

JORNADA

Observatorio Internacional de Neumoconiosis: avanzamos juntos en la prevención de la silicosis

Identificación, evaluación, control y verificación de las condiciones de trabajo ante personas trabajadoras expuestas a polvo de sílice cristalina respirable (SCR)

D. Pedro Lozano del Amor

Ingeniero de Minas del área de seguridad y salud laboral

pedro.lozano@ctmarmol.es



Centro Tecnológico

Materias Primas Minerales y Materiales



UNIVERSITAT DE
BARCELONA



Centro Tecnológico

Materias Primas Minerales y Materiales



FUNDACIÓN
PREMIN



secretaria@oin.org



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
SEGUNDA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL



Organismo Estatal
Inspección de Trabajo
y Seguridad Social

29 de mayo de 2025

INDICE

Fuentes de información

1. Identificación del polvo y la sílice
2. Evaluación de la exposición
3. Control
4. Verificación

Fuentes de información

EXISTEN MULTITUD DE FUENTES DE INFORMACIÓN



<https://www.siliceysalud.es/>



euskalarido
AGREGACIÓN EUSKAL RESEARCH | ASOCIACIÓN VASCA DE AEROS

POLVO RESPONSABILIDADES GESTIÓN Y CONTROL ▾ ENSAYO DE EPR VIGILANCIA DE LA SALUD ▾ GESTIÓN DOCUMENTAL INFORMACIÓN, FORMACIÓN Y CONSULTA ▾

RECURSOS



<https://scr.euskalarido.com/>

1. Identificación del polvo y la sílice en el sector

¿Puede haber polvo y/o SCR en nuestra actividad?

Definición de polvo: suspensión de materia sólida, particulada y dispersa en la atmósfera, producida por procesos mecánicos y/o por el movimiento del aire (I.T.C 2.0.02 del RGNBSM)

Como se puede observar el porcentaje de SCR dependerá del tipo de roca.

En caso de desconocimiento, se puede realizar **análisis de laboratorio**.

CONTENIDO EN SÍLICE DE LA MATERIA PRIMA	MATERIA PRIMA
> 15 % en sílice libre	Cuarcita, canto rodado, arena silícea, arenisca, feldespato, gneis, granito, pizarra, corneana, traquita
< 15 % en sílice libre	Andesita, yeso, gabro, marga, dunita, dolomía, ofita, barita
Dudoso	Arcillas (incluyendo caolín y sepiolita) Caliza

FUENTES MINERALES	PORCENTAJE DE SÍLICE CRISTALINA
Áridos	Del 0 % al 100 %
Arcilla en gránulos	Del 5 % al 50 %
Basalto	Hasta el 5 %
Diatomita natural	Del 5 % al 30 %
Dolerita	Hasta el 15 %
Sílex	Más del 90 %
Granito	Hasta el 30 %
Piedra arenisca	Más del 80 %
Mineral de hierro	Del 7 % al 15 %
Piedra caliza	Habitualmente menos del 1 %
Cuarcita	Más del 95 %
Arena	Más del 90 %
Piedra arenisca	Más del 90 %
Esquisto	Del 40 % al 60 %
Pizarra	Hasta el 40 %

Fuente: Folleto del HSE, Control de la sílice cristalina respirable en canteras.

2. Evaluación de la exposición



2. Evaluación de la exposición

CENTROS DE TRABAJO DONDE APLIQUE LEGISLACIÓN MINERA

- Orden TED/723/2021, de 1 de julio, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria 02.0.02

CENTROS DE TRABAJO DONDE NO APLIQUE LEGISLACIÓN MINERA

- UNE EN 689:2019 (Versión vigente)
- MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DEL INSST – MTA/MA – 014/A11
- MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DEL INSST – MTA/MA – 056/A06
- MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DEL INSST – MTA/MA – 057/A17

2. Evaluación de la exposición

1. Selección de puestos / Personal a muestrear
2. **Método de análisis**
3. Equipo de toma de muestras
4. Estrategia de muestreo
5. Procedimiento de muestreo
6. Cálculo de la exposición

1. Determinación del contenido en sílice cristalina (μg) por **Espectrofotometría de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR)**

2. Determinación del contenido en cuarzo α y cristobalita α (μg) por **Difracción de Rayos X (DRX)**

ÁMBOS MÉTODOS APLICABLES A CENTROS MINEROS Y NO MINEROS


- Cuando la materia prima informada por el cliente sea: **cristobalita, tridimita, compactos de cuarzo** (ej. de denominaciones comerciales son "Silestone" o "Compact Quartz"), **tierras de diatomeas, riolita, traquita, fonolita, lapilli (picón), ignimbrita, volframatos (tipo wolframita o scheelita), molibdatos, rutilo, zircón, sepiolita, bentonita, attapulgita o sílice amorfa**. En las muestras de cristobalita, tridimita, compactos de cuarzo, riolita, traquita, sepiolita, bentonita y attapulgita se llevarán a cabo las determinaciones de cuarzo y cristobalita α , mientras que en el resto sólo se determinará el contenido de cuarzo α .
- En aquellas **circunstancias en las que el cliente informe que la muestra ha estado sometida a procesos a alta temperatura (> 600°C)**. En este caso se llevarán a cabo ambas determinaciones: cuarzo y cristobalita α .

2. Evaluación de la exposición

1. Selección de puestos / Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. **Equipo de toma de muestras**
4. Estrategia de muestreo
5. Procedimiento de muestreo
6. Cálculo de la exposición

APLICABLE A CENTROS MINEROS Y NO MINEROS

1. Cumplir con las indicaciones del laboratorio - AN01-PR03 (INS): membranas de PVC de 25 ó 37 mm de diámetro y 5 µm de tamaño de poro.

	Normas para la determinación de partículas y sílice cristalina respirable en el Laboratorio del Departamento Técnico del Instituto Nacional de Silicosis	Revisión 27	AN01-PR03 (04/09/23)	Página 1 de 6
<p>El Laboratorio del Departamento Técnico está acreditado (Acreditación nº 526/LE1120) por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), conforme a los criterios recogidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025, para la realización de los siguientes ensayos en muestras de materia particulada (fracción respirable):</p> <p>Ensayos Físico-Químicos</p>				
PRODUCTO/MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO		
Soporte de muestreo	Determinación de partículas en aire por gravimetría (0,20 – 5,00 mg)	INS-IT02		
Soporte de muestreo Partículas en aire (Fracción respirable)	Identificación de sílice cristalina (µg) por Espectrofotometría de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR)	INS-IT23		
	Determinación del contenido en sílice cristalina (µg) por Espectrofotometría de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR) (3 – 500 µg) (10 – 500 µg)*	INS-IT05 INS-IT24*		
	Determinación del contenido en cuarzo α y cristobalita α (µg) por Difracción de Rayos X (DRX) (10 – 500 µg)	INS-IT10		
Toma de muestra				
PRODUCTO/MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO		
Aire	Toma de muestras de materia particulada (fracción respirable)	Procedimiento interno IT21		
<p>El Laboratorio del Departamento Técnico del Instituto Nacional de Silicosis¹ (en adelante INS) analizará las muestras recibidas siempre que cumplan los siguientes requisitos:</p>				

2. Evaluación de la exposición

1. Selección de puestos /Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. **Equipo de toma de muestras**
4. Estrategia de muestreo
5. Procedimiento de muestreo
6. Cálculo de la exposición

APLICABLE A CENTROS MINEROS Y NO MINEROS

2. Equipamiento:

- Bomba para muestreo personal tipo P - UNE-EN ISO 13137:2022.
- Muestreador de la fracción respirable - UNE-EN 481:1995
- Elemento de retención
- Caudalímetro



2. Evaluación de la exposición

APLICABLE A CENTROS MINEROS Y NO MINEROS

1. Selección de puestos /Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. **Equipo de toma de muestras**
4. Estrategia de muestreo
5. Procedimiento de muestreo
6. Cálculo de la exposición

2. Equipamiento:

¿CUÁL ELEGIMOS?

Dependerá del **MÉTODO DE ANÁLISIS**.

La norma **UNE-EN 482:2021** indica:

$$V_m = \frac{LOQ}{0,1 \times VLA - ED}$$

Donde:

LOQ es el límite de cuantificación de la técnica analítica del laboratorio (en µg/filtro).

VLA-ED es el establecido para la SCR (en mg/m³).

Si cogemos el laboratorio del INS, tenemos:

FTIR => 3 µg

DRX => 10 µg

Método	LOQ (µg)	Vm (l)
FITR	3	600
DRX	10	2000

2. Evaluación de la exposición

1. Selección de puestos /Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. **Equipo de toma de muestras**
4. Estrategia de muestreo
5. Procedimiento de muestreo
6. Cálculo de la exposición

APLICABLE A CENTROS MINEROS Y NO MINEROS

2. Equipamiento:

¿CUÁL ELEGIMOS?

Una vez conocido el volumen se selecciona el muestreador calculado el tiempo de muestreo mínimo:

$$t_m = \frac{V_m}{\text{Caudal}}$$

2. Evaluación de la exposición

1. Selección de puestos /Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. Equipo de toma de muestras
4. **Estrategia de muestreo**
5. Procedimiento de muestreo
6. Cálculo de la exposición

APLICABLE A CENTROS MINEROS Y NO MINEROS

2. Equipamiento y estrategia de muestreo:

MUESTREADOR	CICLÓN NYLON 10 mm	IOM MULTIDUST	PGP-FSP 2	GS-1	SIMPEDS	CICLÓN POLVO RESPIRABLE	CICLÓN ALUMINIO	GS-3	CICLÓN PLÁSTICO CONDUCTOR	GK 2.69	PPI	PPI DESECHABLE	GK4.162 RASCAL	CIP 10R	PGP-FSP 10
Fabricante	PANAMETRICS	SKC	GSM	SKC	CASELLA	BGI	SKC	SKC	SKC	BGI	SKC	SKC	BGI	ARELCO	GSM
Caudal de muestreo (L/min)	1,7	2	2	2	2,2	2,2	2,5	2,75	3	4,2	8	4 y 8	8,5-9	10	10
t (min) DRX	1176	1000	1000	1000	909	909	800	727	667	476	250	250 - 500	222 - 235	200	200
t (min) FTIR	352,9	300	300	300	273	273	240	218	200	143	75	75- 150	66,6 - 70,58	60	60

2. Evaluación de la exposición

1. Selección de puestos /Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. Equipo de toma de muestras
4. **Estrategia de muestreo**
5. Procedimiento de muestreo
6. Cálculo de la exposición

TIEMPO DE MUESTREO

1º - Tiempo mínimo de muestreo dependiendo del muestreador seleccionado y caudal mínimo a muestrear de acuerdo con UNE EN 482

2º - Normativa de aplicación:

- ITC => **Jornada laboral – 8 horas**
- UNE EN 689 => **Mínimo 2 horas (1)**




(1) la une 689 indica un tiempo mínimo de 2h, pero el análisis pr DRx o IR hace que el tiempo sea mayor. Se debe de medir lo máximo posible y representativo de la exposición, es decir, lo más cercano a 8 horas.

2. Evaluación de la exposición

1. Selección de puestos /Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. Equipo de toma de muestras
4. Estrategia de muestreo
5. **Procedimiento de muestreo**
6. Cálculo de la exposición

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

1. **Preparación** de los equipos de muestreo
2. **Calibración de la bomba de muestreo**
3. **Trabajo de campo**, colocación de los equipos de muestreo y seguimiento de la toma de muestras. **Se debe de estar presente**
4. **Recogida** de los equipos
5. Preparación de las **muestras para envío a laboratorio: datos del cliente, códigos de las muestras enviadas para analizar**, materia prima, características de la toma de muestras (el volumen de aire muestreado (m3) o, en su defecto, los minutos empleados en la toma de muestra y el caudal de la bomba (l/min)), Si se lleva a cabo algún tipo de proceso a temperaturas superiores a 600°C.

	Normas para la determinación de partículas y sílice cristalina respirable en el Laboratorio del Departamento Técnico del Instituto Nacional de Silicosis	Revisión 27	AN01-PR03 (04/09/23)	Página 1 de 6
---	---	----------------	-------------------------	------------------

El Laboratorio del Departamento Técnico está acreditado (Acreditación nº 526/LE1120) por la **Entidad Nacional de Acreditación (ENAC)**, conforme a los criterios recogidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025, para la realización de los siguientes ensayos en muestras de materia particulada (fracción respirable):

Ensayos Físico-Químicos

PRODUCTO/MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO
Soporte de muestreo	Determinación de partículas en aire por gravimetría (0,20 – 5,00 mg)	INS-IT02
Soporte de muestreo Partículas en aire (Fracción respirable)	Identificación de sílice cristalina (µg) por Espectrofotometría de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR)	INS-IT23
	Determinación del contenido en sílice cristalina (µg) por Espectrofotometría de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR)	INS-IT05 INS-IT24*
	Determinación del contenido en cuarzo α y cristobalita α (µg) por Difracción de Rayos X (DRX)	INS-IT10

Toma de muestra

PRODUCTO/MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO
Aire	Toma de muestras de materia particulada (fracción respirable)	Procedimiento interno IT21

El Laboratorio del Departamento Técnico del Instituto Nacional de Silicosis¹ (en adelante INS) analizará las muestras recibidas siempre que cumplan los siguientes requisitos:

2. Evaluación de la exposición

Nº DE MEDICIONES – COMPARACIÓN CON EL VLA-ED

UNE EN 689

1. Selección de puestos /Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. Equipo de toma de muestras
4. Estrategia de muestreo
5. Procedimiento de muestreo
6. **Cálculo de la exposición**

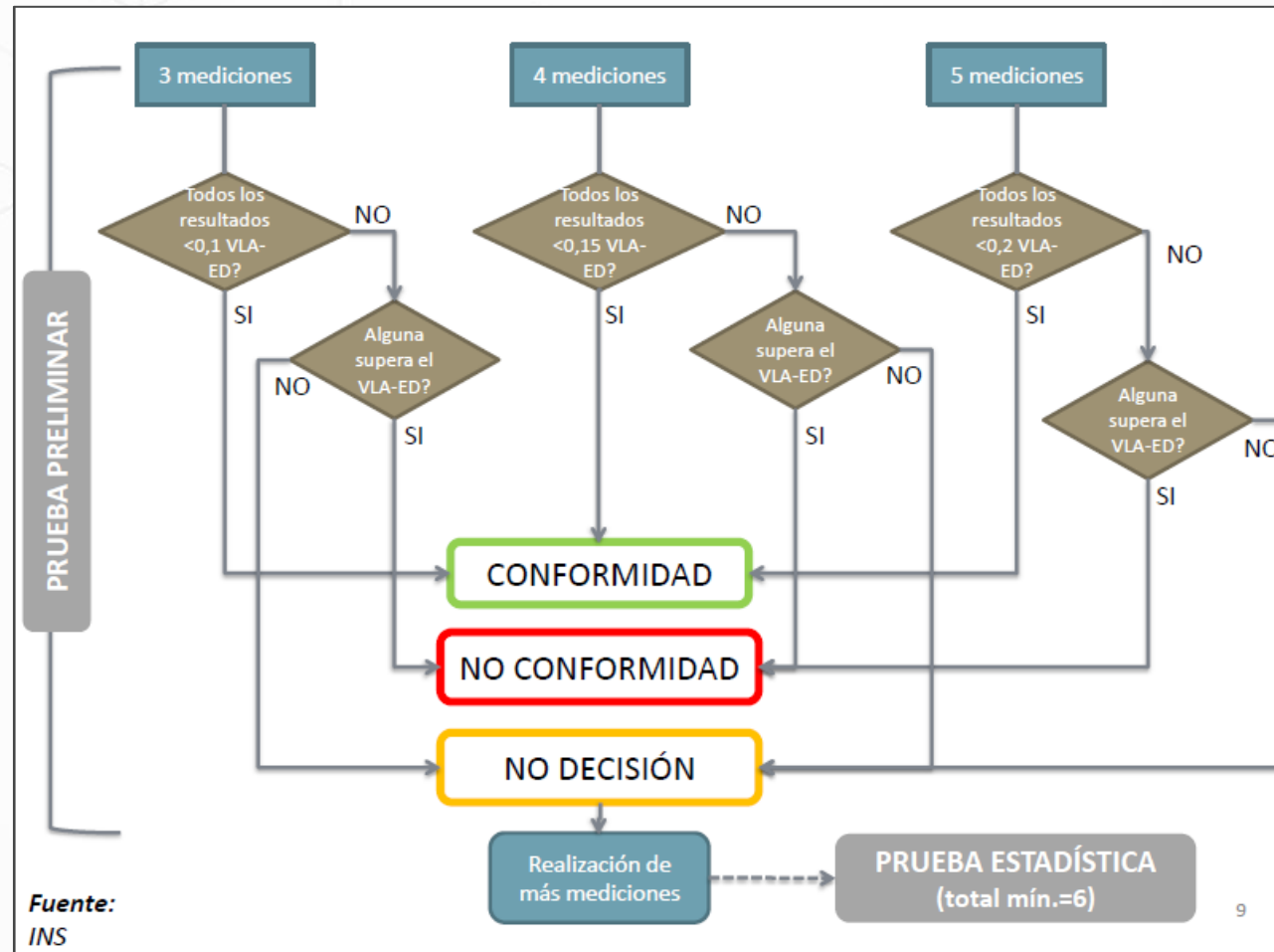
TIPO DE PRUEBA	Nº DE MEDICIONES	ÍNDICE DE EXPOSICIÓN CONFORME (I _E) *	ED TODAS LAS MEDICIONES (SCR) mg/m ³	ED TODAS LAS MEDICIONES (Polvo) mg/m ³
Preliminar	3	Todas las mediciones ≤ 10 % del VLA-ED	≤ 0,005	≤ 0,3
	4	Todas las mediciones ≤ 15 % del VLA-ED	≤ 0,075	≤ 0,45
	5	Todas las mediciones ≤ 20 % del VLA-ED	≤ 0,01	≤ 0,6
Estadística	6	Si con las 5 mediciones no cumplimos lo anterior, seguiremos lo establecido en el punto 5.5.3 de la norma UNE EN 689:2019+AC:2019	> 0,01	> 0,6

2. Evaluación de la exposición

- 1. Selección de puestos /Personal a muestrear
- 2. Método de análisis
- 3. Equipo de toma de muestras
- 4. Estrategia de muestreo
- 5. Procedimiento de muestreo
- 6. **Cálculo de la exposición**

UNE EN 689

Nº DE MEDICIONES – COMPARACIÓN CON EL VLA-ED



Fuente:
INS

2. Evaluación de la exposición

Nº DE MEDICIONES – COMPARACIÓN CON EL VLA-ED

1. Selección de puestos /Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. Equipo de toma de muestras
4. Estrategia de muestreo
5. Procedimiento de muestreo
6. **Cálculo de la exposición**

UNE EN 689

The screenshot shows the 'Calculadores INSHT' web application. At the top, it features the logos of the Spanish Government and the Ministry of Labor and Social Security, along with the INSST logo (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo). The navigation path is: **Calculadores INSHT** > **Agentes químicos. Evaluación de la exposición.** > **Entrada de datos**. A 'Volver a calculadores' button is visible in the top right.

The main content area is titled 'Agentes químicos. Evaluación de la exposición.' and prompts the user to 'Seleccione una operación:'. Two options are presented:

- Exposición diaria**: Comparación de la Exposición Diaria (ED) con el Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria (VLA-ED).
- Exposición de corta duración**: Comparación de la Exposición de Corta Duración (EC) con el Valor Límite Ambiental de Corta Duración (VLA-EC).

At the bottom of the interface, the copyright information is displayed: ©INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo) | [Aviso legal](#) | NIPO: 118-20-079-6

2. Evaluación de la exposición

1. Selección de puestos /Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. Equipo de toma de muestras
4. Estrategia de muestreo
5. Procedimiento de muestreo
6. **Cálculo de la exposición**

CONSIDERACIONES PARA TENER EN CUENTA – UNE EN 689

- **Efectos combinados** a agentes químicos peligrosos:

$$I_E = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{VLA_i} \leq 1$$

- Jornada laboral **superior a 8 horas**: ANEXO G de la norma
- **Resultados por debajo del LOQ**:
 - Debemos de asegurarnos que hemos medido correctamente, en función del caudal de la bomba elegido.
 - En caso afirmativo seguir lo indicado en el Anexo H de la norma



2. Evaluación de la exposición

1. Selección de puestos /Personal a muestrear
2. Método de análisis
3. Equipo de toma de muestras
4. Estrategia de muestreo
5. Procedimiento de muestreo
6. **Cálculo de la exposición**

1. Identificación de partes
2. Objetivo de la evaluación
3. Identificación de los agentes químicos considerados
4. Identificación de los centros de trabajo
5. Factores y condiciones de exposición
6. Caracterización básica
7. Medición
8. Características de muestreo - Tiempo de muestreo (fecha, comienzo y fin de muestreo)
9. Resultados de las mediciones
10. Anexos
 - Fórmulas utilizadas
 - Resultados de laboratorio
 - Otros anexos

INFORME FINAL

SERVICIOS DE PRL – MEJORAR

2. Evaluación de la exposición

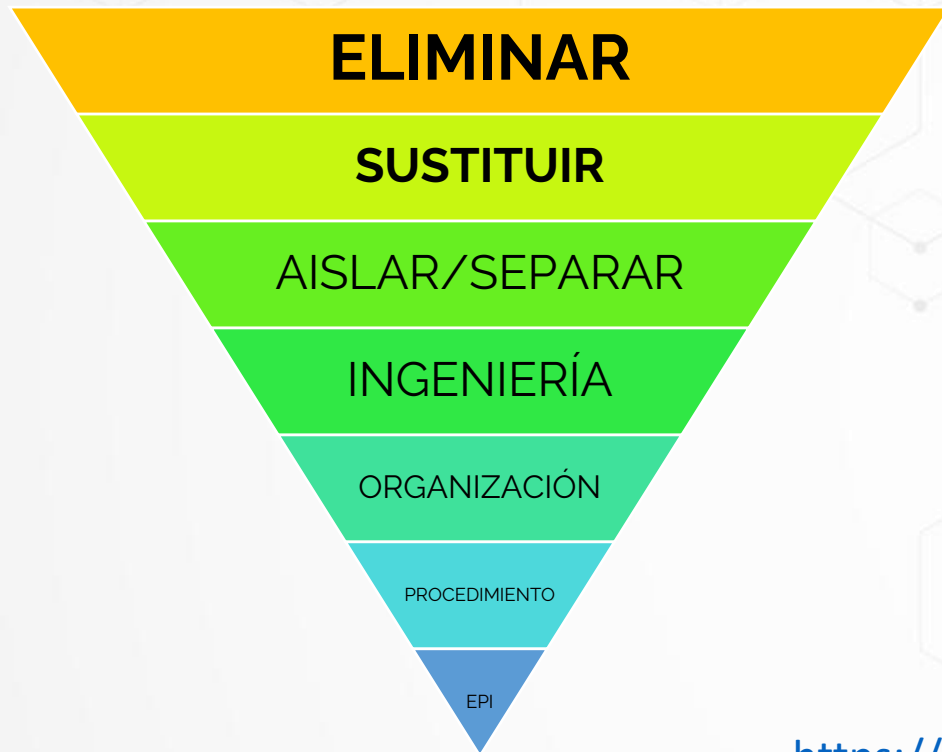
EJEMPLO PRÁCTICO 1:

EXPLOTACIÓN MINERA – CENTRO DE TRABAJO MINERO

EJEMPLO PRÁCTICO 2:

EXPLOTACIÓN MINERA – CENTRO DE TRABAJO NO MINERO

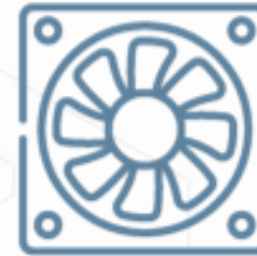
3. Control



FOCO



MEDIO



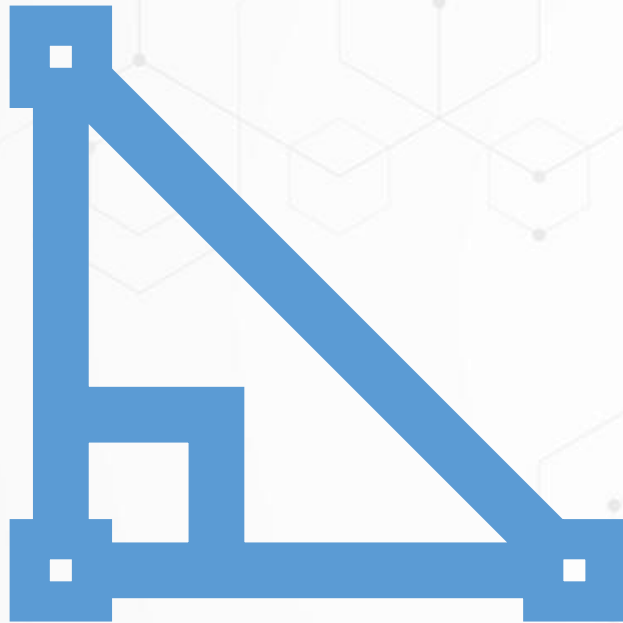
INDIVIDUAL



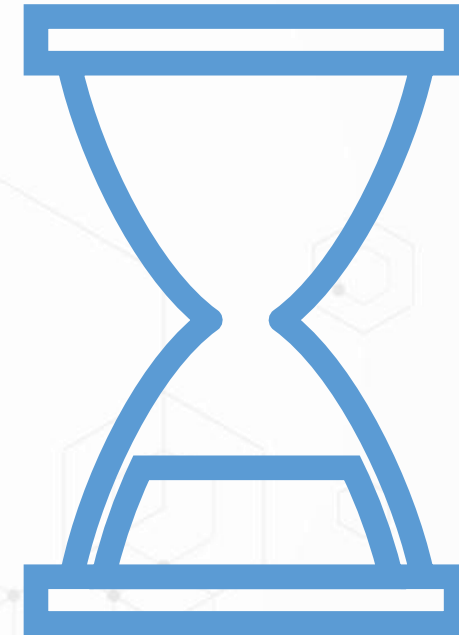
ORDEN DE PRIORIDAD

<https://scr.euskalarido.com/recursos/>

4. Verificación



VERIFICACIÓN DE MEDIDA PREVENTIVA



VERIFICACIÓN POR NORMATIVA

4. Verificación

Verificación por normativa Nº DE MEDICIONES – COMPARACIÓN CON EL VLA-ED

UNE EN 68g

TIPO DE PRUEBA	CRITERIO	REEVALUACIÓN
Preliminar	De acuerdo con la prueba preliminar	Anualmente (hasta llegar a 6 mediciones y pasaríamos a la estadística)
Estadística (aplicando la media geométrica (MG) o la media aritmética (MA))	$(MG \text{ o } MA) < 0,1 \text{ VLA}$	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
Estadística (aplicando el parámetro j obtenido de las fórmulas recogidas en el anexo I de la norma UNE 68g)	$j < 0,25$	36 meses
	$0,25 < j < 0,5$	30 meses
	$0,5 < j < 1$	24 meses

Al tratarse de cancerígenos se recomienda anual.

4. Verificación

Nº DE MEDICIONES – COMPARACIÓN CON EL VLA-ED

ITC:
Cuatrimstralmente

3.7 **Periodicidad** de la toma de muestras.

Se tomarán muestras, al menos una vez **cada cuatrimestre** del año natural, en los puestos de trabajo en los que exista riesgo de exposición a polvo.

UNE EN 689

- Dependerá del VLA: Prueba preliminar / Prueba estadística
- Dependerá de los resultados



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

D. Pedro Lozano del Amor

Ingeniero de Minas del área de seguridad y salud laboral

pedro.lozano@ctmarmol.es

Tlf: 653 94 89 18

Tlf CTM: 968 74 15 00