.

Al ser la exposición constante, el valor de la exposición medido en ese tiempo en mg/m^3 será igual que el que obtendríamos si midiéramos durante las 8 horas de referencia del VLA-ED. Éste es nuestro caso, por lo que se han realizado mediciones de cuatro horas.

- b) Si el evaluador considera que los factores de exposición del lugar de trabajo, incluyendo las tareas, no son constantes durante la jornada laboral, la duración total del muestreo debe ser mayor de 2 horas y tan próxima como sea posible a la duración de la jornada (preferiblemente la duración debería ser igual a la jornada laboral, y en todo caso, no inferior al 80% de ésta).

En caso de ser necesario realizar varias mediciones, obteniendo así varias muestras (por limitaciones de los equipos, filtros, organización del trabajo, etc.), habrá que calcular la media ponderada de las muestras obtenidas mediante la siguiente fórmula (Norma UNE-EN 689:2019):

$$E_d = \frac{\sum_i^n (E_i \times T_i)}{T_n}$$

Donde:

E_d = exposición estimada para toda la jornada (será el valor que se comparará con el VLA-ED – 8 horas).

n = número de muestras que hemos obtenido en la misma jornada laboral.

E_i = valor de la exposición obtenida en la muestra i .

T_i = es la duración de la medición en la muestra i .

T_n = es el tiempo total medido durante la jornada (mayor de 2 horas, y preferiblemente no inferior al 80% de la duración total de la jornada laboral).

- c) Si la duración de la exposición dentro de la jornada laboral es inferior a 2 horas, la duración del muestreo debería cubrir el periodo completo de exposición y sería necesario ponderar esa medición para 8 horas mediante la siguiente fórmula:

$$E_d = \frac{\sum_i^n (E_i \times T_i)}{8}$$

Donde:

E_d = exposición estimada para toda la jornada (será el valor que se comparará con el VLA-ED – 8 horas).

n = número de muestras que hemos obtenido en la misma jornada laboral.

E_i = valor de la exposición obtenida en la muestra i .

T_i = es la duración de la medición en la muestra i .

5.2. Realización de la medición de la exposición.

El evaluador ha controlado la operación de muestreo permaneciendo en el lugar de trabajo y ha teniendo en cuenta la siguiente información:

- Identificación del Grupo de Exposición Similar (GES): los dos trabajadores del taller.
- Descripción del lugar de trabajo: véase en el apartado 4.
- Tareas realizadas: véase en la tabla 3.
- Equipos de trabajo utilizados: véase en el apartado 5.4.
- Horas de trabajo diarias y la duración de la exposición al polvo de sílice: 8 horas diarias, 40 horas semanales.
- Medidas de gestión del riesgo ya existentes.
- Identificación de las muestras y del equipo de muestreo (filtro), caudal de muestreo, volumen muestreado, hora de inicio y fin del muestreo.

El método de toma de muestras seguido es el INS-IT10 (**Fernández y Díaz, 2018**).

En la bomba de muestreo, se ha calibrado el caudal requerido empleando un caudalímetro, que habrá de mantenerse constante dentro de un intervalo de $\pm 5\%$ del caudal fijado durante su calibración. El caudal establecido por **APA (Editorial Nacional especializada en Prevención de Riesgos Laborales)**, así como admitido por el laboratorio cuando se utiliza un ciclón Casella, es de 2,2 litros/minuto. Para calibrarlo, es necesario conectar la bomba con el ciclón y, a través de un tubo flexible, éste con el caudalímetro. En la bomba se indica el caudal deseado como se indica en la siguiente imagen:

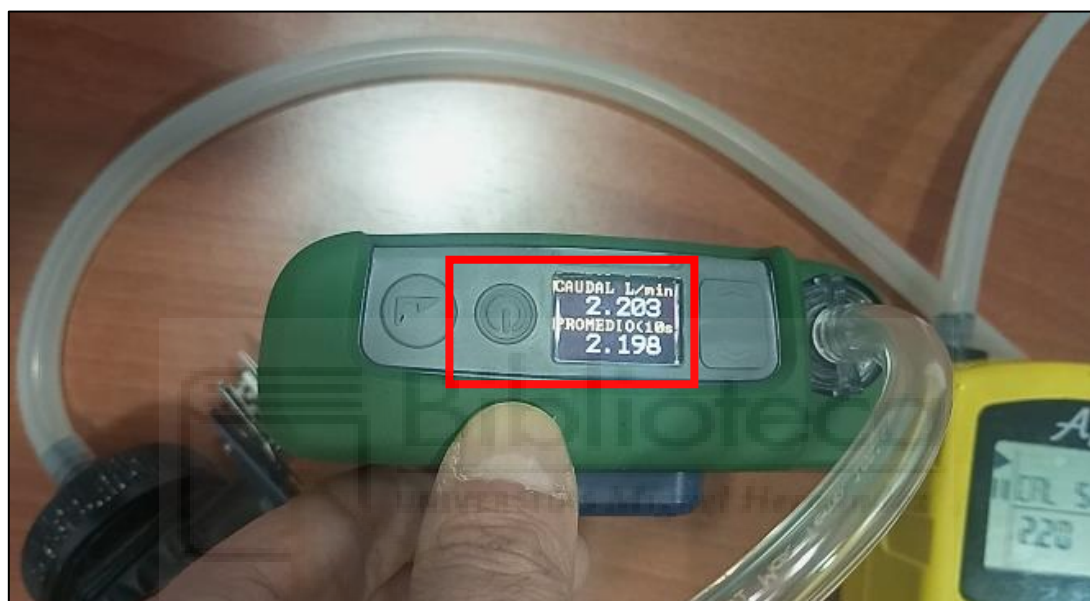
Figura 16. Calibración del caudal de medición, establecido en 2,2 litros/minuto. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



El caudalímetro nos dará el valor real del aire que se está aspirando, que en una primera lectura siempre suele estar ligeramente desajustado. Utilizando los botones de la bomba de muestreo de $\wedge$ (subir caudal) y $\vee$ (bajar caudal), se va leyendo en el caudalímetro el valor real del caudal de aire aspirado, hasta que en éste se muestre el requerido de 2,2 litros/minuto, como se muestra en la figura 17.

De esta forma, la bomba de muestreo Casella Apex IS ya se consideraría calibrada.

Figura 17. Lectura en el caudalímetro del caudal real de aire aspirado de 2,2 litros/minuto. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



También se dispondrá de un filtro del mismo lote que el utilizado para el muestreo y que se denominará “blanco” con el fin de observar las diferencias entre ambos filtros.

Para la realización de la medición de la exposición al polvo de sílice, el ciclón con el filtro de retención se ha colocado en la zona de respiración de los trabajadores, sujeto a la solapa del cuello de la prenda, y la bomba de muestreo se ha colocado sujeta al cinturón del pantalón, disponiendo el tubo flexible por la espalda del mismo para evitar su estrangulamiento.

Los trabajadores han sido informados sobre las formas de reconocer errores o estrangulamientos en la bomba de muestreo. Éstos se identifican porque la luz verde de funcionamiento normal de la misma cambia a roja. En tal caso, en primer lugar, el trabajador comprobará si el tubo de aspiración se encuentra estrangulado, procediendo a observarlo visualmente y a deshacer el nudo. Si una comprobado se observa que la luz continúa roja y

no hay síntomas de flexión de la manguera, el técnico de prevención detendrá la medición y comprobará detenidamente cuáles son las causas que provocan el fallo.

Figura 18. Trabajador con la bomba de muestreo. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



La muestra se ha recogido haciendo pasar un volumen conocido de aire a través de un filtro de retención incorporado en la bomba de muestreo.

Figura 19. Filtro de membrana de P.V.C. prepesado de 37 mm de diámetro y 0,5 μ m de poro. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



Previamente al comienzo de la medición, se han retirado las protecciones del muestreador (tapón) y se ha conectado a la bomba mediante un tubo flexible, vigilando en todo momento por parte del evaluador que no existen fugas ni estrangulamientos.

La cantidad de materia particulada depositada en el elemento de retención, expresada en miligramos (mg), se obtendrá como diferencia de la pesada del elemento de retención anterior y posterior al muestreo. A partir de dicha cantidad, y teniendo en cuenta el volumen de aire muestreado, se obtiene la concentración de materia particulada de sílice en aire, expresada en miligramos por metro cúbico (mg/m³).

Una vez colocado el muestreador, se ha puesto en funcionamiento la bomba y se ha anotado la hora de inicio y fin de la toma de muestras. Se ha medido durante cuatro horas.

Finalmente, se ha apagado la bomba de muestreo, se ha retirado el filtro y se ha cerrado con el tapón para evitar pérdidas u otras contaminaciones durante su envío al laboratorio. Después se ha anotado la referencia de la muestra y los datos relativos al muestreo, como el caudal de muestreo, volumen muestreado y la hora de inicio y fin del muestreo.

De especial interés ha resultado anotar el caudal de la bomba tras el muestreo, que deberá haberse mantenido, como se ha dicho anteriormente, en el margen de $\pm 5\%$ del valor ajustado inicialmente. Si esta diferencia es mayor, la toma de muestras no se consideraría válida.

5.3. Envío de muestras al laboratorio.

El envío de las muestras y del filtro blanco al Laboratorio del Departamento Técnico del Instituto Nacional de Silicosis (INS), ubicado en Oviedo, se ha efectuado en un sobre cerrado y acolchado para evitar posibles daños o pérdidas durante el transporte.

Cada muestra ha sido identificada mediante una serie de caracteres alfanuméricos, conocidos como número de referencia, utilizando una etiqueta para asegurar la plena trazabilidad de la misma.

Con cada muestra se ha acompañado un Boletín o Solicitud de Análisis en el que han ido referenciadas cada una de ellas y la solicitud de análisis.

El Laboratorio del Departamento Técnico del INS, una vez realice los análisis, consignará los resultados obtenidos, así como sus referencias administrativas.

5.4. Aparatos, materiales y software.

En este apartado se describirán los aparatos y materiales utilizados durante la toma de muestras:

5.4.1. Bomba de muestreo.

Se ha utilizado la bomba Casella Apex.

La bomba fue verificada con fecha 18-01-2025, tal y como se puede observar en el anexo 1 de este TFM.

Figura 20. Bomba Casella Apex. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



5.4.2. Medidor de caudal / caudalímetro.

Se ha empleado el medidor de caudal o caudalímetro Casella N/S 1842385.

El medidor de caudal fue verificado con fecha 13-09-2024, tal y como se puede observar en el anexo 2.

Figura 21. Caudalímetro Casella N/S 1842385. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



5.4.3. Elemento de retención (filtro).

El elemento de retención que se ha utilizado ha sido un filtro de membrana de P.V.C. prepesado de 37 mm de diámetro y 5 μm de tamaño de poro.

Figura 22. Filtro de membrana de P.V.C. prepesado de 37 mm de diámetro y 0,5 μm de poro. Retirada del tapón de protección. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



5.4.4. Ciclón.

Se ha utilizado un ciclón de plástico para la toma de muestras de la fracción respirable del polvo de sílice en cuyo interior se inserta el filtro de membrana de P.V.C. prepesado.

Figura 23. Ciclón de plástico. Fotografía tomada por Christian Sánchez García.



5.4.5. Calculador del INSST.

Para el cálculo de resultados, se ha empleado el calculador online del INSST a la que se accede a través de su página web www.insst.es.

Siguiendo los criterios y requisitos establecidos en la Norma UNE-EN 689:2019, este calculador posibilita evaluar la exposición de los trabajadores debida a la inhalación de agentes químicos a partir de mediciones representativas de la concentración de los mismos en el lugar de trabajo (**INSST, 2020**).

Figura 24. Calculador del INSST de exposición a agentes químicos. Comparación ED con VLA-ED. (www.insst.es).

The screenshot shows the 'CALCULADORA' interface for 'Exposición a agentes químicos. Comparación ED con VLA-ED'. It includes input fields for 'Entrada de datos', a dropdown for 'Jornada 1', and buttons for 'Atrás', 'Calcular sin guardar', and 'Guardar y calcular'. Below, there's a section for 'Jornada 1' with a table for 'Cuarzo (VLA-ED Tiempo de exposición 480 min)'. The table has columns for 'Muestra/s', 'Tiempo de muestreo', and 'Concentración'. An example entry shows 'Muestra 1' with a time of '242 min' and a concentration of '0,010 mg/m³'. A 'Tiempo total de muestreo: 242 min' is displayed. There is also an 'Añadir muestra' button.

5.5. Metodología.

Los resultados deberán estudiarse para comprobar si se ajustan mejor a una distribución normal o log-normal.

La obtención de la media de la concentración ambiental de una jornada sólo nos da información sobre si se supera o no el VLA-ED en ese día. La predicción de lo que va a pasar en los siguientes días requiere muestrear en esas jornadas. Por tanto, como el valor de la concentración ambiental puede variar de día en día, será necesario llevar a cabo mediciones en diferentes jornadas laborales, considerando la evolución de la exposición durante la jornada laboral constante, ya que los trabajadores realizan diariamente las mismas tareas.

Concretamente en la norma UNE-EN 689:2019 (**Comité Técnico CTN 81 Seguridad y Salud en el Trabajo, 2019**), se establece la realización de tres a cinco mediciones del polvo de sílice, de modo que:

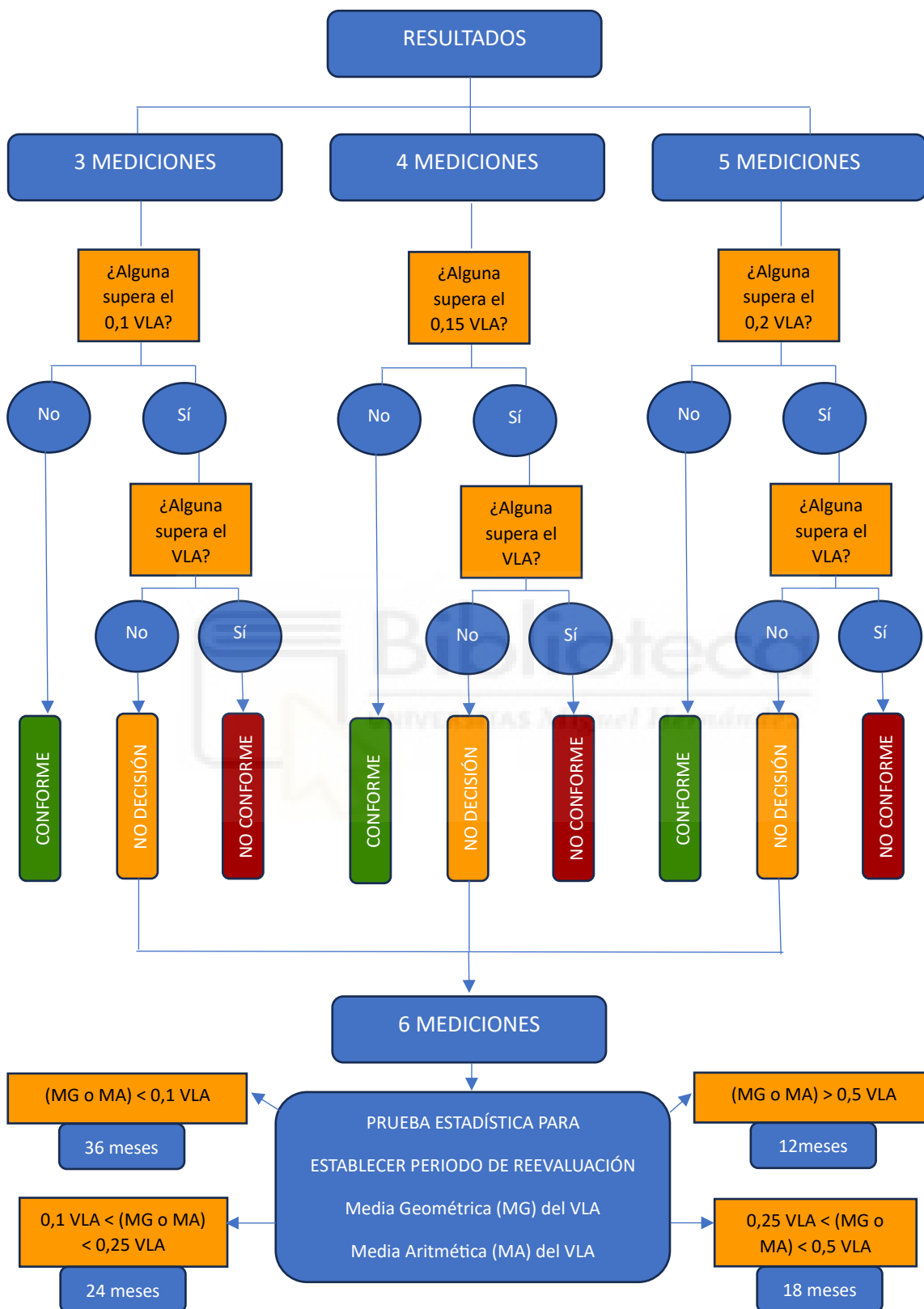
- Si todos los resultados están por debajo de:
 - a) 0,1 VLA para un conjunto de tres mediciones de la exposición, o
 - b) 0,15 VLA para un conjunto de cuatro mediciones de la exposición, o
 - c) 0,2 VLA para un conjunto de cinco mediciones de la exposición,entonces se considera que el VLA no se supera y se obtendría el resultado de CONFORMIDAD.
- Si uno de los resultados es mayor que el VLA, se considera que el VLA se supera, y por tanto el resultado será de NO CONFORMIDAD.
- Si todos los resultados están por debajo del VLA y uno de los resultados está por encima de:
 - a) 0,1 VLA, en un conjunto de tres resultados, o
 - b) 0,15 VLA en un conjunto de cuatro resultados, o
 - c) 0,2 VLA en un conjunto de cinco resultados,no es posible concluir sobre la conformidad con el VLA: NO DECISIÓN.

En esta última situación, deben llevarse a cabo mediciones adicionales de la exposición, requiriéndose al menos un total de seis, con el fin de aplicar la prueba basándose en el cálculo del intervalo de confianza de la probabilidad de sobrepasar el VLA, es decir, llevando a cabo una prueba estadística.

Todo ello se resume en la figura 25.

En nuestro caso, hemos comenzado haciendo tres mediciones iniciales los días 17-02-2025, 24-02-2025 y 03-03-2025.

Figura 25. Prueba de conformidad con el VLA-ED (Norma UNE-EN 689:2019).



Si los resultados que se obtuvieran fueran de conformidad, la evaluación de la exposición laboral a polvo de sílice deberá ser actualizada inmediatamente en el caso de cambios significativos en los factores determinantes de la exposición (nuevos procedimientos de trabajo, nuevas operaciones realizadas en el taller, etc.).

En todo caso, para mantenerla actualizada y asegurar que la exposición de los trabajadores continúa siendo conforme con el VLA para el polvo de sílice, se recomienda un intervalo de un año para la reevaluación. No obstante, la norma UNE-EN 689:2019, propone intervalos de tiempo para la realización de las nuevas mediciones:

- Si las condiciones no han cambiado, deberían realizarse, al menos, hasta un total de seis mediciones incluyendo las pruebas preliminares originales.
- Una vez realizadas las seis mediciones, pueden utilizarse la media geométrica (MG) o la media aritmética (MA) de las mediciones para decidir el intervalo de tiempo para la reevaluación, tal y como se indica a continuación en la siguiente tabla y en el esquema de la figura 25 (**Comité Técnico CTN 81 Seguridad y Salud en el Trabajo, 2019**):

Tabla 14. Media geométrica o media aritmética de las mediciones y periodicidad de la realización de nuevas mediciones.

Valor de MG o MA	Periodicidad de la medición
$(MG \text{ o } MA) < 0,1 \text{ VLA}$	36 meses
$0,1 \text{ VLA} < (MG \text{ o } MA) < 0,25 \text{ VLA}$	24 meses
$0,25 \text{ VLA} < (MG \text{ o } MA) < 0,5 \text{ VLA}$	18 meses
$0,5 \text{ VLA} < (MG \text{ o } MA)$	12 meses

6. Resultados y discusión.

6.1. Según la Norma UNE-EN 689:2019.

Tabla 15. Resultados de la primera medición realizada el 17-02-2025 y conformidad de los resultados según la Norma UNE-EN 689:2019.

MEDICIÓN Nº 1						
Puesto de trabajo	Operario de taller de mármol					
Día	17-02-2025	Hora inicio:	08:30			
		Hora fin:	12:32			
Aparato de medición	Bomba APEX 0175837	S/Referencia	969AAZ			
Filtro	Filtro de membranas de P.V.C. de 37 mm de diámetro y 5µm de tamaño de poro					
Caudal	2,2 l/minuto					
Tiempo de medición	242 minutos					
Volumen muestreado	0,532 m³					
Comparación de los resultados obtenidos con el VLA-ED						
Agente químico	Volumen muestreado (m³)	Resultado (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)			
Sílice cuarzo	0,532	0,010	0,05			
Sílice cristobalita	0,532	0,015	0,05			
Partículas	0,532	0,235	3			
Conformidad de los resultados con la Norma UNE-EN 689:2019						
Agente químico	ED (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)	0,1 VLA-ED	Resultado <0,1 VLA-ED	Resultado <VLA-ED	Conformidad
Sílice cuarzo	0,010	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN
Sílice cristobalita	0,015	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN
Partículas	0,235	3	0,3	SÍ	SÍ	CONFORME

Los resultados de la primera medición muestran “no decisión” de acuerdo con la Norma UNE-EN 689:2019, ya que los valores para el cuarzo y la cristobalita superan la décima parte del VLA-ED, mientras que serían conformes para el total de partículas.

Tabla 16. Resultados de la segunda medición realizada el 24-02-2025 y conformidad de los resultados según la Norma UNE-EN 689:2019.

MEDICIÓN Nº 2						
Puesto de trabajo	Operario de taller de mármol					
Día	24-02-2025	Hora inicio:	09:45			
		Hora fin:	13:50			
Aparato de medición	Bomba APEX 0175837	S/Referencia	965AAZ			
Filtro	Filtro de membranas de P.V.C. de 37 mm de diámetro y 5µm de tamaño de poro					
Caudal	2,2 l/minuto					
Tiempo de medición	245 minutos					
Volumen muestreado	0,539 m³					
Comparación de los resultados obtenidos con el VLA-ED						
Agente químico	Volumen muestreado (m³)	Resultado (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)			
Sílice cuarzo	0,539	0,027	0,05			
Sílice cristobalita	0,539	0,013	0,05			
Partículas	0,539	0,267	3			
Conformidad de los resultados con la Norma UNE-EN 689:2019						
Agente químico	ED (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)	0,1 VLA-ED	Resultado <0,1 VLA-ED	Resultado <VLA-ED	Conformidad
Sílice cuarzo	0,027	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN
Sílice cristobalita	0,013	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN

Partículas	0,267	3	0,3	SÍ	SÍ	CONFORME
------------	-------	---	-----	----	----	----------

Los resultados de la segunda medición muestran “no decisión” de acuerdo con la Norma UNE-EN 689:2019, ya que los valores para el cuarzo y la cristobalita superan la décima parte del VLA-ED, mientras que serían conformes para el total de partículas.

Tabla 17. Resultados de la tercera medición realizada el 03-03-2025 y conformidad de los resultados según la Norma UNE-EN 689:2019.

MEDICIÓN Nº 3						
Puesto de trabajo	Operario de taller de mármol					
Día	03-03-2025	Hora inicio:	15:45			
		Hora fin:	19:57			
Aparato de medición	Bomba APEX 0175837	S/Referencia	963AAZ			
Filtro	Filtro de membranas de P.V.C. de 37 mm de diámetro y 5µm de tamaño de poro					
Caudal	2,2 l/minuto					
Tiempo de medición	252 minutos					
Volumen muestreado	0,554 m³					
Comparación de los resultados obtenidos con el VLA-ED						
Agente químico	Volumen muestreado (m³)	Resultado (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)			
Sílice cuarzo	0,554	0,014	0,05			
Sílice cristobalita	0,554	0,014	0,05			
Partículas	0,554	0,273	3			
Conformidad de los resultados con la Norma UNE-EN 689:2019						
Agente químico	ED (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)	0,1 VLA-ED	Resultado <0,1 VLA-ED	Resultado <VLA-ED	Conformidad
Sílice cuarzo	0,014	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN

Sílice cristobalita	0,014	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN
Partículas	0,273	3	0,3	SÍ	SÍ	CONFORME

Los resultados de la tercera medición muestran “no decisión” de acuerdo con la Norma UNE-EN 689:2019, ya que los valores para el cuarzo y la cristobalita superan la décima parte del VLA-ED, mientras que serían conformes para el total de partículas.

Por lo tanto, considerando las tres mediciones y teniendo en cuenta el diagrama de la figura 25, como en ninguna de las tres mediciones se supera el VLA-ED, pero en todas ellas sí se supera el 0,1 VLA-ED para el cuarzo y la cristobalita, se tienen que realizar un total de seis mediciones para, posteriormente, realizar una prueba estadística con el calculador del INSST, establecer el periodo de reevaluación y tomar las medidas preventivas oportunas.

Las siguientes tres mediciones se realizaron los días 13, 17 y 21 de marzo de 2025 y se obtuvieron los siguientes resultados:



Tabla 18. Resultados de la cuarta medición realizada el 13-03-2025 y conformidad de los resultados según la Norma UNE-EN 689:2019.

MEDICIÓN Nº 4						
Puesto de trabajo	Operario de taller de mármol					
Día	13-03-2025	Hora inicio:	09:04			
		Hora fin:	13:08			
Aparato de medición	Bomba APEX 0175837	S/Referencia	961AAZ			
Filtro	Filtro de membranas de P.V.C. de 37 mm de diámetro y 5µm de tamaño de poro					
Caudal	2,2 l/minuto					
Tiempo de medición	244 minutos					
Volumen muestreado	0,537 m³					
Comparación de los resultados obtenidos con el VLA-ED						
Agente químico	Volumen muestreado (m³)	Resultado (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)			
Sílice cuarzo	0,537	0,005	0,05			
Sílice cristobalita	0,537	0,006	0,05			
Partículas	0,537	0,196	3			
Conformidad de los resultados con la Norma UNE-EN 689:2019						
Agente químico	ED (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)	0,1 VLA-ED	Resultado <0,1 VLA-ED	Resultado <VLA-ED	Conformidad
Sílice cuarzo	0,005	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN
Sílice cristobalita	0,006	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN
Partículas	0,196	3	0,3	SÍ	SÍ	CONFORME

Los resultados de la cuarta medición muestran “no decisión” de acuerdo con la Norma UNE-EN 689:2019, ya que los valores para el cuarzo y la cristobalita superan la décima parte del VLA-ED, mientras que serían conformes para el total de partículas.

Tabla 19. Resultados de la quinta medición realizada el 17-03-2025 y conformidad de los resultados según la Norma UNE-EN 689:2019.

MEDICIÓN Nº 5						
Puesto de trabajo	Operario de taller de mármol					
Día	17-03-2025	Hora inicio:	10:05			
		Hora fin:	14:05			
Aparato de medición	Bomba APEX 0175837	S/Referencia	966AAZ			
Filtro	Filtro de membranas de P.V.C. de 37 mm de diámetro y 5µm de tamaño de poro					
Caudal	2,2 l/minuto					
Tiempo de medición	240 minutos					
Volumen muestreado	0,528 m³					
Comparación de los resultados obtenidos con el VLA-ED						
Agente químico	Volumen muestreado (m³)	Resultado (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)			
Sílice cuarzo	0,528	0,010	0,05			
Sílice cristobalita	0,528	0,011	0,05			
Partículas	0,528	0,209	3			
Conformidad de los resultados con la Norma UNE-EN 689:2019						
Agente químico	ED (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)	0,1 VLA-ED	Resultado <0,1 VLA-ED	Resultado <VLA-ED	Conformidad
Sílice cuarzo	0,010	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN
Sílice cristobalita	0,011	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN
Partículas	0,209	3	0,3	SÍ	SÍ	CONFORME

Los resultados de la quinta medición muestran “no decisión” de acuerdo con la Norma UNE-EN 689:2019, ya que los valores para el cuarzo y la cristobalita superan la décima parte del VLA-ED, mientras que serían conformes para el total de partículas.

Tabla 20. Resultados de la sexta medición realizada el 21-03-2025 y conformidad de los resultados según la Norma UNE-EN 689:2019.

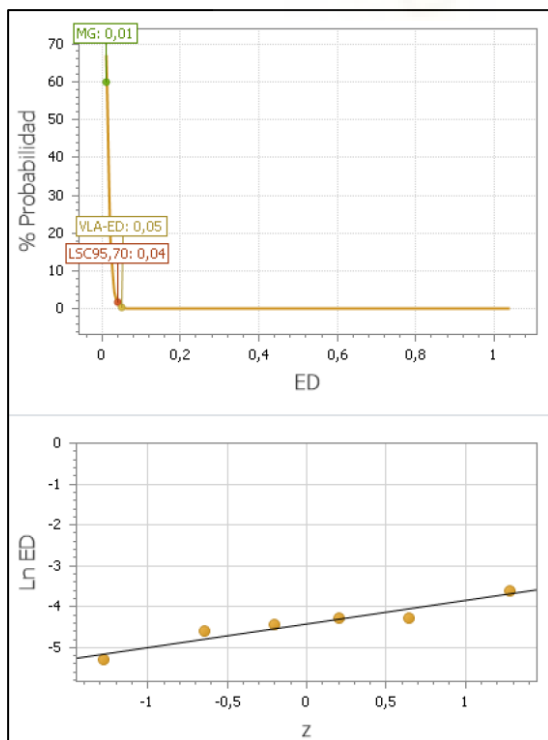
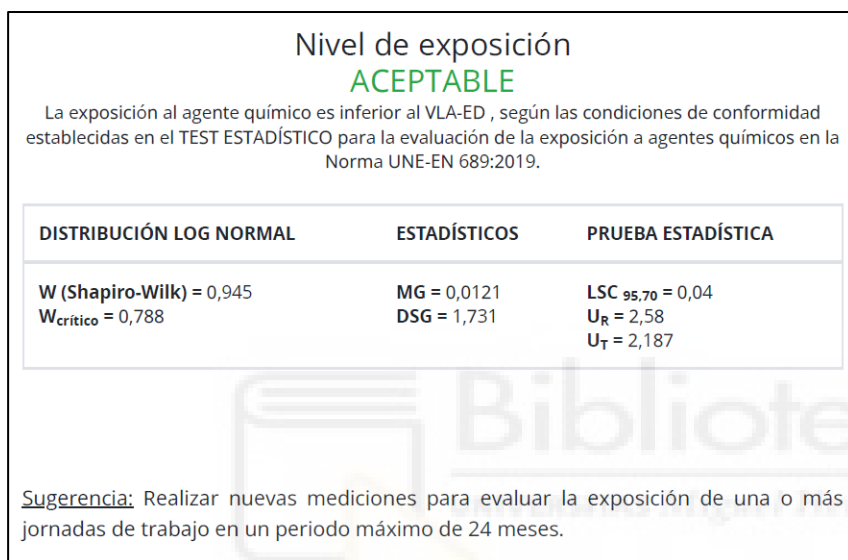
MEDICIÓN Nº 6						
Puesto de trabajo	Operario de taller de mármol					
Día	21-03-2025	Hora inicio:	16:05			
		Hora fin:	20:10			
Aparato de medición	Bomba APEX 0175837	S/Referencia	959AAZ			
Filtro	Filtro de membranas de P.V.C. de 37 mm de diámetro y 5µm de tamaño de poro					
Caudal	2,2 l/minuto					
Tiempo de medición	245 minutos					
Volumen muestreado	0,539 m³					
Comparación de los resultados obtenidos con el VLA-ED						
Agente químico	Volumen muestreado (m³)	Resultado (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)			
Sílice cuarzo	0,539	0,014	0,05			
Sílice cristobalita	0,539	0,011	0,05			
Partículas	0,539	0,209	3			
Conformidad de los resultados con la Norma UNE-EN 689:2019						
Agente químico	ED (mg/m³)	VLA-ED (mg/m³)	0,1 VLA-ED	Resultado <0,1 VLA-ED	Resultado <VLA-ED	Conformidad
Sílice cuarzo	0,014	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN
Sílice cristobalita	0,011	0,05	0,005	NO	SÍ	NO DECISIÓN
Partículas	0,209	3	0,3	SÍ	SÍ	CONFORME

Los datos de la sexta medición muestran “no decisión” de acuerdo con la Norma UNE-EN 689:2019, ya que los valores para el cuarzo y la cristobalita superan la décima parte del VLA-ED, mientras que serían conformes para el total de partículas de polvo de sílice.

Los resultados de todas las mediciones para cuarzo, cristobalita y el total de polvo de sílice cristalina respirable (SCR) se han introducido en el calculador del INSST, y ésta nos indica que la exposición a estos agentes químicos es inferior al VLA-ED, según las condiciones de conformidad establecidas en el test estadístico para la evaluación de la exposición a agentes químicos en la Norma UNE-EN 689:2019, por lo que el nivel de exposición resulta aceptable.

Figura 26. Resultados del test estadístico para la evaluación de la exposición a cuarzo según la Norma UNE-EN 689:2019 (Calculador para la Evaluación de la Exposición a Agentes Químicos del INSST).

CUARZO.

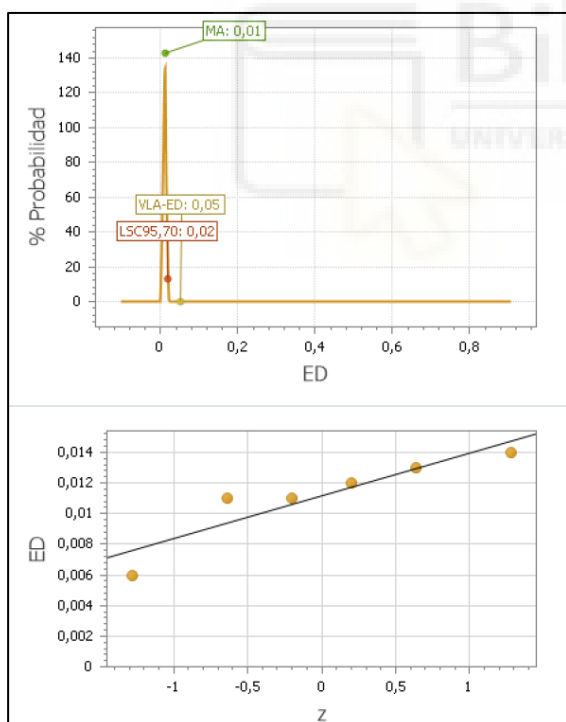
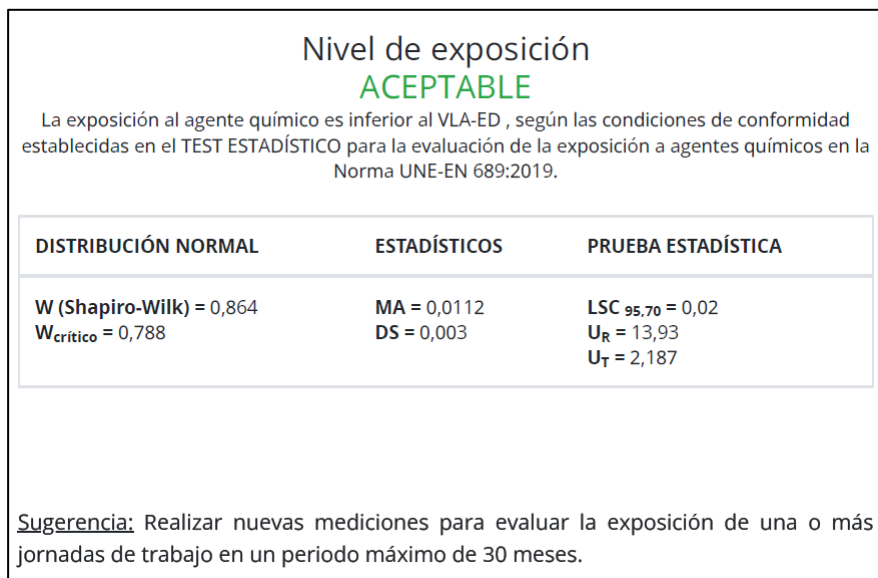


$$\text{Ln ED} = -4,41261 + 0,57585z$$

$$R^2 = 0,92062$$

Figura 27. Resultados del test estadístico para la evaluación de la exposición a cristobalita según la Norma UNE-EN 689:2019 (Calculador para la Evaluación de la Exposición a Agentes Químicos del INSST).

CRISTOBALITA.



$$ED = 0,01117 + 0,00279z$$

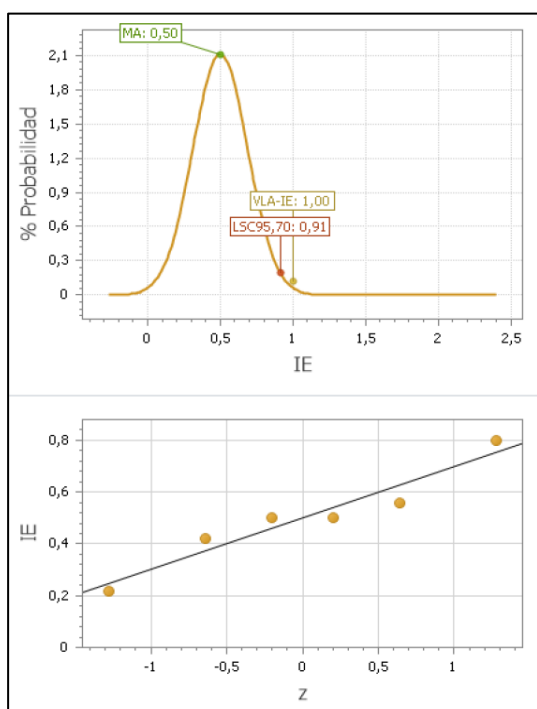
$$R^2 = 0,84701$$

Tanto para el cuarzo como para la cristobalita, considerando efectos independientes, el nivel de exposición resulta aceptable, estableciéndose un periodo para la reevaluación de 24 meses en el primer caso y de 30 meses en el segundo, pese a que ambas dan un resultado en cuanto a MA y MG, respectivamente, muy ligeramente inferior al 0,25 VLA. Esto se debe a

que en el caso del cuarzo existe una mayor desviación estándar geométrica que en el caso de la cristobalita y su desviación estándar, lo que quiere decir que los datos son más variables entre mediciones diferentes.

Sin embargo, cabe suponer que los efectos de cuarzo y cristobalita serán aditivos, por lo que se introdujeron los datos de las seis mediciones para ambos contaminantes en el calculador, dando un nivel de exposición aceptable y estableciéndose un periodo para la reevaluación máximo de 24 meses.

Figura 28. Resultados del test estadístico para la evaluación de la exposición a cuarzo y cristobalita, considerando efectos aditivos, según la Norma UNE-EN 689:2019 (Calculador para la Evaluación de la Exposición a Agentes Químicos del INSST).

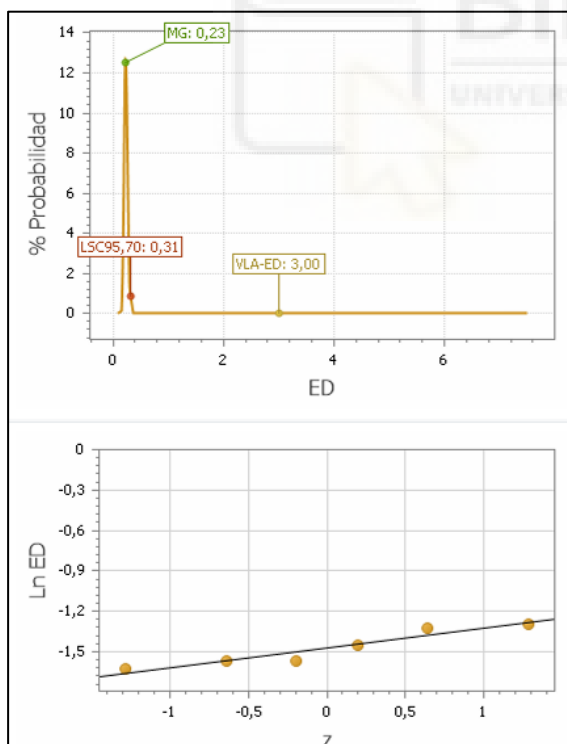
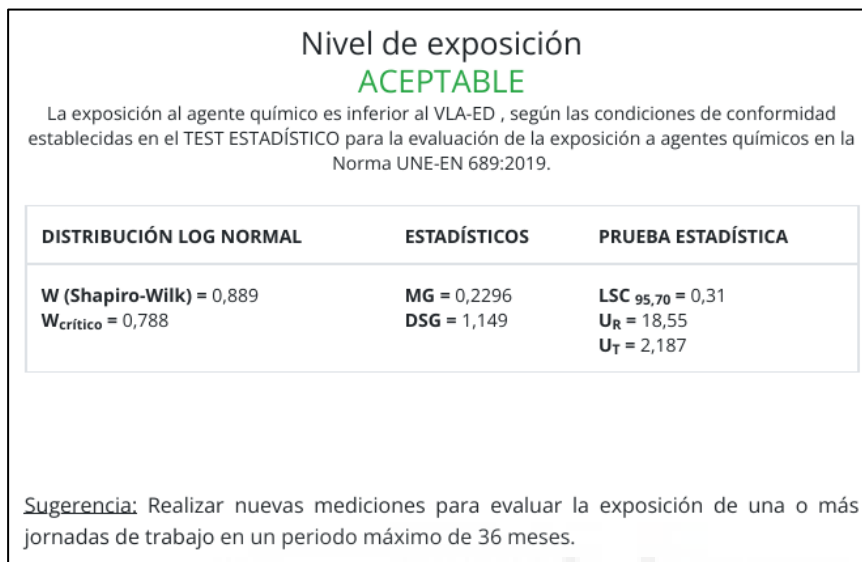


$$IE = 0,5 + 0,18889z$$

$$R^2 = 0,92916$$

Figura 29. Resultados del test estadístico para la evaluación de la exposición al total de partículas según la Norma UNE-EN 689:2019 (Calculador para la Evaluación de la Exposición a Agentes Químicos del INSST).

PARTÍCULAS (FRACCIÓN RESPIRABLE).



$$\text{Ln ED} = -1,47124 + 0,14472z$$

$$R^2 = 0,91103$$

En el caso de las partículas (fracción respirable), como la media geométrica (0,23) es inferior al 0,1 VLA (0,3), se concluye que se deberá realizar una nueva medición antes de transcurridos 36 meses desde la última medición (21-03-2025).

Al establecer la Norma UNE-EN 689:2019 periodos máximos para la realización de nuevas mediciones, será el técnico de prevención el encargado de decidir dicho plazo. En este caso, y considerando el caso más desfavorable, se aconsejaría realizar las nuevas mediciones en un plazo máximo de 24 meses.

6.2. Según el cálculo de la Dosis Máxima Permisible (DMP).

Otra forma de saber si existe riesgo higiénico es a través de la fórmula de la Dosis Máxima Permisible (DMP), que se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$DMP = \frac{C_i}{VLA - ED} \times \frac{t}{8} \times 100 = K$$

En función del valor K, sabremos si existe riesgo higiénico:

- Si $K < 100$, existe riesgo higiénico.
- Si $50 < K < 100$, el riesgo higiénico es dudoso.
- Si $K < 50$, no existe riesgo higiénico.

Teniendo en cuenta la fórmula anterior y los resultados obtenidos en el laboratorio, en la siguiente tabla se muestra la existencia o no de riesgo higiénico para los trabajadores considerando efectos independientes de cada componente del polvo de sílice.

Tabla 21. Cálculo del riesgo higiénico en función del valor K (DMP) considerando contaminantes con efectos independientes.

Nº Medición	Componente	VLA-ED (mg/m³)	Ci (mg/m³)	t (h)	K	¿Riesgo higiénico?
1	α-Cuarzo	0,05	0,010	4,03	10,08	NO
	Cristobalita	0,05	0,015	4,03	15,11	NO
	Partículas	3	0,235	4,03	3,94	NO
2	α-Cuarzo	0,05	0,027	4,08	27,54	NO
	Cristobalita	0,05	0,013	4,08	13,26	NO
	Partículas	3	0,267	4,08	4,53	NO
3	α-Cuarzo	0,05	0,014	4,20	14,70	NO
	Cristobalita	0,05	0,014	4,20	14,70	NO
	Partículas	3	0,273	4,20	4,78	NO
4	α-Cuarzo	0,05	0,005	4,07	5,08	NO
	Cristobalita	0,05	0,006	4,07	6,10	NO
	Partículas	3	0,196	4,07	3,32	NO
5	α-Cuarzo	0,05	0,010	4,00	10,00	NO

6	Cristobalita	0,05	0,011	4,00	11,00	NO
	Partículas	3	0,209	4,00	3,48	NO
	α-Cuarzo	0,05	0,014	4,08	14,28	NO
	Cristobalita	0,05	0,011	4,08	11,00	NO
	Partículas	3	0,209	4,08	3,48	NO

De los resultados se deduce que no existe riesgo higiénico debido a que el valor de K es inferior a 50 en todos los casos considerando sus efectos como independientes.

Sin embargo, ya que disponemos de resultados de laboratorio para las formas más abundantes de la sílice como son el cuarzo y la cristobalita, como son el cuarzo, esperando que sus efectos sean aditivos, se ha calculado el riesgo higiénico de la siguiente forma

$$\frac{E_1}{VLA_1} + \frac{E_2}{VLA_2} + \frac{E_3}{VLA_3} + \dots + \frac{E_n}{VLA_n} = K$$

En función del valor K, sabremos si existe riesgo higiénico:

- Si $K > 1$, existe riesgo higiénico.
- Si $0,5 < K < 1$, el riesgo higiénico es dudoso.
- Si $K < 0,5$, no existe riesgo higiénico.

En la siguiente tabla se muestran los resultados considerando los efectos aditivos de los dos contaminantes analizados en el laboratorio E2 la Exposición Diaria para el cuarzo y E3 la Exposición Diaria para la cristobalita:

Tabla 22. Cálculo del riesgo higiénico en función del valor K (DMP) considerando los efectos aditivos de las formas más comunes de la sílice: cuarzo y cristobalita.

Nº Medición	E ₁ (mg/m ³)	VLA-ED ₁ (mg/m ³)	E ₂ (mg/m ³)	VLA-ED ₂ (mg/m ³)	K	¿Riesgo higiénico?
1	0,010	0,05	0,015	0,05	0,50	DUDOSO
2	0,027	0,05	0,013	0,05	0,80	DUDOSO
3	0,014	0,05	0,014	0,05	0,56	NO
4	0,005	0,05	0,006	0,05	0,22	NO
5	0,010	0,05	0,011	0,05	0,42	NO
6	0,014	0,05	0,011	0,05	0,50	DUDOSO

Al considerar los efectos aditivos de cuarzo y cristobalita, en la mitad de las mediciones nos da un resultado de no existencia de riesgo higiénico, mientras que otras tres nos indicarían

que el riesgo es dudoso (**Cortés-Díaz, J., 2018**). Estos resultados pueden ser coherentes con los analizados empíricamente en laboratorio, en los que tras tres mediciones se obtuvo un resultado de “no decisión” para cuarzo y cristobalita, pero en los que al final se deduce que el nivel de exposición resulta aceptable tras aplicar el test estadístico del calculador del INSST.



7. Planificación preventiva.

Aunque los resultados de la evaluación a exposición a polvo de sílice cristalina respirable se consideran aceptables tras la aplicación del test estadístico facilitado por el INSST, al tratarse de un agente cancerígeno y causante de silicosis, se impone la necesidad de implantar y continuar con una serie de medidas preventivas para poder mantener ese nivel de riesgo o reducirlo todavía más, además de la necesidad de realizar reevaluaciones periódicas para comprobar que los niveles de polvo de sílice se mantienen en esos niveles.

En la tabla 23 se muestra un programa de acción con las medidas preventivas propuestas a la empresa, los plazos para implementarlas, el responsable de implementarlas, así como su coste económico. En la planificación, el empresario deberá cumplimentar con su firma y sello de la empresa la “fecha de ejecución” de dicha medida preventiva, cumpliendo de esta forma con su obligación legal de llevar a cabo el seguimiento de la actividad preventiva, según lo establecido en el artículo 16 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.



Tabla 23. Evaluación de riesgos y planificación preventiva respecto a la exposición a polvo de sílice cristalina respirable (SCR).

EVALUACIÓN DE RIESGOS Y PLANIFICACIÓN PREVENTIVA						
Factor de riesgo: Exposición a polvo de sílice cristalina respirable (SCR).						
Deficiencias observadas	Nivel de riesgo	Medidas preventivas	Plazo	Responsable	Coste económico	Fecha de ejecución
Ausencia de sistema de extracción localizada en la nave de la cortadora de puente y en las máquinas portátiles.	MO	Instalación de un sistema fijo de extracción localizada en la zona en la que se encuentra la cortadora de puente.	3 meses	Empresario	15000 €	
	MO	Adquisición de sistemas de aspiración localizada móviles para el uso de equipos de trabajo portátiles como la pulidora y la amoladora. Éstos dispondrán de filtros de alta eficacia frente a partículas (HEPA). No se deberán utilizar aspiradoras comunes.	3 meses	Empresario	1200 €	
Realización de determinados trabajos sin ventilación natural.	TO	Hasta la instalación de los sistemas de extracción localizada, los trabajos de pulido, canteado, corte manual, etc., con equipos de trabajo portátiles, se realizarán en el patio exterior, evitando realizarlos en el interior de la nave en la que se encuentra la cortadora de puente.	Permanente	Trabajadores	Costes indirectos	
	TO	La nave en la que se encuentra la cortadora de puente permanecerá con el portón y las	Permanente	Trabajadores	Costes indirectos	

		ventanas abiertas a fin de favorecer la ventilación general, siempre que se realice en condicione que no pongan en riesgo a la salud pública y al medio ambiente.				
No existe señalización adecuada en las zonas de riesgo de exposición a polvo de sílice cristalina respirable.	MO	Se delimitarán las zonas de riesgo de exposición a polvo de sílice (nave interior y zona exterior de canteado de piezas), mediante señales tipo panel con forma triangular, fondo amarillo, y contorno y pictograma negro, según R.D. 485/1997. 	1 semana	Empresario	20 €	
	MO	Se prohibirá fumar, así como el acceso a personas no autorizadas a las zonas de exposición a polvo de sílice (nave interior y zona exterior de canteado de piezas) mediante señales tipo panel con forma circular, fondo blanco, contorno y diagonal rojas y pictograma negro, conforme al R.D. 485/1997.	1 semana	Empresario	10 €	

		 				
	MO	Se señalizará el uso obligatorio de equipos de protección individual (al menos, protección respiratoria, ocular, ropa de trabajo, calzado de seguridad y guantes) en el interior de la nave en la que se encuentra la cortadora de puente y en la zona exterior donde se realicen tareas de corte, canteado, etc., mediante señales tipo panel con forma circular, fondo azul, y pictograma y contorno blancos, conforme al R.D. 485/1997. 	1 semana	Empresario	20 €	

Presencia de polvo de sílice en todas las superficies del taller.	MO	Las tareas de limpieza de superficies y equipos de trabajo se realizarán diariamente empleando métodos húmedos o por aspiración, nunca por barrido o por soplado, para evitar la dispersión del polvo de sílice al ambiente. Se evitará que el agua con restos de sílice se seque para evitar que el polvo pueda pasar al ambiente.	Permanente	Trabajadores y empresario	Costes indirectos	
	MO	En caso necesario, se hará uso de mascarillas autofiltrantes de categoría III conforme a la Norma UNE-EN 149:2001 + A1:2009, FFP3, contra partículas sólidas y líquidas, durante las labores de limpieza.	Permanente	Trabajadores	5 €/ud	
Eliminación de la arena de sílice utilizada en la chorreadora de arena.	TO	El cambio de la arena con sílice (una vez al año) se hará vertiéndola suavemente y sobre espuelas mojadas para evitar la dispersión de polvo en el ambiente. A pesar de ello, el trabajador hará utilización de mascarillas autofiltrantes de categoría III conforme a la Norma UNE-EN 149:2001 + A1:2009, FFP3, contra partículas sólidas y líquidas. La arena residual se depositará en contenedores	1 año / cuando proceda	Trabajadores	Costes indirectos	

		herméticos y su eliminación final se hará exclusivamente a través de un gestor de residuos autorizado.				
No se dispone de taquillas individuales en los aseos.	MO	Se deberá disponer en el aseo de taquillas individuales (dos por trabajador) para guardar de manera separada las ropas de trabajo o de protección y las ropas de calle. Estarán provistas de llave y deberán tener la capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado, conforme al R.D. 486/1997.	3 meses	Empresario	300 €	
No se dispone de lavadora en el taller de mármol	MO	Se adquirirá una lavadora para el lavado exclusivo de las ropas de trabajo. En ningún caso se lavará en la misma la ropa de calle de los trabajadores.	3 meses	Empresario	300 €	
No se dispone de un procedimiento de lavado de ropa de trabajo.	MO	El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando prohibido que los trabajadores lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin. Cuando se contratase tales operaciones con empresas idóneas al efecto, estará obligado a asegurar que la ropa se encuentra en	Permanente	Empresario	Costes indirectos	

		recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas.				
Los equipos de protección individual (mascarillas, gafas y guantes) no se encuentran bien almacenados (en estantes en la nave de la cortadora de puente).	MO	Se dispondrá de un lugar específico para el almacenamiento de los equipos de protección individual (mascarillas, calzado de seguridad, gafas y guantes). Dicho lugar estará seco, limpio de restos de polvo de sílice y protegido de la luz solar. Una vez que se dejen de utilizar, serán dejados en dicho lugar por parte de los trabajadores.	1 mes	Empresario	Costes indirectos	
Inadecuado uso, limpieza y mantenimiento de los equipos de protección individual.	TO	Realizar inspecciones regulares de los equipos de protección individual para detectar posibles daños.	Permanente	Empresario	Costes indirectos	
	TO	Tener en cuenta la vida útil de cada equipo de protección individual y que viene recogida en las instrucciones del fabricante. Desechar los que hayan sobrepasado dicha fecha.	Permanente	Empresario	Costes indirectos	

	MO	Informar de los daños o deterioros que puedan producirse en cualquier equipo de protección individual.	Permanente	Trabajadores	Costes indirectos	
	MO	Formar e informar a los trabajadores sobre el uso adecuado de los equipos de protección individual y sobre su correcta conservación.	1 mes	Empresario y Servicio de Prevención	Incluido en contrato con Servicio de Prevención	
Uso y mantenimiento inadecuado de las máquinas: amoladora, pulidora, cortadora de puente.	MO	Emplear en todo momento los equipos de trabajo que se utilizan (amoladora, pulidora, cortadora de puente) con el sistema de aporte de agua del que disponen (trabajos en húmedo).	Permanente	Empresario	Costes indirectos	
	MO	Asegurar que el suministro de agua es adecuado y que se mantiene en buen estado de conservación. Para discos de corte de entre 400 y 700 mm de diámetro, se recomienda un caudal de entre 20-30 l/min para minimizar la generación de polvo (INSHT, 2011) .	Permanente	Trabajadores	Costes indirectos	
	MO	Utilizar los equipos de corte y pulido a la menor velocidad posible para la realización de los trabajos.	Permanente	Trabajadores	Costes indirectos	
No se dispone de sistema de	MO	Se instalará un sistema de recogida de agua con restos de polvo de sílice en el patio exterior de la nave.	6 meses	Empresario	A consultar	

drenaje en el patio exterior.						
No se dispone de comedor en las instalaciones de la empresa.	MO	Habilitar un área en el taller destinada a comedor y que esté perfectamente separada de las zonas donde existe exposición a polvo de sílice cristalina respirable.	3 meses	Empresario	1000 €	
No cumplimiento de las medidas de higiene y de protección individual.	MO	No comer, beber o fumar en el trabajo. Lavarse las manos y la cara con abundante agua y jabón antes y después de realizar trabajos que supongan la exposición a polvo de sílice cristalina respirable.	Permanente	Trabajadores	Costes indirectos	
	MO	Proporcionar a los trabajadores ropa de protección tipo 3 (UNE-EN 340) que cubra todo el cuerpo y que esté limpia al inicio de cada jornada laboral.	Permanente	Empresario	30 €	
	MO	Proporcionar a los trabajadores guantes de protección (UNE-EN 420).	Permanente	Empresario	5 €	
	MO	Proporcionar a los trabajadores gafas de protección ocular (UNE-EN 166).	Permanente	Empresario	3 €	
	MO	Al final la jornada laboral, el trabajador dejará la ropa de trabajo en su taquilla individual, que deberá ser previamente limpiada por métodos	Permanente	Trabajadores	Costes indirectos	

		húmedos o de aspiración del polvo (no usar aire a presión).				
	MO	Los trabajadores deberán ducharse en el propio centro de trabajo antes de abandonar las instalaciones, utilizando las duchas de las que dispone la empresa. Los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de 10 minutos para su aseo personal antes de la comida y otros 10 minutos antes de abandonar el trabajo.	Permanente	Trabajadores	Costes indirectos	
Formación e información sobre el riesgo higiénico de exposición a polvo de sílice cristalina respirable y medidas preventivas en el puesto de trabajo.	MO	El empresario deberá y proporcionar a los trabajadores formación e información sobre los siguientes aspectos: a) Los daños para la salud por la exposición a polvo de sílice cristalina que hay en el ambiente donde se realizan las tareas de corte, pulido, canteado, etc. b) Las evaluaciones de riesgos, las medidas preventivas implantadas, la eficacia de las mismas y las conclusiones de las mediciones realizadas.	Inicial / periódica	Empresario y Servicio de Prevención	Incluido en contrato con Servicio de Prevención	

		c) Las actuaciones que los trabajadores han de poner en práctica para protegerse a sí mismos y a las demás personas situadas en su entorno. (Artículos 18 y 19 de la Ley 31/1995).				
Vigilancia de la salud de los trabajadores.	MO	La empresa está obligada a garantizar la vigilancia de la salud de los trabajadores, que se realizará preferentemente de acuerdo con el Protocolo de vigilancia específica “Silicosis” del Ministerio de Sanidad (artículo 22 de la Ley 31/1995).	Inicial / anualmente	Empresario	60 € / trabajador	
	MO	Se debe disponer de una lista actualizada del personal expuesto a sílice, anotando de forma cronológica la profesión y puesto de trabajo, los niveles y tiempos de exposición, así como los sistemas de prevención y protección que se han puesto a disposición del mismo.	Permanente	Empresario	Costes indirectos	
	MO	Se deben conservar los historiales médicos individuales durante un plazo de 40 años después de terminada la exposición (INSST, 2021).	Permanente	Empresario	Costes indirectos	
	MO	Se debe conservar la documentación sobre los resultados de la evaluación de riesgos, así	Permanente	Empresario	Costes indirectos	

		como los criterios y procedimientos de la evaluación, medición, análisis o ensayo (INSST, 2021) .				
	MO	Cuando la persona se jubile o cese la relación contractual, se le deberá proporcionar información sobre las razones que hacen recomendable la vigilancia post-ocupacional y facilitar un informe que incluya una descripción detallada de los puestos desempeñados con sus tiempos de permanencia, los riesgos detectados, las dosis de SiO ₂ a las que ha estado expuesto, las medidas preventivas individuales adoptadas, así como cualquier otra información relevante (INSST, 2021) .	Permanente	Empresario	Costes indirectos	

8. Conclusiones.

Como se puede observar por la comparación del VLA-ED con los valores obtenidos en el análisis de laboratorio de las muestras tomadas en las tres primeras mediciones realizadas a lo largo de febrero de 2025, se comprueba que los valores límite de exposición diaria no han sido superados por los valores de concentración detectados.

Aun así, pese a que todos los resultados están por debajo del VLA-ED, el resultado obtenido en todas las mediciones respecto al cuarzo y la cristobalita superan el 0,1 VLA-ED, por lo que se planificó la realización de hasta seis mediciones con el fin de cumplir lo establecido en la norma UNE-EN 689:2019.

Una vez obtenidos todos los resultados de las seis mediciones, y tras aplicar el test estadístico del INSST, se concluye que el nivel de exposición es ACEPTABLE para el total de partículas, así como para las formas más abundantes de sílice que son el cuarzo y la cristobalita. Para mantener o reducir todavía más dicho nivel de exposición, esta empresa dedicada al corte de mármol deberá llevar a cabo todas las medidas preventivas indicadas en la Planificación Preventiva y se procederá a la reevaluación de la exposición en un plazo de 24 meses.

El presente trabajo académico implica un modelo de prevención ocupacional atendiendo a la normativa española en esa materia suponiendo un paradigma en cuanto a metodología de evaluación y planificación preventiva en un sector altamente regulado y estudiado durante años en el sector industrial.

9. Nuevas líneas de investigación.

Atendiendo a los resultados obtenidos con la calculadora del INSST, y observando los resultados y ligeras desviaciones de resultados cuantitativos, se propone a futuros trabajos evaluar el posible efecto aditivo/sinérgico en cuanto al cálculo de variables concluyentes (exposiciones, efectos aditivos, concentraciones ambientales...) con el objetivo de conseguir un algoritmo de cálculo que represente la realidad en entornos laborales definidos en el presente trabajo.

10. Bibliografía.

- Alfageme-Mediavilla, C., Arana-Munarriz, V., Arias-Guillén, M., Arisa-Prota, M., Arzallus-Susperregui, M., Cabrerizo-Benito, J. I., Carballo-Ménendez, M., Fernández-Rodríguez, P., Fernández-Tena, A., Fernández-Vilas, E. M., Freijo-Pasarín, J. A., Guisassola-Yeregui, A., Guzmán-Taveras, R. M., Idiazábal-Garmendia, J., Martínez-González, C., Menéndez-Cabo, P., Muñoz-Gabilondo, A., Ortega-Longarte, H., Prieto-Fernández, A., Quero-Martínez, A., Rodríguez-Suárez, V., Uña-Gorospe, M. Protocolo de Vigilancia Sanitaria Específica de la Silicosis. *Ministerio de Sanidad - 2020*. Coordinación del Protocolo: *Instituto Nacional de Silicosis*. Organizaciones participantes: *Instituto Nacional de Silicosis, Hospital Universitario Central de Asturias, Consejería de Sanidad del Principado de Asturias, Osalan – Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, Sociedad Vasca de Medicina del Trabajo*.
- Disponible en:
<https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/silicosis.pdf>.
- APA. Editorial Nacional especializada en Prevención de Riesgos Laborales. Disponible en: <https://apa.es/>.
- Base de datos INFOCARQUIM (Información sobre Carcinógenos Químicos). *Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Disponible en: <https://www.insst.es/agentes-quimicos-infocarquim>.
- Base del Portal de Situaciones Peligrosas. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Disponible en: <https://www.insst.es/stp>.
- Cobo, M.E., Estébanez, S. (2021). Guía para el control de la exposición a polvo de sílice. 1ª Edición. Asepeyo.
- Carballo-Menéndez, M., Fernández-Vilas, E.M., Freijo-Pasarín, J.A., Menéndez-Cabo, P. (2022). Guía Técnica para la prevención del riesgo por exposición a la sílice cristalina libre respirable (SCR) en el ámbito laboral. *Instituto Nacional de la Silicosis. Departamento Técnico. Colaboración: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), Servicio de Neumología Ocupacional del Instituto Nacional de la Silicosis*.
- Comité Técnico CTN 81 Seguridad y Salud en el Trabajo (2019). Norma UNE-EN 689:2019+AC:2019. Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por

inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.

- Cortés-Díaz, J.M. Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales. Seguridad y Salud en el Trabajo. 11ª Edición. Tébar Flores. 2018. 916. ISBN 978-84-7360-626-4.
- CRC Handbook of Chemistry and Physics, 104th Edition (2023). CRC Press.
- Davis GS. Silicosis. En: Hendrick DJ, Sherwood B, Beckett WS, Churg A. Occupational disorders of the lung. Recognition, Management and Prevention. 1st Ed. London: W.B. Saunders; 2002.).
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. (1992). *An introduction to the Rock-Forming Minerals* (2nd ed.). Longman Scientific & Technical.
- Jefatura del Estado de España (2003). Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 298, de 13 de diciembre de 2003, páginas 44408 a 44415.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-22861>.
- Fernández-Rodríguez, P., Díaz-Huerta, V. (2018). Guía Técnica: Métodos de determinación de partículas y sílice cristalina respirable. INS-IT10: Método de determinación del contenido en cuarzo alfa respirable y cristobalita alfa respirable por DRX. *INS-IT 10*.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-11145>.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1996). Evaluación de Riesgos Laborales.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2011). Nota Técnica de Prevención 890: Aglomerados de cuarzo: medidas preventivas en operaciones de mecanizado.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2020). Calculador: Agentes Químicos. Evaluación de la Exposición (UNE-EN 689:2019).
Disponible en:
<https://www.insst.es/evaluacion-exposicion-agentes-quimicos>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2021). Basequim 006A. Situaciones de exposición a agentes químicos. Chorreado con arena de piezas y estructuras metálicas: exposición a sílice cristalina.
Disponible en:
https://www.insst.es/documents/94886/791398/BASEQUIM_006_A.pdf/e1e575d0-b37b-4a15-8d5f-c1c785a4f055?t=1663232607315

- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, O.A., M.P. (2022). Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos en el trabajo.
Disponible en:
<https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Guía+técnica+para+la+evaluación+y+prevención+de+los+riesgos+relacionados+con+la+exposición+a+agentes+cancerígenos+o+mutágenos+en+el+trabajo+2022.pdf>
- Instituto Nacional de Silicosis (2023). Informe de nuevos casos de silicosis – 2023. Instituto Nacional de Silicosis. Disponible en:
Disponible en:
<https://ins.astursalud.es/documents/102310/0/Nuevos+casos++INS+2023+%282%29.pdf/8d02572d-b9ea-77d1-55c7-70f59c0395f6>
- Instituto Nacional de Silicosis (2025). Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2025. *Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST)*, O.A., M.P.
Disponible en:
<https://www.insst.es/documents/94886/8404970/LEP+2025.pdf/95137c89-be34-9f5e-eca7-40a44a493f55?t=1742379062990>.
- Kwan CY, Achike FI. Tetrandrine and related bis-benzylisoquinoline alkaloids from medicinal herbs: Cardiovascular and others effects and mechanisms of action. *Acta Pharmacol Sin.* 2002;23(12):1057-68.
- Ministerio de la Presidencia de España (1995). Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 269, de 10 de noviembre de 1995, páginas 32590 a 32611.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1995-24292>.
- Ministerio de la Presidencia de España (1997). Real Decreto 655/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 124, de 24 de mayo de 1997.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-11145>.
- Ministerio de la Presidencia de España (2001). Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 104, de 1 de mayo de 2001.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-8436>.

- Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática de España (2020). Real Decreto 1154/2020, de 22 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 334, de 23 de diciembre, páginas 118818 a 118822.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-16833>.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España (1997). Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 27, de 31 de enero de 1997.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-1853>.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España (1997). Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 97, de 23 de abril de 1997.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8668>.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España (1997). Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 97, de 23 de abril de 1997.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España (2006). Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 302, de 19 de diciembre de 2006.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-22169>.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España (2015). Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 261, de 31 de octubre de 2015.
Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-11724>.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021). Orden TED/723/2021, de 1 de julio, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria 02.0.02 "Protección de los trabajadores contra el riesgo por inhalación de polvo y sílice cristalina respirables", del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 163, de 9 de julio de 2021.

Disponible en:

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-11458#:~:text=Para%20la%20determinaci%C3%B3n%20del%20riesgo,%2C05%20mg%2Fm3.>

- National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH. Method 7500. Silica Crystalline by XRD (filter deposition).

Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/7500.pdf>.

- Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Disponible en: <https://www.ilo.org/es/resource/salud-en-el-trabajo-silicosis>.

- Parlamento y Consejo de la Unión Europea (2019). Directiva 2004/37/CE, de 29 de abril de 2004, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, núm. 158, de 30 de abril de 2004.

Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2004/229/L00023-00034.pdf>.

- Parlamento y Consejo de la Unión Europea (2017). Directiva (UE) 2017/2398, de 12 de diciembre de 2017, por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE, de 29 de abril de 2004, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo. *Diario Oficial de la Unión Europea*, núm. 345, de 27 de diciembre de 2017, páginas 87 a 95.

Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2017/345/L00087-00095.pdf>.

- Rabanal, M. E. (2011). *Materiales cerámicos: estructura, propiedades y aplicaciones*. Universidad Politécnica de Madrid.

- Yu X.F., Zou, C.Q, Lin M.B. (1983). Observation of the effect of tetrandrine on experimental silicosis of rats. *Ecotoxicology Environmental Safety*. 7(3):306-12.

Anexo 1. Certificado de verificación de la bomba Casella Apex IS.



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN

DATOS DEL EQUIPO

Equipo	BOMBA
Modelo	APEX IS
Nº de serie	0175589

Fecha de Verificación	18/01/2025
Nº interno	12478
Recomendación próxima revisión	18/01/2026

FUNCIONALIDAD

ALIMENTACIÓN	Carga a red	CORRECTO
	Funcionamiento	CORRECTO
PRESENTACION	Display	CORRECTO

CONDICIONES AMBIENTALES	
Temp. (°C)	20,3%
HR (%)	57,2%
Presión	1000,5 hPa

N/º Equipo Patrón	119165
Marca / Modelo	BIOS/ DEFENDER 510

VALORES DE MEDICIÓN

	CAUDAL OBTENIDO	VALOR NOMINAL	CAUDAL AJUSTADO	ESTADO *
RANGO BAJO	0,911 L/min	1,000 L/min	1,012 L/min	CORRECTO
RANGO ALTO	3,734 L/min	3,500 L/min	3,511 L/min	CORRECTO

* Se considera estado correcto cuando se cumplen los límites de tolerancia indicados por el fabricante.

Anexo 2. Certificado de calibración del medidor de caudal BIOS DRYCAL DC-LITE.



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN

DATOS DEL EQUIPO

Equipo	CALIBRADOR DE BOMBAS
Modelo	DRYCAL DC-LITE
Nº de serie	102982

Fecha de Verificación	13-09-24
Nº interno	67463
Recomendación próxima revisión	13-09-25

FUNCIONALIDAD

ALIMENTACIÓN Carga a red
Funcionamiento

CORRECTO
CORRECTO

PRESENTACION Display

CORRECTO

CONDICIONES AMBIENTALES	
Temp. (°C)	28,2 ± 0,2
HR (%)	69%
Presión	1016 mbar

N/S Equipo Patrón	119165
Marca / Modelo	CASELLA / Defender 510M

VALORES DE MEDICIÓN

SENSOR	VALOR PATRÓN	VALOR OBTENIDO	ESTADO *
RANGO BAJO (SUCCIÓN)	1000 mL/min	1000 mL/min	CORRECTO
RANGO ALTO (SUCCIÓN)	2000 mL/min	2000 mL/min	CORRECTO

* Se considera estado correcto cuando se cumplen los límites de tolerancia indicados por el fabricante.

OBSERVACIONES

Anexo 3. Resultados de la medición nº1 con fecha 17/02/2025 por el método INS-IT10.

	INFORME FINAL DE ENSAYO	Revisión	FR32	Página
		15		1 de 1

Laboratorio del Departamento Técnico
INSTITUTO NACIONAL DE SILICOSIS
C/La Minería, 1
33011 - Oviedo

Código de informe	965AAZ
-------------------	--------

Determinación gravimétrica del contenido de partículas según procedimiento de ensayo INS-IT02 'Método de determinación gravimétrica de partículas en aire' revisión 4 (agosto 2023).

Determinación del contenido de SiO₂ según procedimiento de ensayo:

INS-IT10 'Método de determinación del contenido de cuarzo alfa respirable y cristobalita alfa respirable por DRX' revisión (agosto 2023)

Los resultados del presente informe se aplican a la muestra tal y como se recibió en el Laboratorio, y se refieren exclusivamente al filtro de PVC con código:

	965AAZ
Fecha de recepción de la muestra	17 de febrero de 2025
Fecha de inicio de ensayo gravimétrico (INS-IT02)	13 de diciembre de 2024
Fecha de finalización del ensayo gravimétrico (INS-IT02)	18 de febrero de 2025
Fecha de inicio del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita α (INS-IT05/IT10/IT24)	20 de febrero de 2025
Fecha de finalización del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita α (INS-IT05/IT10/IT24)	26 de febrero de 2025

Resultados del ensayo cuantitativo

	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg de partículas	<0,20		μg cuarzo α	<10	
	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg/m ³ (partículas)	0,235*		mg/m ³ (cuarzo α)	0,010*	
			μg cristobalita α	<10	
			mg/m ³ (cristobalita α)	0,015*	

La Incertidumbre emitida en este informe es una incertidumbre expandida obtenida multiplicando la incertidumbre típica por el factor $k=2$ que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Nota 1.- Los resultados marcados con asterisco se basan siempre en información aportada por el cliente, no haciéndose responsable el Laboratorio del Departamento Técnico del INS de dicha información.

Anexo 4. Resultados de la medición nº2 con fecha 24/02/2025 por el método INS-IT10.

 INSTITUTO NACIONAL DE SILICOSIS	INFORME FINAL DE ENSAYO	Revisión	FR32	Página
		15		1 de 1

Laboratorio del Departamento Técnico
INSTITUTO NACIONAL DE SILICOSIS
C/La Minería, 1
33011 - Oviedo

Código de informe 969AAZ

Determinación gravimétrica del contenido de partículas según procedimiento de ensayo INS-IT02 'Método de determinación gravimétrica de partículas en aire' revisión 4 (agosto 2023).

Determinación del contenido de SiO₂ según procedimiento de ensayo:

INS-IT10 'Método de determinación del contenido de cuarzo alfa respirable y cristobalita alfa respirable por DRX' revisión (agosto 2023)

Los resultados del presente Informe se aplican a la muestra tal y como se recibió en el Laboratorio, y se refieren exclusivamente al filtro de PVC con código:

	969AAZ
Fecha de recepción de la muestra	24 de febrero de 2025
Fecha de inicio de ensayo gravimétrico (INS-IT02)	13 de diciembre de 2024
Fecha de finalización del ensayo gravimétrico (INS-IT02)	25 de febrero de 2025
Fecha de inicio del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita α (INS-IT05/IT10/IT24)	27 de febrero de 2025
Fecha de finalización del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita α (INS-IT05/IT10/IT24)	5 de marzo de 2025

Resultados del ensayo cuantitativo

	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg de partículas	<0,20		μg cuarzo α	13	5
	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg/m ³ (partículas)	0,267 (*)		mg/m ³ (cuarzo α)	0,027 (*)	
			μg cristobalita α	<10	
			mg/m ³ (cristobalita α)	0,013 (*)	

La Incertidumbre emitida en este Informe es una Incertidumbre expandida obtenida multiplicando la Incertidumbre típica por el factor $k=2$ que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Nota 1.- Los resultados marcados con asterisco se basan siempre en Información aportada por el cliente, no haciéndose responsable el Laboratorio del Departamento Técnico del INS de dicha Información.

Anexo 5. Resultados de la medición nº3 con fecha 03/03/2025 por el método INS-IT10.

	INFORME FINAL DE ENSAYO	Revisión	FR32	Página
		15		1 de 1

Laboratorio del Departamento Técnico
INSTITUTO NACIONAL DE SILICOSIS
C/La Minería, 1
33011 - Oviedo

Código de informe	963AAZ
-------------------	--------

Determinación gravimétrica del contenido de partículas según procedimiento de ensayo INS-IT02 'Método de determinación gravimétrica de partículas en aire' revisión 4 (agosto 2023).

Determinación del contenido de SiO₂ según procedimiento de ensayo:

INS-IT10 'Método de determinación del contenido de cuarzo alfa respirable y cristobalita alfa respirable por DRX' revisión (agosto 2023)

Los resultados del presente informe se aplican a la muestra tal y como se recibió en el Laboratorio, y se refieren exclusivamente al filtro de PVC con código:

	963AAZ
Fecha de recepción de la muestra	3 de marzo de 2025
Fecha de inicio de ensayo gravimétrico (INS-IT02)	13 de diciembre de 2024
Fecha de finalización del ensayo gravimétrico (INS-IT02)	4 de marzo de 2025
Fecha de inicio del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita α (INS-IT05/IT10/IT24)	6 de marzo de 2025
Fecha de finalización del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita α (INS-IT05/IT10/IT24)	12 de marzo de 2025

Resultados del ensayo cuantitativo

	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg de partículas	<0,20		µg cuarzo α	<10	
	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg/m ³ (partículas)	0,273 (*)		mg/m ³ (cuarzo α)	0,014 (*)	
			µg cristobalita α	<10	
			mg/m ³ (cristobalita α)	0,014 (*)	

La incertidumbre emitida en este informe es una incertidumbre expandida obtenida multiplicando la incertidumbre típica por el factor $k=2$ que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Nota 1.- Los resultados marcados con asterisco se basan siempre en información aportada por el cliente, no haciéndose responsable el Laboratorio del Departamento Técnico del INS de dicha información.

Anexo 6. Resultados de la medición nº4 con fecha 13/03/2025 por el método INS-IT10.

	INFORME FINAL DE ENSAYO	Revisión	FR32	Página
		15		1 de 1

Laboratorio del Departamento Técnico
INSTITUTO NACIONAL DE SILICOSIS
C/La Minería, 1
33011 - Oviedo

Código de informe 961AAZ

Determinación gravimétrica del contenido de partículas según procedimiento de ensayo INS-IT02 'Método de determinación gravimétrica de partículas en aire' revisión 4 (agosto 2023).

Determinación del contenido de SiO₂ según procedimiento de ensayo:

INS-IT10 'Método de determinación del contenido de cuarzo alfa respirable y cristobalita alfa respirable por DRX' revisión (agosto 2023)

Los resultados del presente informe se aplican a la muestra tal y como se recibió en el Laboratorio, y se refieren exclusivamente al filtro de PVC con código:

	963AAZ
Fecha de recepción de la muestra	13 de marzo de 2025
Fecha de inicio de ensayo gravimétrico (INS-IT02)	13 de diciembre de 2024
Fecha de finalización del ensayo gravimétrico (INS-IT02)	14 de marzo de 2025
Fecha de inicio del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita a (INS-IT05/IT10/IT24)	17 de marzo de 2025
Fecha de finalización del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita a (INS-IT05/IT10/IT24)	20 de marzo de 2025

Resultados del ensayo cuantitativo

	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg de partículas	<0,20		µg cuarzo α	<10	
	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg/m ³ (partículas)	0,196 (*)		mg/m ³ (cuarzo α)	0,005 (*)	
			µg cristobalita α	<10	
			mg/m ³ (cristobalita α)	0,006 (*)	

La incertidumbre emitida en este informe es una incertidumbre expandida obtenida multiplicando la incertidumbre típica por el factor k=2 que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Nota 1.- Los resultados marcados con asterisco se basan siempre en información aportada por el cliente, no haciéndose responsable el Laboratorio del Departamento Técnico del INS de dicha información.

Anexo 7. Resultados de la medición nº5 con fecha 17/03/2025 por el método INS-IT10.

 INSTITUTO NACIONAL DE SILICOSIS	INFORME FINAL DE ENSAYO	Revisión	FR32	Página
		15		1 de 1

Laboratorio del Departamento Técnico
INSTITUTO NACIONAL DE SILICOSIS
C/La Minería, 1
33011 - Oviedo

Código de informe 966AAZ

Determinación gravimétrica del contenido de partículas según procedimiento de ensayo INS-IT02 'Método de determinación gravimétrica de partículas en aire' revisión 4 (agosto 2023).

Determinación del contenido de SiO₂ según procedimiento de ensayo:

INS-IT10 'Método de determinación del contenido de cuarzo alta respirable y cristobalita alta respirable por DRX' revisión (agosto 2023)

Los resultados del presente informe se aplican a la muestra tal y como se recibió en el Laboratorio, y se refieren exclusivamente al filtro de PVC con código:

	963AAZ
Fecha de recepción de la muestra	17 de marzo de 2025
Fecha de inicio de ensayo gravimétrico (INS-IT02)	13 de diciembre de 2024
Fecha de finalización del ensayo gravimétrico (INS-IT02)	18 de marzo de 2025
Fecha de inicio del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita a (INS-IT05/IT10/IT24)	19 de marzo de 2025
Fecha de finalización del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita a (INS-IT05/IT10/IT24)	24 de marzo de 2025

Resultados del ensayo cuantitativo

	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg de partículas	<0,20		µg cuarzo α	<10	
	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg/m ³ (partículas)	0,209 (*)		mg/m ³ (cuarzo α)	0,010 (*)	
			µg cristobalita α	<10	
			mg/m ³ (cristobalita α)	0,011 (*)	

La incertidumbre emitida en este informe es una incertidumbre expandida obtenida multiplicando la incertidumbre típica por el factor $k=2$ que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Nota 1.- Los resultados marcados con asterisco se basan siempre en información aportada por el cliente, no haciéndose responsable el Laboratorio del Departamento Técnico del INS de dicha información.

Anexo 8. Resultados de la medición nº6 con fecha 21/03/2025 por el método INS-IT10.

 INSTITUTO NACIONAL DE SILICOSIS	INFORME FINAL DE ENSAYO	Revisión	FR32	Página
		15		1 de 1

Laboratorio del Departamento Técnico
INSTITUTO NACIONAL DE SILICOSIS
C/La Minería, 1
33011 - Oviedo

Código de informe 959AAZ

Determinación gravimétrica del contenido de partículas según procedimiento de ensayo INS-IT02 'Método de determinación gravimétrica de partículas en aire' revisión 4 (agosto 2023).

Determinación del contenido de SiO₂ según procedimiento de ensayo:

INS-IT10 'Método de determinación del contenido de cuarzo alfa respirable y cristobalita alfa respirable por DRX' revisión (agosto 2023)

Los resultados del presente Informe se aplican a la muestra tal y como se recibió en el Laboratorio, y se refieren exclusivamente al filtro de PVC con código:

	963AAZ
Fecha de recepción de la muestra	21 de marzo de 2025
Fecha de inicio de ensayo gravimétrico (INS-IT02)	13 de diciembre de 2024
Fecha de finalización del ensayo gravimétrico (INS-IT02)	24 de marzo de 2025
Fecha de inicio del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita α (INS-IT05/IT10/IT24)	25 de marzo de 2025
Fecha de finalización del análisis de SiO ₂ / cuarzo y cristobalita α (INS-IT05/IT10/IT24)	28 de marzo de 2025

Resultados del ensayo cuantitativo

	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg de partículas	<0,20		µg cuarzo α	<10	
	Valor	Incertidumbre		Valor	Incertidumbre
mg/m ³ (partículas)	0,209 (*)		mg/m ³ (cuarzo α)	0,014 (*)	
			µg cristobalita α	<10	
			mg/m ³ (cristobalita α)	0,011 (*)	

La Incertidumbre emitida en este Informe es una Incertidumbre expandida obtenida multiplicando la Incertidumbre típica por el factor $k=2$ que para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Nota 1.- Los resultados marcados con asterisco se basan siempre en información aportada por el cliente, no haciéndose responsable el Laboratorio del Departamento Técnico del INS de dicha información.