

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EMPRESA

**TITULACIÓN: MASTER EN PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES**

TRABAJO FIN DE MASTER



**TÍTULO: LA HIGIENE INDUSTRIAL EN EL
SECTOR DE LOS ÁRIDOS**



Alumno: Pedro Lozano Del Amor.

Tutor: Francisco Hita López

Julio 2014

Índice

RESUMEN	5
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Antecedentes	6
1.2. Marco legislativo	7
2. OBJETIVOS	8
3. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR DE LOS ÁRIDOS	9
3.1 Procesos o actividades de estudio dentro del sector de los áridos.....	10
4. RIESGOS FÍSICOS.....	12
4.1. Ruido	12
4.1.1. Localización del ruido.....	12
4.1.2. Daños relacionados con el ruido	13
4.1.3. Normativa de aplicación	14
4.1.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención	14
4.1.5. Evaluación del riesgos en función de los valores límite	19
4.1.6. Medidas preventivas	21
4.2. Vibraciones	23
4.2.1. Localización de las vibraciones	23
4.2.3. Daños relacionados con las vibraciones	24
4.2.4. Normativa de aplicación	26
4.2.5. Actividades técnicas de los servicios de prevención	26
4.2.6. Evaluación de riesgos en función del valor límite	31
4.2.7. Medidas preventivas	36
4.3. Radiaciones no ionizantes	36
4.3.1. Localización de las radiaciones no ionizantes.....	37
4.3.2. Daños relacionados con las radiaciones no ionizantes	38
4.3.3. Normativa de aplicación	39

4.3.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención	39
4.3.5. Evaluación del riesgo en función del valor límite	41
4.3.6. Medidas preventivas	43
4.4. Ambientes con sobrecarga térmica.....	45
4.4.1. Localización del ambiente con sobrecarga térmica	45
4.4.2. Daños relacionados con ambientes térmicos	46
4.4.3. Normativa de aplicación	47
4.4.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención	47
4.4.5. Evaluación del riesgo en función del valor límite	51
4.4.6. Medidas preventivas	53
4.5. Iluminación.....	54
4.5.1. Localización del riesgo de iluminación	55
4.5.2. Daños relacionados con la iluminación	57
4.5.3. Normativa de aplicación	57
4.5.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención	58
4.5.5. Evaluación del riesgo en función del valor límite	59
4.5.6. Medidas preventivas	61
5. RIESGOS QUÍMICOS	63
5.1. Polvo.....	63
5.1.2. Localización del riesgo	65
5.1.3. Daños relacionados con el polvo.....	65
5.1.4. Normativa de aplicación	68
5.1.5. Actividades técnicas de los servicios de prevención	68
5.1.6. Evaluación del riesgo en función del valor límite	75
5.1.7. Medidas preventivas	76
5.2. Humos de soldadura.....	78
5.2.1. Localización de los humos de soldadura.....	82
5.2.2. Daños relacionados con los humos de soldadura	82
5.2.3. Normativa de aplicación	84
5.2.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención	85

5.2.5. Evaluación de riesgos en función del valor límite	95
5.2.6. Medidas preventivas	100
5.3. Humos de combustión	107
5.3.1. Localización de los humos de combustión	108
5.3.2. Daños relacionados con los humos de combustión	108
5.3.3. Normativa de aplicación	109
5.3.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención	109
5.3.5. Evaluación del riesgo en función del valor límite	110
5.3.6. Medidas preventivas	110
6. RIESGOS BIOLÓGICOS.....	112
6.1. Legionella	112
6.1.1. Medidas preventivas	113
6.2 Tétanos y enfermedades por mordedura de seres vivos	115
9. CONCLUSIONES.....	117
Bibliografía	121

RESUMEN

Hoy en día en cualquier sector industrial podemos encontrar riesgos higiénicos por los que se puede ver afectada la seguridad y salud de los trabajadores. Por este motivo, sería conveniente estudiar cada uno de los posibles riesgos higiénicos que pueden estar presentes en los lugares de trabajo para intentar eliminarlos y/o reducirlos mediante las medidas preventivas adecuadas.

En el presente trabajo he estudiado los diferentes riesgos higiénicos presentes en el sector de los áridos: **riesgos físicos** (ruido, vibraciones, radiaciones no ionizantes, ambientes con sobrecarga térmica e iluminación), **riesgos químicos** (polvo, humos de soldadura y humos de combustión) y **riesgos biológicos** (Legionella). Dentro de cada uno de los diferentes riesgos, tanto físicos, químicos o biológicos, he estudiado su localización dentro del sector, desde la fase de explotación hasta la fase de tratamiento y distribución y a que puestos de trabajo afecta, las enfermedades de trabajo y profesionales relacionadas con el sector de los áridos, la normativa específica que sea de aplicación, las actividades que realizan los servicios de prevención en cada uno de los diferentes riesgos (método de medida, instrumentos de medida, tamaño de la muestra, etc.), la evaluación de los riesgos en función de los valores límite, y por último las medidas preventivas de aplicación tanto colectivas como individuales.

ABSTRACT

Nowdays in any industrial we can find hygienic risks by whom may be affected the safety and health of workers. For this reason, it would be appropriate to consider each of the possible health hazards that may be present in the workplace to try to eliminate and / or reduce them by the appropriate preventive measures.

In this project I have studied the several hygienic risks present in the arid industry: physical risk (noise, vibration, non-ionizing radiation environments with thermal overload and lighting), chemical risk (dust, welding fumes and flue) and biological risk (Legionella). Within each of the various risks, both physical, chemical or biological, I have studied its location within the sector, from the operational phase to the treatment phase and distribution and which jobs are affected, diseases and occupational related to the arid industry, specific rules to apply, the activities prevention services do in each of the different risks (measuring method, measuring instruments, sample size, etc.), risk's evaluation according to the limit values, and finally the preventive measures of both collective and individual application.

1. INTRODUCCIÓN

En el sector de los áridos, al igual que en otros muchos sectores industriales, podemos encontrar unas determinadas condiciones ambientales que pueden ser perjudiciales para la salud del trabajador. Estas condiciones ambientales podrían derivarse en agentes físicos, químicos o biológicos. Lo que hoy en día se conoce en prevención de riesgos laborales como la higiene industrial.

Dentro de este sector están muy presentes todos estos agentes ya que los trabajos que se realizan pueden dar lugar a unas condiciones ambientales que pueden ser perjudiciales para la salud de los trabajadores. Es conveniente que se evalúen y se establezcan las medidas preventivas que sean oportunas para que la salud de los trabajadores no se vea afectada por estas condiciones.

1.1. Antecedentes

El sector de la minería es uno de los sectores donde, antes de la existencia de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, ya existía normativa específica referente a esta materia, y por lo tanto, dentro de este sector, el de los áridos, donde tenemos explotaciones mineras que son de competencia.

La normativa en materia de prevención de riesgos laborales, anterior a la Ley 31/1995 de Prevención de riesgos Laborales, es el Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Normas Básicas de Seguridad Minera (RGNBSM), junto con sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Además de este Real Decreto, no hay que olvidar la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas. También hay que comentar que hay alguna normativa en materia de prevención de riesgos laborales que no es de aplicación a la industria extractiva.

Al igual que en otros sectores industriales, en el de la minería y más concretamente en el sector de los áridos, la higiene industrial también debe de evaluarse en los centros de trabajo. La higiene industrial es una de las materias pendientes dentro de la prevención de riesgos laborales, ya que no se lleva a cabo al 100% en las evaluaciones de riesgo, debido a que alguna de su normativa es relativamente reciente, el coste de llevarla a cabo, la desinformación... No obstante hay que decir que las Instrucciones Técnicas Complementarias del RGNBSM ya cita algunos temas relacionados con la higiene industrial, como pueden ser la iluminación, polvo-silíce,...

1.2. Marco legislativo

En cuanto a la legislación aplicable de carácter general se tiene:

- Constitución Española (Artículos 40.2 y 43).
- Estatuto de los trabajadores (Artículos 4, 5, 19, 62 y 63).
- Real Decreto 39/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 31/1997, Reglamento de los servicios de prevención.
- Real Decreto 1/1994, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley general de la seguridad social.
- Cuadro de enfermedades profesionales. Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre.

En cada capítulo se especifica la normativa de aplicación que proceda.



Ilustración 1. Cantera de áridos.



Ilustración 2. Planta de tratamiento de una explotación de áridos.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo principal el estudio de los diferentes riesgos higiénicos (físicos, químicos y biológicos) presentes en el sector de los áridos.

Los objetivos desglosados del presente trabajo son los siguientes:

- Localizar cada uno de los riesgos higiénicos en los puestos de trabajo y en las áreas de trabajo, con su grado de importancia dentro del sector de los áridos.
- Identificar las enfermedades de trabajo y profesionales relacionadas con el sector de los áridos.
- Identificar la normativa específica de aplicación en materia de riesgos higiénicos aplicable al sector de los áridos.
- Describir las actividades técnicas que tienen que desarrollar los servicios de prevención dentro del sector de los áridos:
 - Cuál es el método de muestreo adecuado al riesgo higiénico específico.
 - Cuáles son los equipos de muestreo utilizados en el método de muestreo.
 - Cómo tiene que ser el tamaño de la muestra para que sea adecuada.
- Evaluar los riesgos en función del valor límite de cada riesgo higiénico para poder saber que acción preventiva acatar.
- Describir las medidas preventivas más importantes tanto colectivas como individuales para la eliminación o reducción de los determinados riesgos higiénicos dentro del sector de los áridos.

3. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR DE LOS ÁRIDOS

Los áridos son materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas utilizados en la construcción (edificación e infraestructuras) y en numerosas aplicaciones industriales. Coloquialmente son conocidos como arena, grava, gravilla, etc.

A continuación se describe el proceso de obtención de los áridos:

1. **Fase de investigación:** permite determinar la existencia o no de un yacimiento de áridos.
2. **Fase de extracción:** esta fase se desarrolla en 2 etapas, el desmonte de material no útil y la extracción del material útil. Estas dos etapas se pueden realizar mediante dos métodos dependiendo de la dureza del material.
 - a. **Fragmentación directa de la roca:** cuando el material es lo suficientemente blando, la fragmentación se realiza mecánicamente (Retroexcavadoras y palas cargadoras).
 - b. **Fragmentación mediante perforación y voladura:** cuando el material es muy duro se realizan voladuras con explosivos para fragmentar el material.



Ilustración 3. Perforación



Ilustración 4. Arranque mediante maquinaria móvil

3. **Carga del material:** el material una vez arrancado o fragmentado se carga en los camiones o dúmpers para ser transportado.
4. **Transporte a planta de tratamiento:** el material una vez cargado en los camiones o dúmpers es transportado a la planta de tratamiento.
5. **Tratamiento del material:** una vez en planta de tratamiento el material tratado para obtener las gravas o arenas que se deseen a través de machacadoras, molinos, cribas, etc.
6. **Almacenamiento del material tratado:** el material una vez tratado se procede a su almacenaje para que posteriormente tenga un destino.
7. **Salida del material:** el material es llevado al punto de destino, ya sea para utilizarlo como gravas o arenas o para la obtención del clínker.

3.1 Procesos o actividades de estudio dentro del sector de los áridos.

Los procesos o actividades, en las cuales los trabajadores se pueden ver afectados por riesgos higiénicos son las siguientes:

Proceso, Actividad o área afectada por los riesgos higiénicos	Trabajadores afectados dentro de cada proceso, actividad o área.
Perforación y voladura.	Perforista, Artillero, Director Facultativo.
Carga del material.	Conductor de maquinaria móvil (pala cargadora, camión, dúmpers).
Transporte del material.	Conductor de maquinaria móvil (camión, dúmpers).
Planta de tratamiento.	Plantista.
Báscula.	Personal encargado de la báscula.
Taller mecánico y de mantenimiento.	Mecánico.
Oficinas	Personal de oficina, Director Facultativo.

Tabla 1. Procesos, actividades, áreas y trabajadores afectados por los riesgos higiénicos.

Además de estas se encuentra el encargado, que puede estar en cualquiera de los puestos de trabajo.

A continuación se describen sencillamente cada uno de los puestos de trabajo:

- **Perforista:** se encarga de realizar las perforaciones en el frente de explotación ya sean para la realización de voladuras u otros fines.



Ilustración 5. Perforadora



Ilustración 6. Conductores de maquinaria móvil.

- **Artillero:** es el encargado de cargar la voladura y activarla.
- **Conductores de maquinaria móvil:** se encargan de cargar y transportar el material.
- **Plantista:** encargado de los mandos de la planta de tratamiento.
- **Mecánico:** encargado del mantenimiento y reparación de la maquinaria.
- **Basculista:** Control de la báscula y entrada y salida de camiones, entre otras labores.



Ilustración 7. Plantista.



Ilustración 8. Mecánico.

4. RIESGOS FÍSICOS

Uno de los principales riesgos higiénicos que podemos encontrar en el sector de los áridos son los agentes físicos. Estos agentes físicos pueden ser perjudiciales para la salud del trabajador, con lo cual se deben de evaluar y poner las medidas preventivas que se consideren oportunas.

Los principales agentes físicos que se pueden encontrar en el sector de los áridos son el ruido, las vibraciones, radiaciones no ionizantes, ambientes con sobrecarga térmica e iluminación.

A continuación se describen cada uno de ellos y se estudia con más detalle.

4.1. Ruido

El ruido se percibe mediante sensaciones “subjetivas”, que las califican como malestar.

El ruido puede producir una sensación de desagrado o disgusto a un individuo o en un grupo que conocen o imaginan la capacidad del mismo para afectar su salud. Esta sensación es a menudo la expresión de las interferencias con la actividad en curso, aunque no de forma exclusiva ya que puede ser modulada también por variables como el sexo, la edad, el nivel formativo, las condiciones de trabajo (carga mental, apremio de tiempo, clima laboral, satisfacción en el trabajo) y las características de la exposición (posible control o previsibilidad del ruido).

4.1.1. Localización del ruido

Como se ha comentado anteriormente, el ruido puede estar presente en todos los procesos de producción dentro del sector de los áridos. A continuación se describen los diferentes lugares donde se puede encontrar el ruido y el nivel de riesgo al que están expuestos:

Actividades o procesos	RIESGO MUY IMPORTANTE	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO MODERADO	RIESGO DE NIVEL BAJO O SIN RIESGO
Perforación y voladura				
Carga del material				
Transporte del material				
Planta de tratamiento				
Bascula				
Taller mecánico y de mantenimiento				
Oficinas				

Tabla 2. Localización del ruido.

4.1.2. Daños relacionados con el ruido

El ruido puede causar alteraciones auditivas temporales (fatiga auditiva) o permanentes (hipoacusia o sordera).

En cuanto a la hipoacusia o sordera profesional (catalogado como enfermedad profesional: 2A01) se define como sordera profesional de tipo neurosensorial, frecuencias de 3 a 6 KHz, bilateral simétrica e irreversible, es decir, se produce una rotura en el oído interno que como consecuencia no transmite esas vibraciones, con lo cual no escuchamos y es imposible reparar.

El ruido puede afectar a los siguientes sistemas del cuerpo humano:

- Sistema respiratorio
- Sistema cardiovascular
- Aparato digestivo y aparato muscular
- Metabolismo
- Visión
- Sistemas endocrinos
- Sistema nervioso, central y periférico

Trabajos que exponen a ruidos continuos cuyo nivel sonoro diario equivalente (según legislación vigente) sea igual o superior a 80 dB(A), en el caso de los áridos podemos encontrar:

Actividad	Código en el cuadro de EE.PP ¹
Trabajos con martillos y perforadores neumáticos en minas, túneles y galerías subterráneas.	2A0105
Molienda de piedras y minerales.	2A0117

Tabla 3. Enfermedades profesionales relacionadas con el ruido.

El ruido también puede provocar efectos bilógicos extra-auditivos como puede ser el malestar, trastorno de voz debido a la disfonía, daños digestivos o alteraciones del sueño.

Hay que tener especialmente cuidado con los trabajadores sensibles a este tipo de riesgo, es decir, aquellos que por cualquier circunstancia sea catalogado como trabajador sensible (por su edad, embarazo, enfermedad, etc....).

4.1.3. Normativa de aplicación

En cuanto al ruido se debe de tener en cuenta la siguiente normativa de aplicación.

- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición al ruido, que deroga a REAL DECRETO 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

4.1.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención

A continuación se detallan las labores que deben de realizar los servicios de prevención.

4.1.4.1. Método de medida del ruido

La elección de la estrategia de medición supone la planificación de las mediciones en lo que respecta a:

- El tiempo de duración: el tiempo que este expuesto el trabajador a dicho ruido.
- La elección de la jornada o jornadas de medición: en que jornadas el trabajador se va a encontrar expuesto.

¹ RD 1299/2006 sobre enfermedades profesionales. Cuadro 2: Enfermedades profesionales causadas por agentes físicos.

- Los periodos de la jornada que se desea medir: en que parte de la jornada de trabajo, el trabajador se va a encontrar expuesto.
- Los trabajadores sobre los que se van a realizar dichas mediciones: número de trabajadores que se encuentran expuestos a un determinado ruido.
- Los instrumentos que se van a utilizar: instrumentos de medida que se verán a continuación.

Las mediciones se realizarán, preferentemente, junto al oído del trabajador, a unos 10 cm de distancia; cuando el micrófono tenga que situarse muy cerca del cuerpo deberán efectuarse los ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado².



Ilustración 9. Medida del ruido con un sonómetro.

En base a la estrategia de medición expuesta anteriormente, se deben de medir los siguientes niveles de ruido dependiendo de cada situación³:

² Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. Anexo II: Medición del Ruido.

³ Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. Anexo I: Definiciones.

- **Nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$):** normalizado a una jornada de 8 horas y calculado en dB(A).
- **Nivel pico (L_{pico}):** valor máximo de la presión acústica instantánea a que está expuesto el trabajador y calculado en dB(C).
- **Nivel de exposición semanal equivalente ($L_{Aeq,s}$):** en circunstancias debidamente justificadas, y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos, para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria al ruido para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos. Este será referido a 40 horas y se medirá en dB(A).

4.1.4.2. Equipos de muestreo del ruido.

Para la medición del ruido utilizaremos instrumentos que nos permitan obtener el valor de presión acústica ponderado, para realizar la evaluación de riesgos con respecto a los valores límites establecidos por el Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición al ruido.

En cuanto a la instrumentación utilizada para la realización de las medidas de ruido, los servicios de prevención, incluidos dentro del campo de aplicación de la Orden ITC/2845/2007, deberán utilizar una instrumentación que cumpla los requerimientos indicados en la misma, entre los que se encuentran los relativos a: certificado de conformidad, verificación después de reparación o modificación y verificación periódica.

Los instrumentos a utilizar para la medida de esos niveles son: sonómetros, medidores personales de exposición denominados dosímetros y calibradores acústicos.

Sonómetros:

El sonómetro es un instrumento electrónico capaz de medir el nivel de presión acústica instantáneo, expresado en decibelios (dB), sin considerar su efecto fisiológico. Estos pueden ser convencionales (no integradores- promediadores) o integrados (integradores-promediadores)⁴.

⁴ Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. Anexo III: Instrumentos de medición y condiciones de aplicación.



Ilustración 10. Sonómetro.

Dosímetros:

Los dosímetros son equipos destinados a la evaluación de una exposición al ruido de distintos niveles de ruido en el tiempo.

Los medidores personales de exposición al ruido (dosímetros) podrán ser utilizados para la medición del nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$) de cualquier tipo de ruido.

Los medidores personales de exposición al ruido, también denominados dosímetros, miden la exposición sonora resultante de sonidos estacionarios, intermitentes, fluctuantes, irregulares o impulsivos (valores pico).

La utilización más adecuada de los dosímetros es la valoración acústica de los puestos de trabajo de movilidad elevada, cuyo nivel de exposición al ruido varía constantemente durante toda la jornada laboral y que por otros métodos sería muy compleja⁴.



Ilustración 11. Dosímetro.

4.1.4.3. Tamaño de la muestra

Entre los métodos de evaluación y medición utilizados deberá incluirse un muestreo por puesto de trabajo, que deberá ser representativo de la exposición personal de los trabajadores.

Para efectuar las mediciones se elegirán una o más jornadas que el técnico, sobre la base de la información recibida de la empresa y de los trabajadores, considere representativas del trabajo habitual.

Dependiendo de las características del trabajo utilizaremos una toma de muestreo u otra. En la siguiente tabla se indican varios tipos de trabajo y la estrategia a seguir:

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO			TIPO DE ESTRATEGIA DE MEDICIÓN		
Movilidad del puesto	Complejidad de la tarea	Ejemplo	Mediciones basadas en la operación	Mediciones basadas en el trabajo	Mediciones de la jornada completa
Fijo	Sencilla o una sola operación	Soldar componentes electrónicos en línea de montaje	Recomendada	-	-
Fijo	Compleja o con muchas operaciones	Cortar preparar soldar piezas	Recomendada	Aplicable	Aplicable
Móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas operaciones	Cargar y descargar camiones	Recomendada	Aplicable	Aplicable
Móvil	Trabajo definido con muchas operaciones o con un patrón de trabajo complejo	-	Aplicable	Aplicable	Aplicable
Móvil	Patrón de trabajo impredecible	-	-	Aplicable	Recomendable
Fijo o móvil	Compuesta de muchas operaciones cuyo tiempo de duración es impredecible	-	-	Recomendada	Aplicable
Fijo o móvil	Sin operaciones asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	Encargado de un taller	-	Recomendada	Aplicable

Tabla 4. Elección del tamaño de la muestra⁵.

Mediciones basadas en tareas:

Se divide en operaciones o tareas la jornada de trabajo. Debe conocerse la duración de la operación. Cuando las fuentes de ruido presentes en una operación son de gran intensidad cobra gran importancia la exactitud de ese dato. La duración de la operación puede determinarse contrastando la

⁵ Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. Apéndice 5: Mediciones del nivel del Ruido. Punto 4: Estrategia de Medición.

información de los trabajadores y de los encargados, observando y midiendo la duración y recogiendo información sobre la actividad de las fuentes características de ruido durante la operación.

Mediciones basadas en el trabajo:

Se trata de tomar aleatoriamente muestras durante el desarrollo del trabajo. La estrategia es apropiada cuando la jornada no puede dividirse en operaciones o no está clara dicha división. No es un sistema adecuado cuando hay episodios de ruido muy intensos y de corta duración. Por ejemplo mecánico.

El muestreo puede llevarse a cabo en un Grupo Homogéneo de Exposición (GHE), es decir, un grupo de trabajadores cuya exposición, a la vista de las condiciones de su trabajo, debería ser similar. En la siguiente tabla aparecen, dependiendo el número de trabajadores, la duración del muestreo.

Número de trabajadores del grupo homogéneo (G)	Duración mínima acumulada de las mediciones (horas)
$G \leq 5$	5
$5 < G \leq 15$	$5 + (G - 5) / 2$
$15 < G \leq 40$	$10 + (G - 15) / 4$
$G > 40$	17 o subdividir el grupo \leq

Tabla 5. Duración de las mediciones basadas en el trabajo⁵.

Ejemplo: Se desea medir el nivel de ruido en un grupo de 10 trabajadores que en apariencia sufren similar exposición. Se procede de la siguiente forma:

De acuerdo con la tabla anterior la duración mínima acumulada del muestreo ($G=10$) debe ser de $5 + (10 - 5) / 2 = 7,5$ horas. Se decide realizar 10 muestras por lo que cada una durará 45 minutos.

Mediciones de la jornada completa:

Este tipo de medición es la más utilizada y supone cubrir la totalidad del tiempo de trabajo de la jornada, incluyendo tanto los periodos más ruidosos como los más tranquilos. Lo más práctico es, en estos casos, utilizar dosímetros personales. Cuando no es posible que las mediciones se extiendan a la totalidad de la jornada, deben cubrir lo máximo posible e incluir los periodos más significativos de ruido. Estos dosímetros personales los debe de llevar el trabajador durante su jornada de trabajo.

4.1.5. Evaluación del riesgos en función de los valores límite

El empresario deberá realizar una evaluación basada en las mediciones de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores.

Según el artículo 6.1 del Real Decreto 286/2006, la medición no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma.

Los valores límite establecidos por el R.D. 286/2006 son los siguientes⁶:

	Nivel de exposición diaria dB (A)	Nivel de pico dB (C)
Valor límite	87	140
Valor superior de exposición que da lugar a una acción.	85	137
Valor inferior de exposición que da lugar a una acción.	80	135

Tabla 6. Valores límite de exposición a ruido.

Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.

En ningún caso el trabajador debe superar el valor límite (87 dB(A)).

Dependiendo del valor límite donde nos encontremos tendremos la siguiente situación:

Acciones preventivas	$L_{Aeq,d} < 80\text{dBA}$ $L_{pico} < 135\text{dBC}$	$L_{Aeq,d} \geq 80\text{dBA}$ $L_{pico} \geq 135\text{dBC}$ $L_{Aeq,d} < 85\text{dBA}$ $L_{pico} < 137\text{dBC}$	$L_{Aeq,d} \geq 85\text{dBA}$ $L_{pico} \geq 140\text{dBC}$ $L_{Aeq,d} < 87\text{dBA}$ $L_{pico} < 140\text{dBC}$	$L_{Aeq,d} \geq 87\text{dBA}$ $L_{pico} \geq 140\text{dBC}$
Evaluación inicial de los puestos existentes.	Sí	Sí	Sí	Sí
Evaluación inicial de los puestos de nueva creación o modificados.	Sí	Sí	Sí	Sí
Evaluación periódica de los puestos existentes	-	Mínimo cada 3 años	Mínimo cada año	Mínimo cada año
Reducción inmediata exposición al ruido y actuación preventiva.	-	-	-	Sí (informar a los delegados de prevención)

⁶ Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición al ruido. Artículo 5: Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

Acciones preventivas	$L_{Aeq,d} < 80\text{dBA}$ $L_{pico} < 135\text{dBC}$	$L_{Aeq,d} \geq 80\text{dBA}$ $L_{pico} \geq 135\text{dBC}$ $L_{Aeq,d} < 85\text{dBA}$ $L_{pico} < 137\text{dBC}$	$L_{Aeq,d} \geq 85\text{dBA}$ $L_{pico} \geq 140\text{dBC}$ $L_{Aeq,d} < 87\text{dBA}$ $L_{pico} < 140\text{dBC}$	$L_{Aeq,d} \geq 87\text{dBA}$ $L_{pico} \geq 140\text{dBC}$
Informar y formar a los trabajadores sobre el riesgo	-	Sí	Sí	Sí
Información previa de adquisición de equipos	-	Sí	Sí	Sí
Suministro de protectores auditivos.	-	A disposición de todo el personal expuesto	A todo el personal expuesto	A todo el personal expuesto.
Obligación de a usar los protectores.	-	*	Sí	Sí
Control médico inicial	-	Sí	Sí	Sí
Control médico periódico. Si existe riesgo para la salud con carácter de mínimos	-	Sí Mínimo cada 5 años	Sí Mínimo cada 3 años	Sí Anual
Desarrollar un programa de medidas técnicas y organizativas para reducir el ruido.	-	-	Sí Anual	Sí Anual
Señalización de los lugares con riesgo.	-	-	Sí, Obligatorio	Sí, Obligatorio
Delimitar los puestos de trabajo y restringir el acceso	-	-	Sí	Sí

Tabla 7. Acciones preventivas en función del nivel de ruido⁷.

*En este caso el empresario deberá fomentar la utilización de la protección personal.

4.1.6. Medidas preventivas

Los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen.

4.1.6.1 Medidas colectivas

Siempre que se pueda se aplicarán medidas colectivas, es decir, que afecten al conjunto de trabajadores, antes de aplicar medidas individuales como son los protectores auditivos (EPIs).

⁷ Falagán Rojo, Manuel Jesús, Manual práctico de higiene industrial. Tomo II: Agentes físicos y actividades especiales Fundación Luis Fernández Velasco, 2008. Página 90.

En cuanto a medidas colectivas frente al ruido podríamos aplicar las siguientes:

- Alejamiento de las zonas de trabajo donde haya altos niveles de ruido.
- Apantallamiento o cerramiento, mediante materiales aislantes al ruido, los lugares donde se produzcan ruidos de niveles altos.
- Proporcionar a las máquinas o motores silenciadores, siempre y cuando se pueda.
- En el caso de voladuras, cumplir con la normativa aplicable para no estar en la zona cuando se realiza la voladura.
- Información en forma de señalización de la utilización de protección individual o cuando pueda haber niveles altos de ruido.

4.1.6.2. Medidas individuales.

Cuando no sea posible la eliminación o reducción del ruido de tal manera que superemos los valores límite, la protección de los trabajadores será individual, mediante protectores auditivos.



Ilustración 12. Protección auditiva.

Los protectores auditivos individuales se seleccionarán para que supriman o reduzcan al mínimo el riesgo.

Los protectores auditivos se aplicaran según lo indicado en el apartado 4.1.5.

4.2. Vibraciones

Las vibraciones son movimientos oscilatorios de un cuerpo elástico con respecto a una posición de referencia.

Estas vibraciones podrán transmitirse al cuerpo a través de la mano-brazo o a través del cuerpo entero⁸:

- **Vibración transmitida al sistema mano-brazo:** la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares.
- **Vibración transmitida al cuerpo entero:** la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

A la hora de evaluar las vibraciones se tienen que tener en cuenta los siguientes parámetros: velocidad, desplazamiento y aceleración de la vibración.

4.2.1. Localización de las vibraciones

Las vibraciones pueden estar presentes en todos los procesos de producción dentro del sector de los áridos. A continuación, se describen los diferentes lugares donde se puede encontrar las vibraciones y el nivel de riesgo al que están expuestos:

⁸ Real Decreto 1311/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Artículo 2: Definiciones.

Actividades o procesos	RIESGO MUY IMPORTANTE	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO MODERADO	RIESGO DE NIVEL BAJO O SIN RIESGO
Perforación y voladura			Vibraciones de cuerpo entero	Vibraciones Mano-Brazo
Carga del material	Vibraciones de cuerpo entero	Vibraciones Mano-Brazo		
Transporte del material	Vibraciones de cuerpo entero	Vibraciones Mano-Brazo		
Planta de tratamiento			Vibraciones de cuerpo entero. Vibraciones Mano-Brazo	
Bascula				Vibraciones de cuerpo entero. Vibraciones Mano-Brazo
Taller mecánico y de mantenimiento	Vibraciones Mano-Brazo			Vibraciones de cuerpo entero
Oficinas o personal encargado				Vibraciones de cuerpo entero. Vibraciones Mano-Brazo

Tabla 8. Localización de las vibraciones.

4.2.3. Daños relacionados con las vibraciones

Las vibraciones de **cuerpo entero** pueden producir trastornos respiratorios, músculo-esqueléticos, sensoriales, cardiovasculares, efectos sobre el sistema nervioso, sobre el sistema circulatorio o sobre el sistema digestivo. También puede afectar a la disminución del rendimiento de trabajo.

Las vibraciones de **mano-brazo** pueden causar trastornos vasculares, nerviosos, musculares, de los huesos y de las articulaciones de las extremidades superiores.

Existen enfermedades profesionales que están relacionadas con las vibraciones⁹:

- Enfermedades osteoarticulares o angioneuróticas provocadas por las vibraciones mecánicas. Esta enfermedad está producida por:
 - **Afectación vascular.** Trabajos en los que se produzcan vibraciones transmitidas a la mano y al brazo por gran número de máquinas o por objetos mantenidos sobre una superficie vibrante (gama de frecuencia de 25 a 250 Hz), como son aquellos en los que se manejan maquinarias que transmitan vibraciones, como martillos neumáticos, , taladros, taladros a percusión, perforadoras, sierras mecánicas.
 - **Afectación osteoarticular:** Trabajos en los que se produzcan vibraciones transmitidas a la mano y al brazo por gran número de máquinas o por objetos mantenidos sobre una superficie vibrante (gama de frecuencia de 25 a 250 Hz), como son aquellos en los que se manejan maquinarias que transmitan vibraciones, como martillos neumáticos, taladros, taladros a percusión, perforadoras, sierras mecánicas.

De manera concreta hay una enfermedad profesional (Enfermedades osteoarticulares o angioneuróticas) reconocidas de los trabajos dentro del sector de los áridos:

Actividad	Afección	Código
Trabajos en los que se produzcan: vibraciones transmitidas a la mano y al brazo por gran número de máquinas o por objetos mantenidos sobre una superficie vibrante (gama de frecuencia de 25 a 250 Hz), como son aquellos en los que se manejan maquinarias que transmitan vibraciones, como martillos neumáticos, punzones, taladros, taladros a percusión, perforadoras, pulidoras, esmeriles, sierras mecánicas, desbrozadoras.	Vascular	2B0101
Trabajos en los que se produzcan: vibraciones transmitidas a la mano y al brazo por gran número de máquinas o por objetos mantenidos sobre una superficie vibrante (gama de frecuencia de 25 a 250 Hz), como son aquellos en los que se manejan maquinarias que transmitan vibraciones, como martillos neumáticos, punzones, taladros, taladros a percusión, perforadoras, pulidoras, esmeriles, sierras mecánicas, desbrozadoras.	Osteoarticular	2B0201

⁹<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf>

Actividad	Afección	Código
Trabajos que exponen al apoyo del talón de la mano de forma reiterativa, percutiendo sobre un plano fijo y rígido así como los choques transmitidos a la eminencia hipotenar por una herramienta percutante.	Osteoarticular	2B0203

Tabla 9. Enfermedades profesionales relacionadas con las vibraciones¹⁰.

FRECUENCIA DE LA VIBRACIÓN	MÁQUINA, HERRAMIENTA O VEHÍCULO	EFFECTOS SOBRE EL ORGANISMO
Muy baja frecuencia < 1Hz	Equipos de perforación.	Provocan trastornos en el sistema nervioso central. Pueden producir mareos y vómitos.
Baja frecuencia 1-20 Hz	Vehículos de transporte: Carretillas elevadoras y camiones... Habitualmente se transmiten al cuerpo completo.	Lumbalgias, hernias lumbociáticas... Agravan lesiones e inciden en trastornos debidos a malas posturas. Crean dificultad en el equilibrio y trastornos de visión en algunos casos.
Alta frecuencia 20-1000 Hz	Herramientas manuales rotativas o percutoras: Pulidoras de mano, radiales, martillos neumáticos. Habitualmente se transmiten únicamente al conjunto mano-brazo.	Crean trastornos en las articulaciones: Artrosis hiperostante en el codo, lesiones de muñeca, afecciones en la mano. Problemas estomacales.

Tabla 10. Efectos sobre el organismo causados por las vibraciones dependiendo de la frecuencia.

4.2.4. Normativa de aplicación

En cuanto a las vibraciones se debe de tener en cuenta la siguiente normativa de aplicación.

- Real Decreto 1311/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

4.2.5. Actividades técnicas de los servicios de prevención

A continuación se detallan las labores que deben de realizar los servicios de prevención.

¹⁰ RD 1299/2006 sobre enfermedades profesionales. Cuadro 2: Enfermedades profesionales causadas por agentes físicos.

4.2.5.1. Método de medida

Cuando queremos saber la exposición a vibraciones lo que tenemos que determinar es la aceleración de la vibración medida en m/s^2 . Esa aceleración la tenemos que referenciar a la jornada de trabajo, de 8 horas, A(8).

Para evaluar el nivel de exposición a la vibración mecánica, podrá recurrirse a la medición de la aceleración de la vibración referente a dos métodos¹¹:

1. **Sin medición**: observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por el fabricante.
2. **Con medición**: medición de las vibraciones mediante un instrumento de medida (acelerómetro).

Determinación de la aceleración de la vibración sin medición

Para poder determinar la aceleración sin tener que recurrir a su medición por medio de vibrometro, deben cumplirse todas y cada una de las siguientes condiciones:

- a) Disponer de los valores de emisión del equipo, que pueden ser suministrados por el fabricante o proceder de otras fuentes.
- b) Las condiciones de funcionamiento reales del equipo son similares a aquéllas para las que se han obtenido los niveles de emisión publicados.
- c) El equipo debe estar en buenas condiciones y su mantenimiento se realiza según las recomendaciones del fabricante.
- d) Las herramientas insertadas y los accesorios utilizados deben ser similares a los empleados para la determinación de los valores declarados de la aceleración.

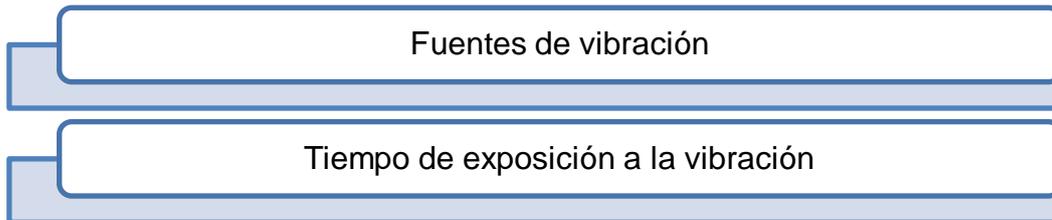
Determinación a partir de la medición de la aceleración de la medición

Es importante conocer las condiciones en que se han determinado los valores de la aceleración que se contemplan en los apartados anteriores, ya que de serlo en circunstancias significativamente diferentes a las condiciones reales de utilización deberá recurrirse a la medición de la aceleración.

Esta medición nos proporcionará los valores eficaces de la aceleración ponderada en frecuencia que permitirán determinar el valor de A(8) (Exposición Diaria).

¹¹ Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores a las vibraciones. Apéndice 2: Evaluación del riesgo.

Una vez se dispone del valor de la aceleración y del tiempo de exposición, se está en condiciones de determinar el valor de la exposición diaria a vibraciones normalizado para un periodo de 8 horas, $A(8)$. Sin embargo, este cálculo debe enfocarse de distinta forma según se esté expuesto a una sola fuente de vibraciones o a más de una por el hecho de, por ejemplo, manejar varias máquinas que produzcan vibraciones. Entonces tendremos que tener en cuenta:



Mano-brazo:

La medición se ajustará a los criterios de la norma UNE-EN ISO 5349-2: 2002 “Vibraciones mecánicas”.

Las mediciones deben hacerse en los tres ejes de referencia (x_h , y_h , z_h) del sistema de coordenadas ortogonal.

Direcciones de los ejes:

- **X** dorso – palma de la mano
- **Y** línea nudillos
- **Z** mano – interior brazo.

Cuando se trate de herramientas que se utilizan con las dos manos, deben medirse ambas y evaluar con referencia a la magnitud más elevada de las dos.

Antes de medir se debe de saber en qué dirección y en qué punto de la superficie de contacto se genera la vibración más intensa para realizar la medida en ese punto.



Ilustración 13. Medición de las vibraciones Mano-Brazo.

Cuerpo entero:

Las mediciones deben hacerse en los tres ejes de referencia (x, y, z) del sistema de coordenadas ortogonal correspondiente a la postura a evaluar (sentado o de pie), definidos en la norma ISO 2631-1. Se determina el valor de la aceleración eficaz ponderada en frecuencia (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}) para cada uno de los tres ejes de referencia y a partir de ellos se realiza la evaluación con referencia al mayor de los valores obtenidos.



Ilustración 14. Medición de las vibraciones de cuerpo entero.

Para las vibraciones de cuerpo entero se utiliza un asiento acorchado con un transductor para una postura sedentaria de trabajo. Y para las mediciones de posturas de trabajo de pie, se realizan lo más cerca posible de los pies.

4.2.5.2. Equipo de muestreo

El instrumento de medida que se usa para medir las vibraciones es el **vibrómetro**, que está compuesto por **el acelerómetro**, un dispositivo para tratamiento y salida de datos y el cable de conexión entre ambos. A partir del acelerómetro la señal de vibración puede procesarse de diferentes formas para alcanzar una medición de la aceleración eficaz ponderada en frecuencia durante un periodo de medida.



Ilustración 15. Acelerómetro.

4.2.5.3. Tamaño de la muestra

Es importante determinar el número de mediciones a realizar así como la duración de las mismas de forma que se puedan obtener valores representativos de la exposición a vibraciones cuerpo entero durante toda de la jornada laboral.

Mano-brazo:

Cuando sea posible, deben tomarse una serie de muestras a diferentes horas del día y promediarlas para obtener una medida representativa de las condiciones reales de exposición.

La duración mínima aceptable depende de las características de la señal, de la instrumentación y del tipo de operación. El tiempo total de medición (es decir, el número de muestras multiplicado por la duración de cada medición) debe ser al menos de 1 minuto y componerse como mínimo de 3 muestras para cada operación.

Es preferible tomar un determinado número de muestras de corta duración que una sola muestra de larga duración. Para cada operación deben tomarse al menos tres muestras. Las mediciones de corta duración de tiempo inferior a 8 segundos no son fiables, y deben evitarse.

Cuando no sea posible llevar a cabo las mediciones durante un minuto, se puede recurrir a procedimientos de trabajo simulados, para obtener la duración mínima de medición¹².

Cuerpo entero:

Cuando se trate de operaciones largas ininterrumpidas, se recomienda realizar un número N de mediciones, de por lo menos 3 minutos de duración cada una, en diferentes momentos de la jornada, y después determinar el valor ponderado de la magnitud de la vibración. Ejemplo asiento de vehículos como pala cargadora, dúmper, retroexcavadora, etc.

En el caso de operaciones de corta duración que se repiten cíclicamente a lo largo de la jornada, cada medida se hará sobre un ciclo completo (mayor de 3 minutos), teniendo en cuenta que el número de ciclos de trabajo sobre los que se hacen las mediciones debe ser el suficiente para que el valor obtenido a partir de ellos sea representativo de la exposición diaria.

Si no existen ciclos, se deben medir las vibraciones en cada una de las operaciones, y en el caso de que no haya ciclos y las operaciones duren menos de tres minutos, se pueden repetir las operaciones hasta llegar a un mínimo de 3 minutos o se puede simular la operación para llegar a obtener muestras de tres minutos por razones de tipo estadístico¹².

4.2.6. Evaluación de riesgos en función del valor límite

Existen una serie de valores límite de la aceleración de la vibración, establecidos por el R.D. 1311/2005, que nos permite realizar una evaluación de esas vibraciones¹³.

Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo:

- El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas se fija en 5 m/s^2 .
- El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en $2,5 \text{ m/s}^2$.

SISTEMA MANO-BRAZO	
Valor límite de exposición	5 m/s^2
Valor de exposición que da lugar a una acción	$2,5 \text{ m/s}^2$

Tabla 11. Valores límite de vibraciones. Sistema mano-brazo.

¹² Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores a las vibraciones. Apéndice 3: Medición de las vibraciones.

¹³ Real Decreto 1311/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Artículo 3: Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

Vibraciones transmitidas a cuerpo entero:

- El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas se fija en $1,15 \text{ m/s}^2$.
- El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas que da lugar a una acción se fija en $0,5 \text{ m/s}^2$.

SISTEMA CUERPO ENTERO	
Valor límite de exposición	$1,15 \text{ m/s}^2$
Valor de exposición que da lugar a una acción	$0,5 \text{ m/s}^2$

Tabla 12. Valores límite de vibraciones. Sistema cuerpo entero.

El empresario deberá realizar una evaluación y, en caso necesario como se ha visto en el apartado 4.2.5.1, la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores.

Dicha evaluación consiste en determinar el parámetro $A(8)$, tal como se ha indicado anteriormente, que depende del tiempo de exposición y de la magnitud de la vibración expresada a través de su aceleración, y compararlo con el valor que da lugar a una acción y con el valor límite, lo que conducirá a tres posibles escenarios: $A(8)$ está por debajo del valor que da lugar a una acción, está entre éste y el valor límite o está por encima de él.

La evaluación de los riesgos deberá mantenerse actualizada y se deberá de revisar.

El empresario, al evaluar los riesgos, concederá particular atención a los siguientes aspectos¹⁴:

- El nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida toda exposición a vibraciones intermitentes o a sacudidas repetidas.
- Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción.
- Todos los efectos que guarden relación con la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles expuestos al riesgo, incluidas las trabajadoras embarazadas.
- Todos los efectos indirectos para la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre las vibraciones mecánicas y el lugar de trabajo u otro equipo de trabajo.

¹⁴ Real Decreto 1311/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Artículo 4: Determinación y evaluación de los riesgos.

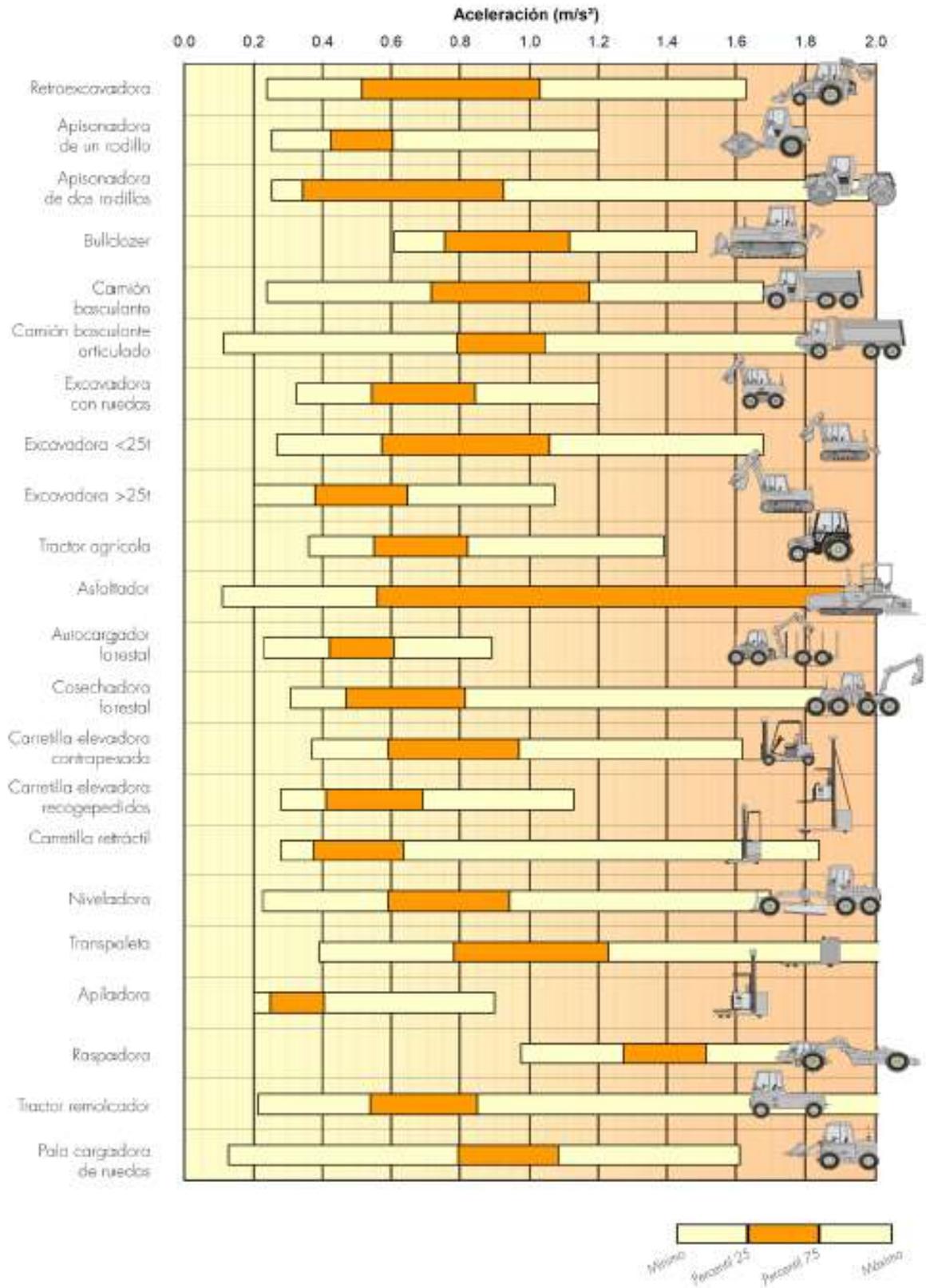
- La información facilitada por los fabricantes del equipo de trabajo con arreglo a lo dispuesto en la normativa que regula la seguridad en la comercialización de dichos equipos.
- La existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a las vibraciones mecánicas.
- La prolongación de la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero después del horario de trabajo, bajo responsabilidad del empresario.
- Condiciones de trabajo específicas, tales como trabajar a temperaturas bajas.
- La información apropiada derivada de la vigilancia de la salud de los trabajadores incluida la información científico-técnica publicada, en la medida en que sea posible.

Evaluación de riesgos según los casos vistos anteriormente:

- **Riesgo tolerable (Mano-brazo $< 2,5 \text{ m/s}^2$, cuerpo entero $< 0,5 \text{ m/s}^2$):**
 - Cumplir lo establecido en cuanto a formación, información, participación y consulta de los trabajadores.
 - Llevar a cabo la revisión de la evaluación de riesgos anualmente.
- **Situación de riesgo (Mano-brazo $2,5 \text{ m/s}^2 < V < 5 \text{ m/s}^2$, cuerpo entero $0,5 \text{ m/s}^2 < V < 1,15 \text{ m/s}^2$):** el empresario establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y/o de organización destinado a reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas y los riesgos que se derivan de ésta.
- **Riesgo intolerable (Mano-brazo $> 5 \text{ m/s}^2$, cuerpo entero $> 1,15 \text{ m/s}^2$):** Los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición. El empresario tomará de inmediato medidas para reducir la exposición a niveles inferiores a dicho valor límite. Asimismo, determinará las causas por las que se ha superado el valor límite de exposición y modificará, en consecuencia, las medidas de protección y prevención, para evitar que se vuelva a sobrepasar.

Acciones preventivas	Sistema cuerpo entero (m/s^2)			Sistema Mano-brazo (m/s^2)		
	$A(8) < 2,5$	$2,5 < A(8) < 5$	$A(8) > 5$	$A(8) < 0,5$	$0,5 < A(8) < 1,15$	$A(8) > 1,15$
Evaluación inicial de los puestos existentes.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Evaluación inicial de los puestos de nueva creación o modificados.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Revisión de la evaluación.	Sí	-	-	Sí	-	-
Establecer programas de medidas técnicas preventivas y/o organizativas	-	Sí	Sí	-	Sí	Sí
Reducción inmediata del riesgo.	-	-	Sí. No debe de sobrepasar.	-	-	Sí. No debe de sobrepasar.
Informar y formar a los trabajadores sobre el riesgo	Informar y formar de la Evaluación de Riesgos que se haya obtenido.					
Vigilancia de la salud.*	-	Sí	Sí	-	Sí	Sí

Tabla 13. Acciones preventivas en función del nivel de vibraciones.



4.2.7. Medidas preventivas

Cuando se esté en **Situación de riesgo (Mano-brazo $2,5 \text{ m/s}^2 < A(8) < 5 \text{ m/s}^2$, cuerpo entero $0,5 \text{ m/s}^2 < A(8) < 1,15 \text{ m/s}^2$)** el programa de medidas técnicas será el siguiente¹⁵:

- Cambiar si es posible otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse a vibraciones mecánicas.
- La elección del equipo de trabajo adecuado, bien diseñado desde el punto de vista ergonómico y generador del menor nivel de vibraciones posible, habida cuenta del trabajo al que está destinado.
- El suministro de equipo auxiliar que reduzca los riesgos de lesión por vibraciones, por ejemplo, asientos, amortiguadores u otros sistemas que atenúen eficazmente las vibraciones transmitidas al cuerpo entero y asas, mangos o cubiertas que reduzcan las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.
- Programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo. Por ejemplo, mantenimiento de las pistas cumpliendo con las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITCs).
- La información y formación adecuadas a los trabajadores sobre el manejo correcto y en forma segura del equipo de trabajo, para así reducir al mínimo la exposición a vibraciones mecánicas. Conducción adecuada de los vehículos.
- La limitación de la duración e intensidad de la exposición.
- Una ordenación adecuada del tiempo de trabajo.
- La aplicación de las medidas necesarias para proteger del frío y de la humedad a los trabajadores expuestos, incluyendo el suministro de ropa adecuada.

4.3. Radiaciones no ionizantes

Radiación se entiende por la emisión, propagación y transferencia de energía en cualquier medio en forma de ondas electromagnéticas o partículas. Lo que caracteriza a una onda electromagnética es la frecuencia, longitud de onda, energía y velocidad de propagación.

Las radiaciones pueden ser ionizantes o no ionizantes:

- **Radiación ionizante:** es aquella que tiene una energía muy elevada ($> 12 \text{ eV}$), suficiente para ionizar la materia y romper los enlaces que unen

¹⁵ Aitemin, Centro Tecnológico, Guía sobre el riesgo de exposición a vibraciones en la maquinaria móvil de minería. s.l. Aitemin, Centro Tecnológico, 2010.

el ADN. Tienen una frecuencia muy elevada y una longitud de onda muy pequeña.

- **Radiaciones no ionizantes:** es aquella que no tiene la energía suficiente para ionizar la materia. Tiene una frecuencia baja y una longitud de onda grande.

Uno de los conceptos más importantes que hay que tener claro son las radiaciones denominadas ópticas¹⁶.

Radiación óptica: Toda radiación electromagnética cuya longitud de onda esté comprendida entre 100 nm y 1 mm. El espectro de la radiación óptica se divide en radiación ultravioleta, radiación visible y radiación infrarroja:

- Radiación ultravioleta: La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 100 y 400 nm. La región ultravioleta se divide en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm).
- Radiación visible: La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 380 nm y 780 nm.
- Radiación infrarroja: La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 780 nm y 1 mm. La región infrarroja se divide en IRA (780-1.400 nm), IRB (1.400-3.000 nm) e IRC (3.000 nm-1mm).

En este TFM solo se va a tratar de las radiaciones no ionizantes (RD 486/2010) ya que las radiaciones ionizantes no están presentes en ninguno de los puestos de trabajo del sector.

4.3.1. Localización de las radiaciones no ionizantes

Las radiaciones pueden estar presentes en todos los lugares de trabajo, pero solo algunas de ellas son consideradas como riesgo (sol, soldadura y determinadas lámparas). A continuación se describen los diferentes lugares donde se puede encontrar las radiaciones y el nivel de riesgo al que están expuestos los trabajadores:

¹⁶ Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. Artículo 2: Definiciones.

Actividades o procesos	RIESGO MUY IMPORTANTE	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO MODERADO	RIESGO DE NIVEL BAJO O SIN RIESGO
Perforación y voladura			SOLAR	
Carga del material				
Transporte del material				
Planta de tratamiento				
Bascula				
Taller mecánico y de mantenimiento	SOLDADOR			
Oficinas				

Tabla 14. Localización de las radiaciones no ionizantes.

4.3.2. Daños relacionados con las radiaciones no ionizantes

Las radiaciones no ionizantes dependiendo de una serie de factores pueden afectar a la seguridad y salud de los trabajadores, principalmente de la siguiente manera¹⁷:

- **Daños en la piel:**
 - **Eritema** El eritema, o “quemadura solar”, es un enrojecimiento de la piel que normalmente aparece de cuatro a ocho horas después de la exposición a la RUV y desaparece gradualmente al cabo de unos días. Las quemaduras solares intensas provocan formación de ampollas y desprendimiento de la piel.
 - **Fotosensibilización efectos:** adversos por exposición de origen profesional a la RUV en trabajadores fotosensibilizados está producida por cremas o pomadas aplicadas a la piel, por medicamentos ingeridos por vía oral o inyectados, o por el uso de inhaladores bajo prescripción médica.
 - **Efectos retardados:** La exposición crónica a la luz solar, en especial, al componente UVB, acelera el envejecimiento de la piel e incrementa el riesgo de cáncer de piel
- **Daños en os ojos:**
 - **Fotoqueratitis y fotoconjuntivitis:** Son reacciones inflamatorias agudas como consecuencia de la exposición a radiación UVB y

¹⁷<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/49.pdf>

UVC, que aparecen pocas horas después de una exposición excesiva y normalmente remiten al cabo de uno o dos días.

- **Lesión retiniana por luz brillante (retinitis):** pueden producirse daños fotoquímicos por exposición a fuentes con una fuerte componente de luz azul, con reducción temporal o permanente de la visión.
- **Efectos crónicos:** La exposición laboral de larga duración a la RUV durante varios decenios puede contribuir a la formación de cataratas y a efectos degenerativos no relacionados con el ojo, tales como envejecimiento cutáneo y cáncer de piel relacionados con la exposición.

4.3.3. Normativa de aplicación

Para las radiaciones no ionizantes se debe de tener en cuenta la siguiente normativa de aplicación.

- Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales.

4.3.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención

A continuación se detallan las labores que deben de realizar los servicios de prevención.

4.3.4.1. Método de medida

Como en todos los riesgos, lo primero de todo es su identificación, en este caso, las radiaciones ópticas están presentes en todos los puestos de trabajo, pero sólo bajo ciertas condiciones se consideran un riesgo que sea necesario evaluar. Cuando las fuentes de emisión estén encerradas o no sean accesibles, lógicamente no será necesario evaluarlas. Eso sí, hay que asegurarse de que no se realicen operaciones esporádicas en las que los trabajadores puedan verse implicados, como por ejemplo, las operaciones de limpieza y mantenimiento.

Para la metodología de medida se puede realizar de 2 maneras¹⁸:

1. **Estimación inicial:** Se realizará cuando podamos evaluar el riesgo sin necesidad de realizar mediciones. Consiste en hacer un cálculo aproximado o una estimación de la exposición. Para ello, es necesario realizar una recogida de información pormenorizada centrada especialmente en:
 - Los factores relacionados con la fuente: intervalo espectral, potencia o energía.

¹⁸ NTP755: Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral. INSHT

- Los factores del entorno de trabajo: La existencia de reflexiones, la distancia entre el foco y el trabajador, el tiempo de exposición y la existencia o no de un procedimiento de trabajo, etc....
 - Los factores asociados al trabajador: uso de equipos de protección individual y la formación e información que han recibido los trabajadores.
2. **Medida de la irradiación:** Realizar la medida mediante radiómetros y espectrorradiómetros. Un aspecto fundamental de esta fase es la elección de los puntos de medida. Éstos deben ser suficientes, tanto en número como en posición, y tienen que reflejar fielmente la posición o posiciones del trabajador a lo largo de su jornada laboral.

Una vez que tengamos los valores de irradiación ya sean obtenidos por alguno de los métodos mencionados anteriormente, los compararemos con el valor límite (ver apartado 4.3.6).



Ilustración 16. Medición de las radiaciones no ionizantes procedentes de trabajos de soldadura.

4.3.4.2. Equipos de medida

Para la realización de las medidas de radiación se pueden utilizar los siguientes instrumentos:

Fotoradiómetros: Son equipos destinados a medir las radiaciones ópticas en los rangos de frecuencia justos que establece la normativa.



Ilustración 17. Fotoradiómetro.

4.3.5. Evaluación del riesgo en función del valor límite

Según el Real Decreto 486/2010, se evaluarán los niveles de radiación a que estén expuestos los trabajadores, de manera que puedan definirse y ponerse en práctica las medidas necesarias para reducir la exposición a los límites aplicables. Se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El nivel, el intervalo de longitudes de onda y la duración de la exposición a fuentes artificiales de radiación óptica;
- Los valores límite de exposición establecidos;
- Los posibles efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores pertenecientes a grupos de riesgo particularmente sensibles;
- Los posibles efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores, resultantes de las interacciones, en el lugar de trabajo, entre la radiación óptica y las sustancias químicas fotosensibilizantes;
- Los posibles efectos indirectos, como el deslumbramiento temporal, la explosión o el incendio;
- La existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a radiaciones ópticas artificiales;
- La información apropiada derivada de la vigilancia de la salud, incluida la información científico-técnica publicada, en la medida en que sea posible;
- La exposición a múltiples fuentes de radiaciones ópticas artificiales;
- La información facilitada por los fabricantes de fuentes de radiación óptica y equipos de trabajo de conformidad con las directivas comunitarias aplicables.

En la siguiente tabla se pueden observar los valores límite:

LONGITUD DE ONDA	ÓRGANO	RIESGO	TIEMPO	ÁNGULO DE EXPOSICIÓN	VALOR LÍMITE SUBTENDIDO	UNIDADES
180-400 nm UV	PIEL OJOS	Eritemas/Cáncer de piel Conjuntivitis/queratitis	8 horas	-	$H_s = 30$	J/m^2
315-400 nm UVA	OJOS	Cataratas	8 horas	-	$H = 10^4$	J/m^2
300-700 nm UVA-VISIBLE	OJOS	Retinitis	$t \leq 10^4$ s	$\alpha \geq 11$ mrad	$L_B = 10^6/t$	W/m^2 sr
				$\alpha < 11$ mrad	$L_B = 100$	
			$t > 10^4$ s	$\alpha \geq 11$ mrad	$E_B = 100/t$	W/m^2
				$\alpha < 11$ mrad	$E_B = 0.01$	
380-1400 nm UVA-VISIBLE-IRA	OJOS	Quemadura retina	$t > 10$ s	$C = 1,7$ si $\alpha \leq 1,7$ mrad	$L_R = 2,8 \cdot 10^7/C$	W/m^2 sr
			$10^{-6} \leq t \leq 10$ s	$C = a$ si $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C = 100$ si $\alpha > 100$ mrad	$L_R = 5 \cdot 10^7/C t^{0,25}$	
780-1400 nm IRA	OJOS	Quemadura retina	$t > 10$ s	$C = 11$ si $\alpha \leq 11$ mrad	$L_R = 6 \cdot 10^7/C$	W/m^2 sr
			$10^{-6} \leq t \leq 10$ s	$C = a$ si $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C = 100$ si $\alpha > 100$ mrad	$L_R = 5 \cdot 10^7/C t^{0,25}$	
780-3000 nm IR	OJOS	Quemadura córnea	$t \leq 10^3$ s	-	$E = 18 \cdot 10^3 t^{0,75}$	W/m^2
		Cataratas	$t > 10^3$ s	-	$E = 100$	
380-3000 nm UVA-VISIBLE-IR	PIEL	Quemaduras piel	$t > 10$ s	-	$H = 20 \cdot 10^3 t^{0,75}$	J/m^2

Tabla 15. Valores límite de las radiaciones no ionizantes¹⁹.

En ningún caso la exposición del trabajador deberá superar los valores establecidos. Si, a pesar de las medidas adoptadas en aplicación de este Real Decreto, se comprobara exposiciones por encima de los valores límite de exposición, el empresario deberá:

¹⁹ Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales.

- Tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite;
- Determinar las causas de la sobreexposición;
- Corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia;
- Informar a los delegados de prevención de tales circunstancias.

4.3.6. Medidas preventivas

A continuación se detallan las medidas preventivas colectivas y las individuales. Recordar que siempre que se pueda establecer medidas colectivas antes que las individuales.

4.3.6.1. Medidas colectivas

Las medidas colectivas que podemos aplicar cuando estemos expuestos a este tipo de riesgos podrían ser las siguientes:

- ✓ En el caso de que se pueda, techar las zonas de trabajo que estén a la intemperie de una forma adecuada de tal manera que el trabajador no se vea afectado por las condiciones ambientales.
- ✓ Cuando haya zonas con sombra, intentar realizar los trabajos en estas zonas.
- ✓ Reducir los tiempos de exposición al sol, en el caso de que no se puedan evitar, mediante turnos o rotación del personal.
- ✓ Cuando sea necesario, utilizar pantallas que aíslen la radiación.
- ✓ Aislar las zonas donde se realicen trabajos de soldadura, de tal manera que solo este expuesto el trabajador que ejerce la soldadura.
- ✓ Aumentar la distancia a la exposición.
- ✓ Informar y formar a los trabajadores para que conozcan las condiciones a las que están expuestos y como deben de actuar en cada caso.
- ✓ Señalizar las zonas donde los trabajadores puedan estar expuestos.

4.3.6.2. Medidas individuales

Cuando no podamos aplicar medidas colectivas y tampoco podamos evitar la exposición a radiaciones tendremos que utilizar medidas individuales:

- ✓ Utilización de cremas protectoras adecuadas.
- ✓ Utilizar ropa adecuada de protección para protegernos de las quemaduras solares. Aconsejable ropas claras para que las condiciones ambientales de trabajo sean más adecuadas.
- ✓ Utilización de gafas con el grado de protección adecuado.
- ✓ Cuando se realicen tareas de soldadura utilizar la ropa adecuada (mandil, polainas, guantes, gafas, calzado sin cordones, casco...) y la protección adecuada para los ojos e instalar barreras de protección. VER UNE-EN 169 y 175. En la siguiente tabla se dan unas

recomendaciones de filtros a utilizar para proteger la visión a la hora de realizar la soldadura.

Proceso	Espesor (mm)	Intensidad (A)	Mínimo nº de filtros	Nº filtros adecuado
MIG-MAG	-	< 60	7	-
	-	60-160	10	11
	-	160-250	10	12
	-	250-500	10	14
TIG	-	<50	8	10
	-	50-150	8	12
	-	150-500	10	14
Soldadura por plasma	-	<20	6	8
	-	20-110	8	10
	-	100-400	10	12
	-	400-800	11	14
Oxigas (acero)	4	-	-	4-5
	4-13	-	-	5-6
	>13	-	-	6-8
	>25	-	-	3-4
	25-100	-	-	4-5
	>150	-	-	5-6
Arco aire	-	>500	-	-
	-	500-1000	10	12
	-		11	14
Corte por plasma	-	>300	8	9
	-	300-400	9	12
	-	400-800	10	14

Tabla 16. Filtros de protección para los ojos ante las soldaduras²⁰.

²⁰ Falagán Rojo, Manuel Jesús; Higiene Industrial (Manual Práctico); Fundación Luis Fernández Velasco; 2008. Página 418.

Estos valores se pueden observar en el etiquetado de los Equipos de Protección Individual y en las máquinas que se vayan a utilizar.

4.4. Ambientes con sobrecarga térmica

El hombre es un animal “homotermo”, es decir, mantiene su temperatura corporal casi constante mediante el funcionamiento de sus mecanismos de regulación, a pesar de las amplias oscilaciones que se pueden presentar en el medio ambiente.

La “temperatura corporal” es la temperatura a la que se encuentran las zonas más interiores del cuerpo, la cual permanece constante, oscilando entre los 36,5-37,5 °C durante el curso del día.

Este calor en nuestro cuerpo es producido por el propio metabolismo, ya sea metabolismo basal (reposo) o metabolismo debido a actividades (trabajo, ejercicio físico, mental, etc.)²¹.

4.4.1. Localización del ambiente con sobrecarga térmica

Este es un riesgo que puede estar presente en todos los lugares de trabajo, ya sean en locales cerrados, como pueden ser oficinas, o en lugares de trabajo al aire libre. Dentro del sector de los áridos podemos encontrar:

Locales cerrados

- Oficinas
- Casetas de mandos de machacadoras, molinos, cintas transportadoras, cribas.
- Interiores de vehículos, cabinas.
- Taller de mantenimiento

Al aire libre

- Trabajos de perforación, carga y voladura
- Trabajos al aire libre en planta de tratamiento.
- Trabajos de revisión y mantenimiento al aire libre

A continuación se describen los diferentes lugares donde los trabajadores se pueden ver afectados por el ambiente térmico y el nivel de riesgo al que están expuestos:

²¹ Menéndez Díez, Beatriz et al. Formación Superior en Prevención de Riesgos Laborales. Si. Lex Nova, 2009. Capítulo de Ambiente térmico.

Actividades o procesos	RIESGO MUY IMPORTANTE	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO MODERADO	RIESGO DE NIVEL BAJO O SIN RIESGO
Perforación y voladura				
Carga del material				
Transporte del material				
Planta de tratamiento				
Báscula				
Taller mecánico y de mantenimiento				
Oficinas				

Tabla 17. Localización de ambientes con sobrecarga térmica.

4.4.2. Daños relacionados con ambientes térmicos

Cuando estamos expuestos a temperaturas extremas nuestro cuerpo puede sufrir una tensión térmica por frío (hipotermia) o por calor (hipertermia). A continuación se puede observar las consecuencias que tiene cada uno de ellos.

Hipotermia:

- Malestar general
- Disminución de la destreza manual.
- Comportamientos extravagantes
- Congelación de los miembros
- Muerte. Temperatura inferior a 28 °C

Hipertermia:

- Transtornos psiconeuróticos
- Transtornos sistémicos: calambres, agotamiento, etc.
- Golpe de calor
- Trastornos en la piel: quemaduras, erupciones, etc.

Enfermedades recogidas en el Anexo II del RD 1299/2006: lista complementaria de enfermedades cuyo origen profesional se sospecha y cuya inclusión en el cuadro de enfermedades profesionales podría contemplarse en el futuro.

Enfermedad	Código
Enfermedades provocadas por el frío	C202

Ilustración 18. Enfermedades profesionales relacionadas con el frío²².

4.4.3. Normativa de aplicación

A continuación se citan la diferente legislación que afecta al tema de ambientes térmicos:

- Real decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el reglamento general de normas básicas de seguridad minera.
- 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.

4.4.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención

A continuación se detallan las labores que deben de realizar los servicios de prevención.

4.4.4.1. Método de medida

Para la medición o valoración del estrés térmico en el puesto de trabajo en un ambiente caluroso se utilizará el índice **WBGT (Wet Bulb Globe Thermom)**. Este método de evaluación realiza un diagnóstico rápido.

Índice WBGT²³

Para la valoración de este índice hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Factores humanos:
 - Metabolismo basal.
 - Fenómenos fisiológicos (sistema vasomotor, sudoración, etc.)
- Factores de trabajo:
 - Metabolismo de trabajo.
- Factores ambientales:
 - Velocidad del aire.
 - Temperatura seca del aire.
 - Temperatura húmeda.
 - Temperatura de globo (temperatura radiante media).

En función de los factores anteriores se deben de conocer los siguientes parámetros básicos:

²² Real Decreto 1299/2006 sobre enfermedades profesionales, Anexo 2.

²³ Luna Mendaza, Pablo. NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT. INSHT. 1993.

- Metabolismo basal del trabajador.
- Metabolismo de trabajo.
- Temperatura del aire (°C).
- Temperatura radiante media (°C).
- Velocidad del aire (m/s).
- Humedad absoluta (%).
- Condiciones del trabajador (sentado o de pie).
- Tiempo de exposición.

Para conocer el metabolismo de trabajo se tendrá que tener en cuenta la actividad que realicemos.

Estimación del consumo metabólico M			
A. Posición y movimiento del cuerpo			Kcal/min
Sentado			0,3
De pie			0,6
Andando			2,0 – 3,0
Subida de una pendiente andando			0,8 por m de subida
B. Tipo de trabajo		Media (kcal/min)	Rango (kcal/min)
Trabajo manual	Ligero	0,4	0,2 – 1,2
	Pesado	0,9	
Trabajo con un brazo	Ligero	1,0	0,7 – 2,5
	Pesado	1,7	
Trabajo con dos brazos	Ligero	1,5	1,0 – 3,5
	Pesado	2,5	
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3,5	2,5 – 15,0
	Moderado	5,0	
	Pesado	7,0	
	Muy pesado	9,0	

Tabla 18. Estimación del consumo metabólico²³.

A la hora de calcular este índice se tendrá que tener en cuenta que:

- Cuando la temperatura no es constante en los alrededores del puesto de trabajo, de forma que puede haber diferencias notables entre mediciones efectuadas a diferentes alturas, debe hallarse el índice **WBGT** realizando 3 mediciones, a nivel de tobillos, abdomen y cabeza.

- Si el análisis del lugar de trabajo y de la actividad ha mostrado que un parámetro no es constante en el tiempo, se debe determinar un valor medio representativo.

Para la medición a través de este método se utiliza un aparato de muestreo que nos identifica y muestra todos los parámetros necesarios (temperatura de globo, temperatura seca, humedad,...) para su cálculo, colocándolo en el lugar de trabajo.



Ilustración 19. Medición WBGT.

Método Fanger²⁴.

Otro método para evaluar el confort térmico es el método Fanger, que este sí que tiene en cuenta tanto el frío como el calor además de otros factores. Este método nos facilita el dsiconfort térmico de un determinado número de personas. Para ello se tienen en cuenta una serie de factores:

- **Características del vestido:** aislamiento y área total del mismo.
- **Características del tipo de trabajo:** carga térmica metabólica y velocidad del aire.

²⁴ Castejón Vilella, Emilio. NTP 74: Confort térmico – Método de Fanger para su evaluación. INSHT. 1983.

- **Características del ambiente:** temperatura seca, temperatura radiante media, presión parcial del vapor de agua en el aire y velocidad del aire.

Con estos factores determinaremos el **Índice de Valoración medio (IVM)**.

4.4.4.2. Equipos de muestreo.

Para el cálculo del índice WBGT utilizaremos equipos que nos midan los siguientes parámetros²³:

Temperatura de globo (TG): Es la temperatura indicada por un sensor colocado en el centro de una esfera de las siguientes características:

- 150 mm de diámetro.
- Coeficiente de emisión medio: 90 (negro y mate).
- Grosor: tan delgado como sea posible.
- Escala de medición: 20 °C-120 °C.
- Precisión: $\pm 0,5$ °C de 20 °C a 50 °C y ± 1 °C de 50 °C a 120 °C.

Temperatura húmeda natural (THN): Es el valor indicado por un sensor de temperatura recubierto de un tejido humedecido que es ventilado de forma natural, es decir, sin ventilación forzada. Esto último diferencia a esta variable de la **temperatura húmeda psicrométrica**, que requiere una corriente de aire alrededor del sensor y que es la más conocida y utilizada en termodinámica y en las técnicas de climatización. El sensor debe tener las siguientes características:

- Forma cilíndrica.
- Diámetro externo de 6mm ± 1 mm.
- Longitud 30mm ± 5 mm.
- Rango de medida 5 °C 40 °C.
- Precisión $\pm 0,5$ °C.
- La parte sensible del sensor debe estar recubierta de un tejido (por ejemplo algodón) de alto poder absorbente de agua.
- El soporte del sensor debe tener un diámetro de 6mm, y parte de él (20 mm) debe estar cubierto por el tejido, para reducir el calor transmitido por conducción desde el soporte al sensor.
- El tejido debe formar una manga que ajuste sobre el sensor. No debe estar demasiado apretado ni demasiado holgado.
- El tejido debe mantenerse limpio.
- La parte inferior del tejido debe estar inmersa en agua destilada y la parte no sumergida del tejido, tendrá una longitud entre 20 mm y 30 mm.
- El recipiente del agua destilada estará protegido de la radiación térmica.

Temperatura seca del aire (TA): Es la temperatura del aire medida, por ejemplo, con un termómetro convencional de mercurio u otro método adecuado y fiable.

- El sensor debe estar protegido de la radiación térmica, sin que esto impida la circulación natural de aire a su alrededor.
- Debe tener una escala de medida entre 20 °C y 60 °C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$).



Ilustración 20. Instrumento para medir el índice WBGT.

4.4.5. Evaluación del riesgo en función del valor límite

El **índice WBGT**, expresa las características del ambiente y no debe sobrepasar un cierto valor límite que depende del calor metabólico que el individuo genera durante el trabajo.

Consumo metabólico (Kcal/h)	WBGT límite (°C)			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	V = 0	V ≠ 0	V = 0	V ≠ 0
≤ 100	33	33	32	32
100 – 200	30	30	29	29
200 – 310	28	28	26	26
310- 400	25	26	22	23
>400	23	25	18	20

Tabla 19. Valores límite de temperaturas según el índice WBGT²³.

Donde “V” es la velocidad del aire que hay en el ambiente de trabajo, depende de si tenemos aire acondicionado o no.

A estos valores límite se le tendrá que aplicar una serie de factores de corrección en función de las condiciones de trabajo que se encuentre el trabajador, y serán establecidas por el técnico de prevención.

Cuando exista riesgo de estrés térmico, pueden establecerse un régimen de trabajo-descanso de forma que el organismo pueda restablecer el balance térmico. En función del valor que se obtenga de temperatura de WBGT se pueden establecer periodos de descanso en función de la siguiente gráfica:

En cuanto al método Fanger dependiendo del **Índice de Valoración Medio (IVM)** evaluaremos²⁴:

IVM	Situación
-3	Muy frío
-2	Frío
-1	Ligeramente frío
0	Neutro (confortable)
+1	Ligeramente caluroso
+2	Caluroso
+3	Muy caluroso

Tabla 20. Índice de valoración medio según el método Fanger²⁴.

En función de estos valores se establecerán las medidas preventivas oportunas.

Tendremos que tener en cuenta que le 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 no es de aplicación a explotaciones mineras, con lo cual tendremos en cuenta este Real Decreto solo para los lugares de trabajo que no se encuentren en la explotación minera, como es caso por ejemplo de oficinas o talleres, donde se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27° C.
- ✓ La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25° C.
- ✓ La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50%.

- ✓ Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
 - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
 - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,50 m/s.
 - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- ✓ Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni a las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0,25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0,35 m/s en los demás casos.
- ✓ La renovación mínima del aire de los locales de trabajo, será de 30 m³ de aire limpio por hora y trabajador, en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50 m³, en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables.
- ✓ El sistema de ventilación empleado y, en particular, la distribución de las entradas de aire limpio y salidas de aire viciado, deberán asegurar una efectiva renovación del aire del local de trabajo.

4.4.6. Medidas preventivas

Todos los trabajos en lugares cerrados o al aire libre donde haya riesgo de estrés térmico los empresarios y los trabajadores tendrán que cumplir unas normas básicas para eliminar o reducir la presencia del riesgo.

- ✓ Estar informado y formado sobre los riesgos, los efectos y las medidas preventivas de aplicación.
- ✓ Acondicionamiento adecuado del aire en locales cerrados. Acondicionamiento para edificios ver la siguiente tabla:

Estación	Temperatura operativa, °C	Velocidad del aire, m/s ²	Humedad relativa, %
Verano	23 a 25	0,18 a 0,24	40 a 60
Invierno	20 a 23	0,15 a 0,20	40 a 60

Tabla 21. Temperaturas adecuadas en función de la estación del año.

- ✓ Acondicionamiento adecuado de las condiciones ambientales dentro de cabinas (No de aplicación el RD 486/1997 sobre lugares de trabajo).
- ✓ Adoptar el ritmo de trabajo a su tolerancia de calor.
- ✓ Realizar descansos cuando se establezcan en función de la actividad que se realice.
- ✓ Beber agua durante el trabajo aunque no se tenga sed. También beber agua cuando se está fuera del trabajo.
- ✓ Evitar comer mucho y las comidas grasientas; comer fruta, verduras; tomar sal con las comidas.

- ✓ No tomar alcohol ni drogas. Evitar bebidas con cafeína y también muy azucaradas.
- ✓ Ir bien descansado al trabajo. Ducharse y refrescarse al finalizarlo.
- ✓ Usar ropa adecuada a la estación del año que nos encontremos, para verano colores claros y tejidos frescos (algodón y lino) y para invierno la ropa adecuada para no pasar frío. Proteger la cabeza del sol.
- ✓ En caso de que sea necesario realizar una supervisión médica.

4.5. Iluminación

La luz puede definirse como radiación capaz de producir directamente sensaciones visuales. La radiación es la emisión o transferencia de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas²⁵.

El ojo humano es el órgano fisiológico mediante el cual se experimentan las sensaciones de luz y color; transforma la energía luminosa en energía nerviosa que es transmitida al cerebro a través del nervio óptico.

El campo visual del hombre está limitado por un ángulo de unos 130° en sentido vertical y de unos 180° en sentido horizontal.

El ojo, dependiendo de las condiciones en las que nos encontremos tenderá a:

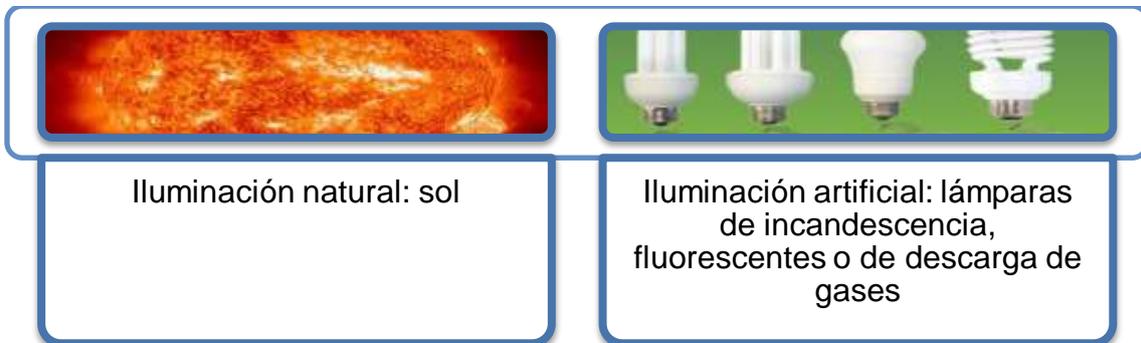
- *Adaptarse*: Ocurre cuando el ojo se ajusta a la luminosidad y/o al color del campo de visión. Este ajuste se lleva a cabo en la pupila con su movimiento de cierre y apertura en función de la iluminación que ha de llegar al cristalino.
- *Acomodarse*: Es el ajuste focal del ojo con el fin de tener la mayor agudeza visual en una variedad de distancias. Este ajuste se produce variando la curvatura del cristalino y con ello la distancia focal por la contracción o relajación de los músculos ciliares. Cuanto más próximo está el objeto la curva se hace mayor. La capacidad de acomodación del ojo disminuye con la edad a consecuencia del endurecimiento cristalino.
- *Agudeza visual*: La capacidad para distinguir objetos y detalles situados muy próximos unos a otros. Una persona tiene buena agudeza visual cuando puede leer sin esfuerzo, distinguir los detalles de un objeto minúsculo o reconocer un objeto a larga distancia. La agudeza visual de una persona de 60 años es aproximadamente un 75% respecto a la de una de 20 años.

A la hora de la elección de las lámparas del diseño del lugar de trabajo se deberán de tener en cuenta los siguientes aspectos:

²⁵ Menéndez Díez, Faustino, et al. Formación en Prevención de Riesgos Laborales. Lex Nova. 2009. Capítulo de Iluminación.

- *Flujo luminoso*: Es la energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa. Una parte de este flujo es térmico y el otro luminoso. La parte luminosa es el flujo energético y es lo que se mide en (W).
- *Intensidad luminosa*: Una fuente no radia por general de la misma manera en todas las direcciones. Para describir el reparto del flujo luminoso se mide el flujo por unidad de ángulo sólido en cada dirección. Este flujo luminoso se denomina intensidad luminosa.
- *Iluminación*: Es la luz emitida por una fuente que cae sobre que cae sobre una superficie (lux).
- *Luminancia*: Corresponde con el brillo de una parte de una fuente luminosa o con la luminosidad de una superficie. Se define como la intensidad luminosa emitida por unidad de superficie en la dirección de la mirada. Es la magnitud visible. Se mide con el luminancímetro.
- *Coefficiente de reflexión*: Cualquier superficie (mesa, pared, etcétera) que recibe una luz devuelve parte de la misma. Este coeficiente está comprendido entre 0 y 1, 0 para la superficie totalmente negra, es decir que no refleja la luz, y 1 para una superficie que refleje toda la luz.

Las fuentes de iluminación que tendremos presentes en el lugar de trabajo serán las siguientes:



4.5.1. Localización del riesgo de iluminación

La iluminación puede afectar en todos los lugares de trabajo dentro del sector de los áridos dependiendo de las horas en las que desarrollemos la actividad laboral.

Frente de explotación: si se trabaja en horas de baja luminosidad natural (sol) tendremos el riesgo presente.

Planta de tratamiento: podemos tener presente el riesgo, ya que al igual que en el frente de explotación, si se trabaja en horas de baja luminosidad natural (sol) tendremos que utilizar la artificial, con lo cual el riesgo estará presente.

Oficinas, talleres y locales cerrados: Aquí esta presente el riesgo siempre, es decir, necesitamos de luminosidad artificial.

A continuación se describen los diferentes lugares donde los trabajadores se pueden ver afectados por la iluminación y el nivel de riesgo al que están expuestos:

Actividades o procesos	RIESGO MUY IMPORTANTE	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO MODERADO	RIESGO DE NIVEL BAJO O SIN RIESGO
Perforación y voladura				
Carga del material				
Transporte del material				
Planta de tratamiento				
Bascula				
Taller mecánico y de mantenimiento				
Oficinas				

Tabla 22. Localización del riesgo de iluminación.

4.5.2. Daños relacionados con la iluminación

Cuanto mayor sea la presión requerida para una determinada tarea, mejor deberá de ser la calidad del nivel de iluminación del entorno.

Si no se da una correcta iluminación en el lugar de trabajo podrían aparecer los siguientes síntomas²⁵:

- Pérdida de la capacidad visual, irritación de los ojos...
- Deslumbramientos, brillos, relejos.
- Cansancio visual.
- Dolores de cabeza.
- Entre otros...

4.5.3. Normativa de aplicación

A continuación se cita la diferente legislación aplicable a iluminación:

- 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 (para los locales cerrados).
- Real decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el reglamento general de normas básicas de seguridad minera.

4.5.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención

A continuación se detallan las labores que deben de realizar los servicios de prevención.

4.5.4.1. Método de medida

A la hora de realizar la medida de la iluminación se realizará mediante la utilización de un luxómetro, colocándolo de forma adecuada dependiendo de las condiciones de trabajo:

- Cuando se trabaje en **planos horizontales**, por ejemplo, oficinas, plantistas; el luxómetro se deberá de colocar en el plano horizontal de trabajo.
- Cuando se trabaje en el **taller mecánico**, el luxómetro se tendrá que colocar en el plano donde desarrolle la actividad el trabajador (banco de trabajo, motor, rueda...)
- Cuando se trabaje en **cualquier otra zona** que no sean las anteriores, el luxómetro se tendrá que colocar en el plano de trabajo donde se desarrolle la actividad de trabajo.



Ilustración 21. Medición de la iluminación.

4.5.4.2. Equipo de muestreo

Para la medida de la iluminación utilizaremos un **luxómetro**. Los luxómetros son instrumentos portátiles que incorporan visualizador LCD de lectura directa.

Mide la iluminancia, luminancia, PAR e irradiancia. Las sondas disponen de un módulo de reconocimiento automático SICRAM. Además la selección de la unidad de medida se efectúa automáticamente.



Ilustración 22. Luxómetro.

4.5.4.3. Tamaño de la muestra

El luxómetro o muestra indica medidas instantáneas, con lo cual en tiempo real tenemos el nivel de iluminación que se da en el lugar de trabajo donde se esté midiendo.

El número de medidas dependerá de las condiciones que tengamos en el trabajo:

- Si se trabaja en un lugar donde la iluminación no tenga variación, con una sola medida será suficiente, por ejemplo en oficinas, plantista con una iluminación artificial constante durante la jornada de trabajo.
- Si se trabaja en zonas donde pueda variar la iluminación bastante, el número de medidas podrías ser en función de la luz artificial que tengamos en el lugar de trabajo, por ejemplo taller mecánico u otro lugar de trabajo donde la iluminación no sea constante. El número de medidas podría ser:
 - Al principio de la jornada (con el amanecer).
 - En el medio de la jornada (máxima iluminación artificial).
 - Al final de la jornada (con la puesta de sol).

El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo. (11)

Esta medida que tomamos se comparará con el valor límite que se establezca para cada caso.

4.5.5. Evaluación del riesgo en función del valor límite

Como se ha comentado en otros apartados se sabe que el 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, no es de aplicación a la extracción minera, pero sí que afecta cuando no estemos en el frente de

explotación, por ejemplo oficinas, plantista, taller, lugares cerrados... Este Real Decreto nos expone las siguientes condiciones:

La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud²⁶.

- La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:
 - Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
 - Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
- Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.
- Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

Zona o parte del lugar de trabajo	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecutan tareas con:	
Bajas exigencias visuales	100
Exigencias visuales moderadas	200
Exigencias visuales altas	500
Exigencias visuales muy altas	1000
Dependiendo del área	
De uso ocasional	50
De uso habitual	100

Tabla 23. Niveles mínimos de iluminación según la zona de trabajo²⁶.

- ✓ Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias²⁶:

²⁶ Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo. INSHT. 2006

- En las áreas o locales de uso general existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.
- ✓ No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- ✓ La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- ✓ Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
- ✓ Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
- ✓ Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- ✓ No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.
- ✓ Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.
- ✓ Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión.

4.5.6. Medidas preventivas

Para que la salud del trabajador no se vea afectada por las condiciones de iluminación, se deben de tener en cuenta las siguientes medidas preventivas²⁶:

- ✓ Iluminación suficiente de acuerdo con los límites mencionados anteriormente.

- ✓ En el caso de que el trabajador tenga que llevar gafas, que su utilización sea la correcta.
- ✓ Intentar que los equipos y/o el mobiliario sea el adecuado para que no se produzcan reflejos indeseados.
 - Emplear acabados de aspecto mate en las superficies de trabajo y del entorno.
 - Situar las luminarias respecto al puesto de trabajo de manera que la luz llegue al trabajador lateralmente. En general, es recomendable que la iluminación le llegue al trabajador por ambos lados con el fin de evitar también las sombras molestas cuando se trabaja con ambas manos.
 - Emplear luminarias con difusores, así como techos y paredes de tonos claros, especialmente cuando la tarea requiera la visualización de objetos pulidos.
- ✓ Orientación adecuada de los planos donde se va a realizar la tarea para que no se produzcan reflejos indeseados (pantallas de visualización, etc...).
- ✓ En áreas próximas, aunque tengan necesidades de iluminación distintas, no deben existir niveles de iluminación muy diferentes; se recomienda que dichos niveles no difieran en un factor mayor de 5; por ejemplo, el acceso y los alrededores de una zona de trabajo cuyo nivel de iluminación sea de 500 lux, debería tener una iluminación de, al menos, 100 lux.
- ✓ Para evitar el deslumbramiento perturbador, los puestos y áreas de trabajo se deben diseñar de manera que no existan fuentes luminosas o ventanas situadas frente a los ojos del trabajador. Esto se puede lograr orientando adecuadamente los puestos o bien apantallando las fuentes de luz brillantes.
- ✓ Para evitar el deslumbramiento molesto es necesario controlar todas las fuentes luminosas existentes dentro del campo visual. Esto conlleva la utilización de persianas o cortinas en las ventanas, así como el empleo de luminarias con difusores o pantallas que impidan la visión del cuerpo brillante de las lámparas.

5. RIESGOS QUÍMICOS

Otro de los riesgos higiénicos que pueden estar presentes en el sector de los áridos son los de origen químico. Estos riesgos también pueden afectar a la salud de los trabajadores si no se ponen las medidas preventivas que sean adecuadas para prevenirlos.

Uno de los principales riesgos higiénicos que está presente en el sector de los áridos es el polvo (pudiendo contener un % de sílice dependiendo del tipo de roca), pero además también podemos encontrar otros como los humos de soldadura en las operaciones de mantenimiento o los humos de combustión de las diferentes máquinas de combustión interna que pueden estar presente en el lugar de trabajo.

En los apartados siguientes se estudian con más detalle cada uno de estos riesgos de origen químico.

5.1. Polvo

Lo que se conoce como polvo es la suspensión de partículas sólidas, particulada y dispersa en la atmósfera, producida por los procesos mecánicos (trabajos de perforación, arranque y voladura, movimiento de maquinaria por pistas y accesos...) y/o movimiento del aire de un determinado material. En el caso del sector de los áridos el material principal presente será el que tengamos en el frente de explotación la planta de tratamiento y acopios²⁷.



Ilustración 23. Polvo

Como se ha descrito en el apartado anterior este polvo puede contener sílice, que es un grupo de minerales que se compone de silicio y oxígeno (SiO_2), los 2 elementos más abundantes de la corteza terrestre. Esta sílice se presenta

²⁷ Simancas Benito, Ana Isabel et al. Campaña de control del polvo y la sílice cristalina en el sector de ladrillos y tejas de arcilla cocida. Fundación para la prevención de riesgos laborales. . 2010.

normalmente en estado cristalino, aunque en algunos productos también puede presentarse en estado amorfo (no cristalino).

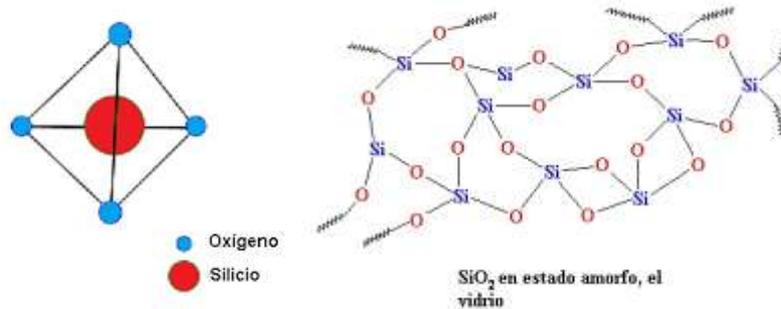


Ilustración 24. Sílice en estado cristalino. Ilustración 25. Sílice en estado amorfo²⁸.

Los áridos naturales más comunes son la arena, la grava y la roca triturada, que dependiendo de la localización de la explotación y de su utilización, tendrán una determinada composición de minerales en la que podemos encontrar una determinada cantidad de sílice:

Mineral	% Sílice (SiO ₂)
Arcilla plástica	5-50
Basalto	Hasta el 5
Diatomea natural	5-30
Dolerita	Hasta el 15
Sílex	Superior al 90
Granito	Hasta el 30
Gravilla	Superior al 80
Minerales de hierro	7-15
Piedra caliza	Normalmente inferior a 1
Cuarcita	Superior al 95
Arena	Superior al 90
Arenisca	Superior al 90
Esquisto	40-60
Pizarra	Hasta el 40

Tabla 24. Porcentaje de sílice dependiendo del mineral.

²⁸ Tecnología de los Plásticos: Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado

5.1.2. Localización del riesgo

El polvo puede estar presente en todos los procesos de extracción y elaboración dentro del sector de los áridos. A continuación se describen los diferentes lugares donde se puede encontrar el polvo y el nivel de riesgo al que están expuestos:

Actividades o procesos	RIESGO MUY IMPORTANTE	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO MODERADO	RIESGO DE NIVEL BAJO O SIN RIESGO
Perforación y voladura				
Carga del material				
Transporte del material				
Planta de tratamiento				
Báscula				
Taller mecánico y de mantenimiento				
Oficinas				

Tabla 25. Localización del polvo.

5.1.3. Daños relacionados con el polvo

La sílice cristalina se encuentra, en diversas cantidades, en muchos tipos de materiales como ya hemos expuesto. Los trabajadores del sector están potencialmente expuestos a polvo que puede contener polvo con sílice cristalina respirable²⁷.

Cuando se inhala el polvo, el punto de sedimentación en el sistema respiratorio humano depende de la gama de tamaños de partículas presentes en el polvo²⁹.

Existen 3 fracciones de polvo: las fracciones inhalables, torácicas y respirables. En el caso de la sílice cristalina, la fracción respirable de polvo es la que nos interesa por los efectos sobre la salud.

El polvo o fracción respirable puede penetrar profundamente en los pulmones. Los mecanismos de defensa natural del cuerpo pueden eliminar la mayor parte del polvo respirable inhalado. Sin embargo, en casos de exposición prolongada a niveles excesivos de este polvo, se hace difícil su eliminación de los pulmones y una acumulación del mismo puede, a largo plazo, ocasionar

²⁹ Celia Prado Burguete. Apuntes de Higiene Industrial (Parte genérica) del máster de Prevención de Riesgos Laborales. 2013-2014

efectos irreversibles sobre la salud debido al hecho de que los efectos de la sílice cristalina sobre la salud están relacionados con la fracción de polvo respirable.

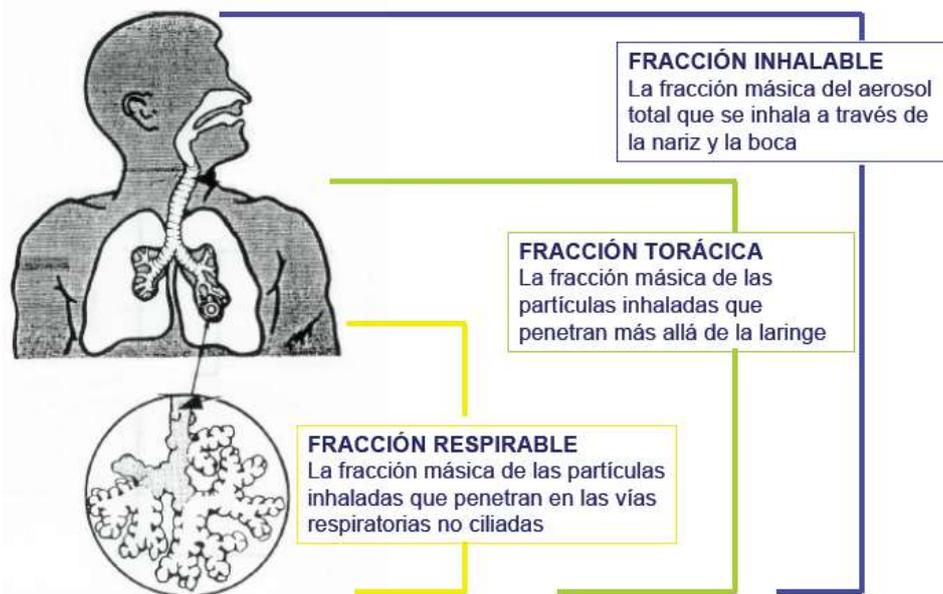


Ilustración 26. Fracciones del tránsito respiratorio²⁹.

Tamaño de las partículas	Capacidad de penetración pulmonar
>100 micras	No puede inhalarse
100 – 50micras	Se suele retener en nariz y garganta
< 50 micras	Penetra en los pulmones
< 5 micras	Penetra hasta el alveolo pulmonar

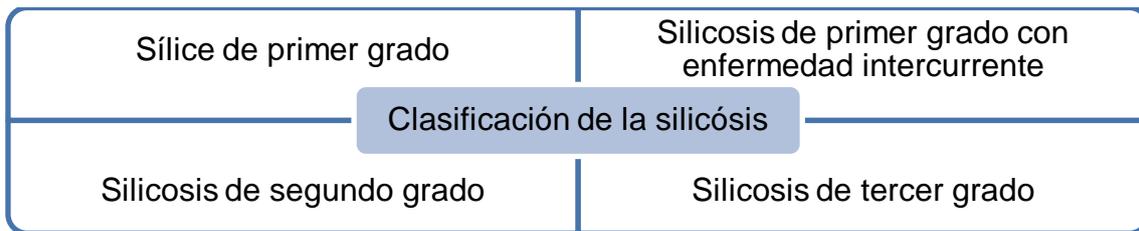
Tabla 26. Capacidad de penetración de las partículas en función de su tamaño²⁹.

Este polvo dependiendo de la cantidad, el tamaño de las partículas y el tiempo de exposición, el trabajador podrá contraer las siguientes enfermedades:

- Silicosis simple.
- Silicosis complicada, también llamada fibrosis masiva progresiva

Mientras que la silicosis simple apenas produce alteraciones pulmonares a quien la padece, la silicosis complicada se caracteriza por importantes trastornos que incluso pueden llegar a acortar la esperanza de vida²⁷.

Desde el punto de vista médico la silicosis se clasifica en:



- **Silicosis de Primer Grado:** La enfermedad se manifiesta y se diagnostica radiológicamente. Por sí misma no representa disminución en la capacidad de trabajo, pero se debe evitar continuar con la exposición al polvo para que no evolucione a un grado mayor. No tiene la consideración de situación constitutiva de invalidez, pero sí requiere un cambio de puesto. La normativa exige un puesto de trabajo exento de riesgo pulvígeno.
- **Silicosis de Primer Grado con enfermedad intercurrente:** Si la silicosis va acompañada de otras enfermedades como bronconeumopatía, cardiopatía crónica o tuberculosis residual, pasa a equipararse legalmente a una de segundo grado con lo que estaríamos ante una enfermedad profesional que sí es constitutiva de invalidez.
- **Silicosis de Segundo Grado:** Incapacitan al trabajador para desempeñar las tareas fundamentales de su puesto, por lo que se accede a la denominada Incapacidad Permanente y Total para la profesión habitual, con derecho a una pensión del 55% del salario y la posibilidad de compatibilizar dicha pensión con otro empleo exento de riesgo. Cumplidos los 55 años, de no encontrarse con empleo, la pensión se incrementa hasta el 75% de la base reguladora.
- **Silicosis de Tercer Grado:** La enfermedad se manifiesta al menor esfuerzo físico por lo que resulta incompatible con todo tipo de trabajo, dando derecho a la situación de Incapacidad Absoluta, con pensión vitalicia del 100% del salario

Otras enfermedades relacionadas con la exposición a la sílice pueden ser: Tuberculosis, Cáncer de pulmón y enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Según la clasificación de enfermedades profesionales relacionadas con la silicosis tenemos la silicosis asociada o no a tuberculosis pulmonar. Trabajos expuestos a la inhalación de polvo de sílice libre, y especialmente:

Enfermedades profesionales	Código
Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías	4A0101
Trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas	4A0103
Neumoconiosis y talcosis debida a los polvos de silicatos. Trabajos expuestos a la inhalación de polvos de silicato, y especialmente en extracción y tratamiento de minerales que liberen polvo de silicatos	4D0201
Silicocaolinosi, en Extracción y tratamiento de minerales que liberen polvo de silicatos	4D0201

Tabla 27. Enfermedades profesionales relacionadas con el polvo³⁰.

5.1.4. Normativa de aplicación

En cuanto al polvo se debe de tener en cuenta la siguiente normativa de aplicación.

- Real decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- ITC 2.0.02. Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en la industria extractiva del RGNBSM.
- 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.

5.1.5. Actividades técnicas de los servicios de prevención

A continuación se detallan las labores que deben de realizar los servicios de prevención.

5.1.5.1. Método de medida

En el caso del polvo en el sector de los áridos, la parte que nos interesa medir es la fracción respirable de polvo y dentro de ella el contenido de sílice, si la hubiese. La **fracción respirable**³¹ se define como la fracción de la masa de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas. Para la determinación del riesgo de exposición al polvo, los parámetros a tener en cuenta serán:

- La concentración de sílice contenida en la fracción respirable del polvo, medida en mg/m³.
- La concentración de la fracción respirable del polvo, medida en mg/m³.

³⁰ RD 1299/2006 sobre enfermedades profesionales. Grupo IV.

³¹ ITC 2.0.02. Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en la industria extractiva del RGNBSM.

Para captar la fracción del aerosol se deben utilizar muestreadores basados en ciclones, impactadores y elutriadores con el fin de eliminar las partículas no respirables del polvo antes de su captación en un filtro. De todos ellos, el sistema del ciclón, que separa las partículas por acción centrífuga, es el método más tradicional de muestreo personal de la fracción respirable.

Para realizar esta medida se le colocara un muestreador (en este caso un ciclón) al trabajador de tal manera que este muestreador recoja las partículas de polvo para su posterior evaluación.

Estos muestreadores toman una muestra de volumen de aire conocida que contiene polvo, con lo cual podremos conocer el contenido de polvo y/o sílice que tenemos en mg/m^3 .

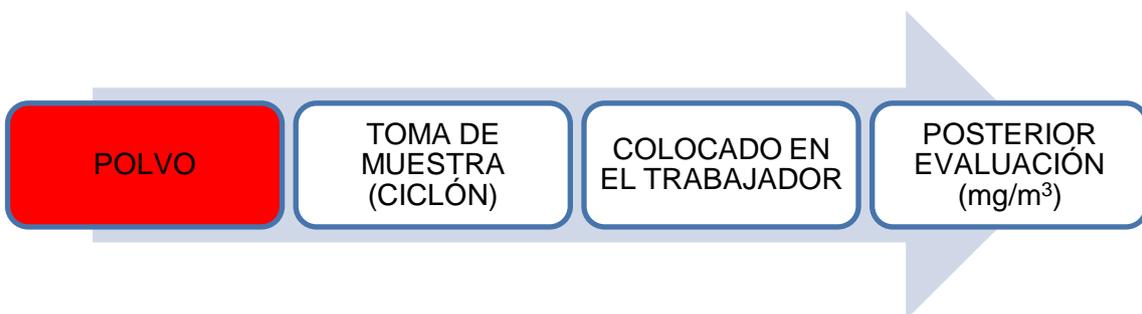
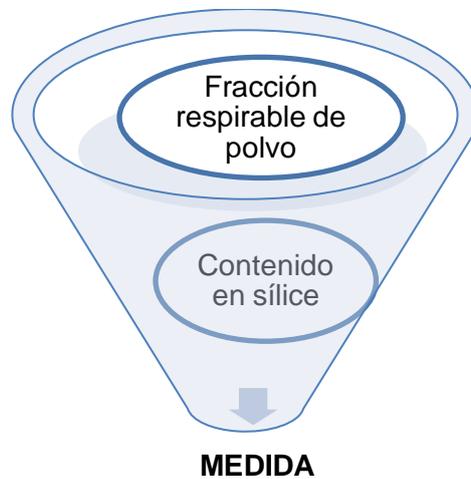




Ilustración 27. Ciclón colocado en la zona de respiración del trabajador para la toma de muestra de polvo.



Ilustración 28. Bomba de aspiración colocada en el trabajador.

Los elementos del sistema de muestreo son los siguientes:

Bomba de aspiración: es una bomba que equipo o dispositivo que aspira aire de tal modo que capta el polvo a través del muestreador. Esta bomba debe de asegurar el correcto funcionamiento, cumpliendo los requisitos establecidos por la norma UNE 1232, y estar calibrada.

Muestreador: en este caso sería el ciclón que colocaríamos para que captase el polvo. Estos muestreadores estarán colocados en la zona de respiración del trabajador.

Filtros: en el cual se queda retenida la fracción de polvo que posteriormente analizaremos.

Esta zona de respiración es el espacio alrededor de la cara del trabajador del que éste toma el aire que respira. Esta zona sería una semiesfera de 0,3 metros de radio que se extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte más alta de la cabeza y la laringe³².

El trabajador deberá de llevar este muestreador el tiempo que el técnico crea necesario para que la evaluación sea representativa (normalmente 8 horas).

El trabajador deberá de tener en cuenta, a la hora del muestreo, los siguientes factores:

Factor	Naturaleza del efecto
Tamaño de las partículas	Selección de las partículas en función del tamaño.
Velocidad del viento	La velocidad del viento en el orificio de entrada influye en la aspiración, especialmente para valores elevados y partículas grandes.
Dirección del viento	La orientación del viento en el orificio de entrada influye en la aspiración.
Composición del polvo	Rebote y re-arrastre de las partículas; ruptura de los aglomerados.
Masa del polvo muestreada	La eficacia de recogida del polvo varía en las superficies muy colmatadas.

³² Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo. INSHT. 2013

Factor	Naturaleza del efecto
Carga del polvo	Atracción o repulsión de las superficies.
Variabilidad de los muestreadores	Una diferencia dimensional pequeña produce un efecto aerodinámico grande.
Variación del caudal	El mecanismo de separación de las partículas depende fuertemente del caudal.
Tratamiento de superficies	La eficacia de recogida puede verse afectada por los tratamientos superficiales realizados a los muestreadores.

Tabla 28. Factores que afectan a la hora de la toma de muestra³³.

Además de las variables mencionadas en la tabla, también deberán tenerse en cuenta los potenciales efectos de la temperatura, la presión, la humedad, las vibraciones, etc., así como la posibilidad de interacción entre el caudal del aire y la velocidad del aire exterior (si la caída de presión a través del muestreador es pequeña) o bien la capacidad del orificio de entrada del muestreador para recoger partículas que van en su dirección o que se sedimentan en él.

5.1.5.2. Equipo de muestreo

Como se ha comentado anteriormente, los equipos para realizar el muestreo cuentan con una bomba de aspiración, conectada al muestreador (ciclones para la fracción respirable). Este muestreador contiene un filtro sujetado por un portafiltras.

Bomba de aspiración

El elemento que capta el caudal de aire es la bomba de aspiración (Bomba de muestreo personal). Las bombas utilizadas habitualmente para la obtención de muestras en higiene industrial son bombas de las llamadas de diafragma ó de pistón, accionadas por un motor y alimentadas por baterías. Estas bombas se suelen colocar en la cintura de los trabajadores.

Bomba para muestreo personal y ambiental, cuyo caudal se calibra en el margen específico para cada contaminante (generalmente entre 1 y 3 litros por minuto), con una exactitud de $\pm 5\%$. Estos requisitos deben de verificarse para las horas de utilización de las bombas³⁴.

La calibración de la bomba debe realizarse con el mismo tipo de soporte o unidad de captación, con el fin de que la pérdida de carga sea similar a la que se tendrá en el muestreo.

³³ Martí Veciana, Antonio. NTP 731: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (I): aspectos generales. INSHT. 2006.

³⁴ CR-03/2006: Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada. INSHT.

Ciclones³⁵

A continuación se muestran los diferentes tipos de ciclones que hay.

Ciclón de nylon 10-mm, DORR OLIVER

Es uno de los ciclones más clásicos, que se ha venido utilizando tradicionalmente en USA y en España para captar la fracción respirable, principalmente de sílice libre.

Características: generalmente montado en un soporte metálico, que se acopla a un casete de 37 mm de diámetro, de 2 ó 3 cuerpos que contiene un filtro apropiado a la metodología analítica a aplicar. El caudal de 1,7 l/min es el más recomendado por adaptarse al convenio de la fracción respirable.



Ilustración 29. Ciclón de nylon 10-mm, DORR OLIVER³⁵.

Ciclones para fracción respirable BGI

Características: El ciclón BGI-4, tipo Higgins and Dewell (HD), utilizado para captar la fracción respirable, básicamente de polvos minerales. Inicialmente fabricado en acero inoxidable y con el colector del polvo en aluminio anodizado. Existen 2 modelos:

1. BGI-4L, con el cuerpo de aluminio niquelado y el colector de las partículas en aluminio anodizado.
2. BGI-4CP, con el cuerpo de plástico conductor y el colector de las partículas de neopreno.

Las muestras se captan a un caudal de 2,2 l/min a través de un casete de plástico conductor, conteniendo un filtro de 25 mm de la naturaleza adecuada a la aplicación y análisis. La fracción respirable se recoge en el filtro y la no respirable, en el capuchón inferior.

³⁵ Martí Veciana, Antonio. NTP 764, 765: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles: muestreadores personales de las fracciones del aerosol. INSHT. 2007.



Ilustración 30. Ciclón BGI-4L³⁵.

Ciclón de plástico SKC / Casella

Características: Son ciclones muy similares, del tipo genérico Higgins and Dewell (HD), para captar la fracción respirable. Son ciclones ligeros, fabricados con material plástico conductor, que se conectan a una bomba de muestreo ajustada a un caudal de 2,2 l/min. El SKC ciclón se ha estado utilizando en la UE a 1,9 l/min. La fracción respirable se recoge sobre un filtro de 25 mm, colocado en un casete adecuado, y la fracción no respirable, se recoge en el capuchón de la base del ciclón.

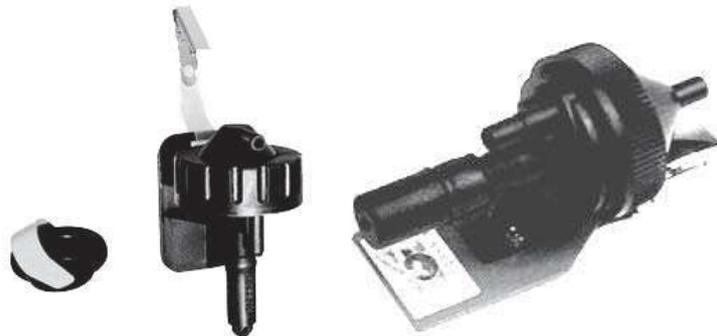


Ilustración 31. Ciclón de plástico SKC. Ciclón de plástico Casella.³⁵

Ciclón de aluminio SKC

Características: El ciclón de aluminio SKC es un muestreador personal de la fracción respirable, ligero de peso, que se utiliza acoplado a un casete de 3 piezas conteniendo un filtro. Está disponible en 2 tamaños para ser utilizado con casete de 25 mm o de 37 mm. El material del filtro su porosidad se seleccionan de acuerdo con las especificaciones del método analítico. La fracción respirable se recoge en el filtro y la no respirable es recogida en el capuchón inferior. El caudal recomendado por SKC es de 2,5 l/min.



Ilustración 32. Ciclón de aluminio SKC.

Fuente: NTP 765

5.1.5.3. Tamaño de la muestra

La toma de muestras de polvo se extenderá a toda la jornada de trabajo (periodo de tiempo que, diariamente, corresponde a la jornada laboral completa), de tal manera que la toma de la muestra está cerca de las 8 horas (jornada laboral).

Cuando existan exposiciones picos de polvo, es decir, periodos de trabajo donde la exposición al polvo sea muy alta, el técnico deberá de tener en cuenta esos periodos porque es donde tendrán que tomar las muestras.

Cuando exista riesgo de saturación de la membrana, como consecuencia de una excesiva concentración de polvo, o cuando la producción de polvo sea uniforme a lo largo de la jornada de trabajo, se podrá reducir la duración de la toma de muestras siempre que la muestra sea suficiente y representativa de la actividad desarrollada durante la totalidad de la jornada de trabajo.

5.1.6. Evaluación del riesgo en función del valor límite

La evaluación del polvo se realizará a todo el personal que en su puesto de trabajo este presente este riesgo, principalmente a los que estén en el frente de explotación y plantas de tratamiento.

Cuando la evaluación de riesgos ponga de manifiesto que puede originarse polvo, el documento de planificación de la acción preventiva, incluirá un plan para el control de la exposición al polvo en el que se incluyan las medidas de tipo técnico que se van a adoptar para suprimir, diluir, asentar y evacuar el polvo que pueda producirse y/o afectar en la realización de los trabajos, así como las medidas de protección y de prevención a adoptar y, en su caso, el material de protección que deba utilizarse y un plan de mantenimiento periódico de los equipos y sistemas de prevención contra el polvo.

Una vez obtenidas las muestras se tendrán que comparar con los valores límite de exposición y aplicar una serie de medidas en función del valor obtenido:

Agente	Valor límite ambiental (VLA-ED) en mg/m ³
Sílice cristalina: cuarzo	0,10
Polvo	3,00

Tabla 29. Valores límite de sílice y polvo³¹.

A continuación se expone las actuaciones preventivas y de toma de muestra que se deben de realizar en función de las muestras obtenidas.

Muestra	Medidas aplicadas	Periodicidad de da la toma de muestras
Muestra < 50% del VLA-ED	-	El empresario solicitará a la autoridad minera la reducción del número de muestras a una anual, o hasta 3 años.
50% del VLA-ED < Muestra < VLA-ED	-	Se tomarán muestras, al menos, una vez cada 4 meses en los puestos donde exista riesgo de exposición al polvo.
Muestra > VLA-ED	Medidas preventivas especiales.	Una vez adoptadas las medidas se tomarán 3 muestras consecutivas cuyo valor medio será el que determine el nuevo riesgo al que están expuestos los trabajadores*.

Tabla 30. Actuaciones preventivas en función del valor límite de sílice o polvo³¹.

*Si a pesar de las medidas adoptadas no se consiguiera reducir los valores por debajo de los valores límites (VLA-ED), la autoridad minera, oído el Instituto Nacional de Silicosis, fijará las condiciones para reducir el riesgo de exposición al polvo, entre las que se incluye la disminución de la jornada laboral o la paralización de los trabajos.

5.1.7. Medidas preventivas

En el sector de los áridos la exposición al polvo es un riesgo que está muy presente en el lugar de trabajo, con lo cual siempre hay que establecer medidas preventivas al respecto que permitan controlar la situación. A continuación se identifican algunas medidas preventivas en función de la localización del puesto de trabajo.

Actividad o lugar de trabajo	Medidas preventivas a adoptar
Perforación	La perforación, en cualquiera de sus modalidades, deberá realizarse con inyección de agua o con dispositivos de captación de polvo. Cuando se utilice como medida de prevención la captación de polvo, éste será recogido y retirado.
Arranque y preparación	En los trabajos en los que se utilicen equipos o herramientas de perforación, percusión o corte, éstos estarán provistos de las correspondientes medidas de prevención contra el polvo. En el caso de arranque con explosivos, el retacado de los barrenos se hará con materiales exentos de sílice libre, evitando aquellos de granulometría muy fina que, como consecuencia de la explosión, se puedan poner en suspensión originando elevados niveles de polvo.
Carga y transporte	Tanto en las operaciones de carga como en las de transporte, las cabinas de los vehículos (palas, «dúmpers») deberán estar dotadas de aire acondicionado o filtrado. Las galerías, viales, plazas y pistas de rodadura, deben mantenerse con un grado de humedad suficiente para evitar la puesta en suspensión del polvo depositado en ellas, utilizando, en caso necesario, sustancias que consoliden y mantengan la humedad del suelo. Los lugares de trabajo deberán mantenerse limpios evitando que se acumule polvo que posteriormente se pueda poner en suspensión.
Puntos de transvase y almacenamiento	En los transvases, descargas, tolvas y almacenajes de material susceptibles de producir polvo, se adoptarán medidas de prevención tales como el riego de los materiales, instalación de campanas de aspiración, cerramientos, apantallamientos, tubos que eviten la acción del viento sobre la caída de materiales u otros sistemas apropiados para evitar la puesta en suspensión del polvo.
Maquinaria e instalaciones	Los alimentadores, molinos, cribas y, en general, toda maquinaria o instalación susceptible de producir polvo, deberán estar dotados de sistemas eficaces de prevención, tales como cerramientos, aspiración de polvo, pulverización de agua, etc.
Ensayado	Los dispositivos de ensacado deben estar dotados de sistemas de aspiración y aislamiento eficaces para evitar que el polvo se ponga en suspensión.
Naves y locales de fabricación, tratamiento y almacenamiento.	En todos estos lugares es necesario realizar una renovación continua del aire, mediante instalaciones apropiadas, para diluir y evacuar el polvo. En todos los lugares de trabajo, con presencia habitual de trabajadores, es necesario realizar una limpieza periódica y eficaz del polvo depositado, mediante sistemas de aspiración o por vía húmeda.
Otras medidas de prevención	Cuando las condiciones específicas de algunas labores no permitan la utilización de los anteriores sistemas de prevención, el empresario podrá tomar otras medidas alternativas, que pondrá en conocimiento de la autoridad minera.

Tabla 31. Medidas preventivas ante el polvo³¹.

Las anteriores medidas adoptadas se complementaran con las señaladas a continuación:

- ✓ Aislamiento de cabinas de vehículos y puestos de mando de máquinas e instalaciones con sistemas de aire acondicionado o filtrado.

- ✓ Separación del personal del foco de producción de polvo, mediante la utilización de mandos a distancia o cualquier otra medida organizativa.
- ✓ Utilización de equipos de protección individual (mascarillas con nivel de protección FFP2 mínimo recomendable FFP3). La utilización de equipos de protección individual nunca suplirá a las medidas técnicas de prevención que puedan suprimir, diluir, asentar o evacuar el polvo.

5.2. Humos de soldadura

Los humos de soldadura dependerán de los procedimientos de soldadura que apliquemos, entre otros factores que se tratarán a continuación. Los procedimientos principales de soldadura son los siguientes³⁶:

SOLDADURA ELÉCTRICA AL ARCO

- Se realiza mediante calor (electricidad) y un material de aporte (electrodos).

SOLDADURA OXIACETILÉNICA Y OXICORTE

- Se utiliza un gas, normalmente acetileno, combinado con oxígeno.

SOLDADURA TIG (TUGSTENO INERTE GAS)

- El gas que se utiliza es tugsteno, junto con un material de aporte que será el mismo que la pieza a soldar.

SOLDADURA MIG-MAG

- La fusión se produce debido al arco eléctrico que se forma entre un electrodo (alambre continuo) y la pieza a soldar

Los humos de soldadura son una suspensión de partículas formadas por condensación del estado gaseoso, originadas por sublimación o volatilización de metales y, a menudo, acompañadas por una oxidación. Son extremadamente finas y esféricas.

Los humos de soldadura son una mezcla de partículas y gases generados por el fuerte calentamiento de las sustancias presentes en el entorno del punto de soldadura o de oxicorte. Estas sustancias son fundamentalmente:



³⁶ OSALAN. El soldador y los humos de soldadura. Gobierno Vasco. 2009

Estas sustancias pueden contener una serie de contaminantes que pueden ser tóxicos. A continuación se muestran de forma no exhaustiva:

CONTAMINANTES PROCEDENTES DEL RECUBRIMIENTO DE LAS PIEZAS			
Operaciones	Recubrimientos más frecuentes	Contaminantes característicos	
Soldadura y corte por cualquier procedimiento en el que se produzca la fusión del recubrimiento de la pieza.	Recubrimientos metálicos.	Galvanizado	Óxido de zinc Óxido de plomo
		Cromado	Óxido de cromo
		Niquelado	Óxido de Níquel
		Cobrado	Óxido de cobre
		Cadmiado	Óxido de cadmio.
	Recubrimientos con pinturas, barnices, resinas, plásticos, etc.	Todos	Anhídrido carbónico, Monóxido de carbono. Mezclas complejas (*) de descomposición de productos orgánicos
		Pinturas generales	Óxidos de los metales de sus pigmentos
		Pinturas con minio	Óxido de plomo.
	Impregnación de las piezas con residuos de fabricación.	Pinturas con cromatos	Óxidos de cromo, plomo y zinc.
		Fluidos de corte Aceites antioxidantes	Anhídrido carbónico, Monóxido de carbono, Acroleína, Mezclas complejas de descomposición de productos orgánicos.
		Disolventes clorados: Tricloroetileno, Percloroetileno, etc.	Fosgeno
		Montaje y desguace de equipos con aislamiento de amianto mediante soldadura y oxicorte.	Amianto

Ilustración 33. Contaminantes procedentes del recubrimiento de las piezas³⁶.

CONTAMINANTE PROCEDENTE DE LA BASE DE LAS PIEZAS		
Operación	Metal base más frecuente	Contaminantes característicos. Óxidos de:
Soldadura, corte, vaciado, relleno, etc. por cualquier procedimiento en el que se produzca la fusión del material base de la pieza.	Aceros al carbono	Hierro. Manganeso.
	Aceros aleados	Hierro. Manganeso. Cromo. Níquel.
	Aceros inoxidable	Hierro. Manganeso. Cromo. Níquel.
	Aluminio	Aluminio.
	Bronces (según tipos)	Cobre. Estaño. (Níquel. Plomo. Zinc. Berilio.)
	Latón (Latones aleados)	Cobre. Zinc. (Estaño. Manganeso. Plomo.)
	Aleaciones cobre-berilio	Cobre. Berilio
	Plomo	Plomo

Tabla 32. Contaminantes procedentes de la base de las piezas³⁶.

CONTAMINANTES PROCEDENTES DE LOS MATERIALES DE APORTE			
Material de aporte	Tipo de soldadura	Contaminantes característicos	
Varilla o alambre desnudo	Con soplete ("Autógena", "oxigas", "oxiacetilénica")	Según los casos: Óxidos de cobre, zinc, estaño, berilio, manganeso, plomo, plata, y cadmio.	
	TIG; MIG; MAg.	Óxidos de los metales del hilo o de la varilla de aporte (Normalmente los mismos que los de las piezas). Óxidos de cobre cuando el hilo va recubierto de este metal.	
	Soldaduras blandas (<i>Con resina de colofinia</i>)	Según los casos: Óxidos de estaño, plata, plomo y cobre. (Formaldehído).	
Electrodo revestido	Manual al arco eléctrico -- Tipo de revestido.	Todos	Óxidos de hierro u de manganeso
		Ácidos	Sílice amorfa
		De rutilo	Óxido de titanio
		Básico	Fluoruros
		Celulósico	Monóxido y Dióxidos de carburo (CO y CO ₂)
		Grafito cobreado	Óxido de cobre. Monóxido y Dióxido de carbono (CO y CO ₂)

CONTAMINANTES PROCEDENTES DE LOS MATERIALES DE APORTE			
Material de aporte	Tipo de soldadura		Contaminantes característicos
		Otros especiales	Según los casos: Óxidos de cobre, zinc, plomo, níquel y cromo.
Gas de protección	MAG En su caso: MIG; TIG; Plasma		Cuando se aporta anhídrido carbónico: Monóxido y Dióxido de carbono (CO y CO ₂)
Gases de combustión	Oxigas		Óxidos nitrosos, por impurezas de nitrógeno en oxígeno, y anhídrido carbónico (CO ₂)
	Oxiacetilénica (con acetileno obtenido del carburo cálcico)		Fosfina, por impurezas de fósforo en el carburo cálcico de baja pureza.
Fundente, Flux, Decapante, Termita	Electrodo sumergido		Fluoruros
	Uso de decapantes ácidos		Fluoruros, cloruros
	Uso de bórax, carbonatos		Óxidos alcalinos
	Aluminotermia		Óxidos de aluminio u de hierro

Tabla 33. Contaminantes procedentes de los materiales de aporte³⁶.

CONTAMINANTES PROCEDENTES DEL AIRE Y DE SUS POSIBLES IMPUREZAS		
Operaciones	Contaminantes característicos	Reacciones que los originan
Todas, pero especialmente: Soldadura, corte y calentamiento con llama	Óxidos de nitrógeno	Oxidación del nitrógeno del aire
Soldadura al arco eléctrico: Electrodo, TIG, MIG, plasma, etc. Especialmente trabajando con piezas de aluminio	Ozonos	Acción de las radiaciones ultravioleta sobre el oxígeno del aire
Todas (Cuando el aire está contaminado con disolventes clorados)	Fosgeno	Descomposición de los disolventes clorados: tricloroetileno, percloroetileno, etc. Procedentes, por ejemplo, de instalaciones de desengrase próximas, secado de piezas, etc.

Tabla 34. Contaminantes procedentes del aire y de sus posibles impurezas³⁶.

5.2.1. Localización de los humos de soldadura

Los humos de soldadura se encuentran principalmente en las operaciones de mantenimiento y en el taller mecánico.

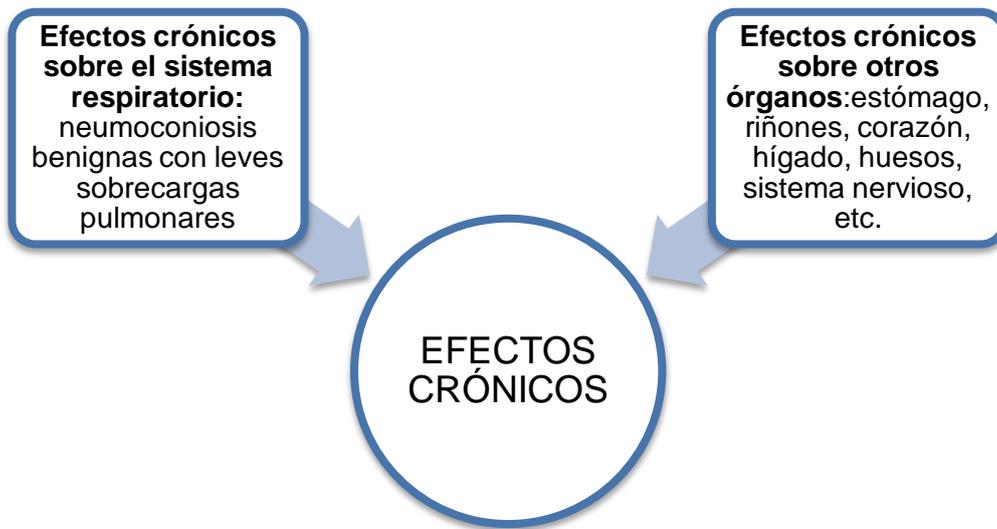
Actividades o procesos	RIESGO MUY IMPORTANTE	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO MODERADO	RIESGO DE NIVEL BAJO O SIN RIESGO
Perforación y voladura				
Carga del material				
Transporte del material				
Planta de tratamiento				
Bascula				
Taller mecánico y de mantenimiento				
Oficinas				

Tabla 35. Localización de los humos de soldadura.

5.2.2. Daños relacionados con los humos de soldadura

La inhalación de humos de soldadura puede ocasionar daños para la salud. Los órganos afectados y la gravedad de las lesiones dependen de los contaminantes presentes en los humos y de la cantidad inhalada. Los principales efectos que se producen se describen a continuación³⁶:





Otro tipo de daños se pueden causar debido a la inhalación de estos metales procedentes de los humos de soldadura son:

- **Efectos sensibilizantes:** se dice que una sustancia es sensibilizante cuando después de exposiciones a ella, más o menos prolongadas o intensas, se origina una hipersensibilidad hacia la misma, de forma que posteriores mínimas exposiciones desencadenan reacciones fisiológicas adversas características, muy superiores a las que en principio cabría esperar.
- **Efectos cancerígenos:** en los humos de soldadura, dependiendo de los procesos, pueden estar presentes sustancias potencialmente cancerígenas (por ejemplo el plomo).
- **Efectos teratógenos:** se consideran sustancias teratógenas aquellas que pueden perjudicar el desarrollo del feto durante el embarazo.

Existen una serie de enfermedades profesionales que se relacionan con los trabajos de soldadura.

Actividad	Enfermedad profesional relacionada	Código
Soldadores	Rinoconjuntivitis	4I 0126
	Urticarias, angioedemas	4I 0226
	Asma	4I 0326
	Alveolitís alérgica extrínseca (o neumonitis de hipersensibilidad)	4I 0426
	Síndrome de disfunción de la vía reactiva	4I 0526
	Fibrosis intersticial difusa	4I 0626

Actividad	Enfermedad profesional relacionada	Código
	Fiebre de los metales y de otras sustancias de bajo peso molecular	4I 0726
	Neumopatía intersticial difusa	4I 0826
Soldadura con antimonio	Enfermedades causadas por antimonio y derivados	1B0103
	Enfermedad causada por soldadura con antimonio	4 J0103
Soldadura y oxicorte de piezas con cadmio	Enfermedades causadas por cadmio y sus compuestos	1A0306
	Neoplasia maligna de bronquio, pulmón y próstata	6G0106
Trabajos que implican soldadura y oxicorte de aceros inoxidable.	Enfermedades causadas por cromo trivalente y sus compuestos.	1A0413
	Neoplasia maligna de cavidad nasal por cromo y por níquel	6I0113
	Neoplasia maligna de bronquio y pulmón por cromo y por níquel	6I0213
	Cáncer primitivo del etmoides y de los senos de la cara por níquel	6K0208
Soldadura con compuestos del manganeso	Enfermedades causadas por manganeso y sus compuestos	1A0606
Soldadura con electrodos de manganeso	Manganeso y sus compuestos	1A0615
Fabricación, soldadura, rebabado y pulido de objetos de plomo o sus aleaciones.	Enfermedades causadas por plomo y sus compuestos	1A0902
Utilización de la acroleína en la soldadura de piezas metálicas.	Enfermedades causadas por aldehídos	1G0111
Soldadura de piezas o partes metálicas que hayan sido limpiadas con hidrocarburos clorados	Enfermedades causadas por oxocloruro de carbono (Fosgeno)	1T0206
Soldadura de arco	Enfermedades causadas por óxidos de nitrógeno	1T0301

Tabla 36. Enfermedades relacionadas con los humos de soldadura³⁷.

5.2.3. Normativa de aplicación

A continuación se cita la legislación aplicable a humos de soldadura:

³⁷ RD 1299/2006 sobre enfermedades profesionales. Grupo I, IV y VI.

- 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.
- 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.

5.2.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención

A continuación se detallan las labores que deben de realizar los servicios de prevención.

5.2.4.1. Método de medida

Los riesgos del trabajador por inhalación de humos de soldadura dependen de la composición de los materiales que utiliza y de las condiciones en las que desarrolla su trabajo. Una primera evaluación o medida sería la información de estos compuestos y las condiciones de trabajo, obtenida mediante:

- Etiquetas de los envases
- Fichas de datos de seguridad (FDS)
- Certificados de fabricación y seguridad

Estas 3 fuentes de información nos pueden aportar la información suficiente para aplicar unas medidas preventivas iniciales.

Cuando con la información mencionada anteriormente no sea suficiente para establecer unos criterios de evaluación exhaustivos se procederá a la toma de muestra mediante aparatos de medida. Se tomara un valor en el ambiente y cuando proceda un valor en un medio biológico (orina, sangre, aire exhalado...)

Valor ambiental

A la hora de tomar muestras de los humos procedentes de soldadura en el ambiente nos interesa tomar la fracción inhalable o la fracción respirable dependiendo del agente contaminante³⁸.

- La **fracción inhalable** se define como la fracción de la masa de las partículas del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca.
- La **fracción respirable** se define como la fracción de la masa de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas.

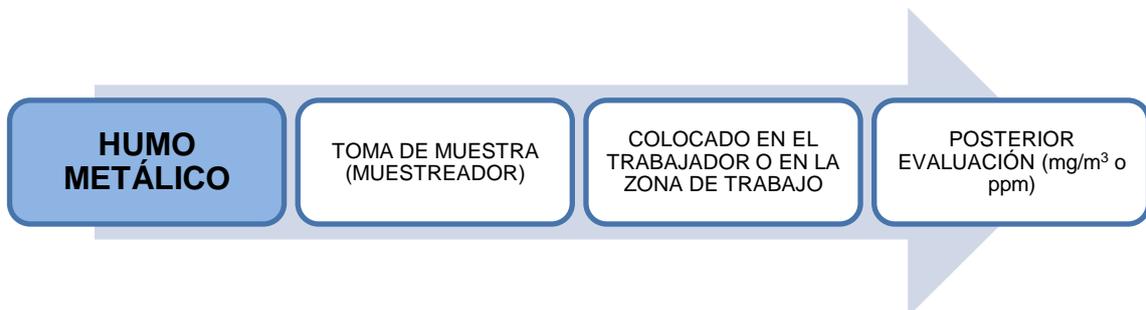
³⁸ Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo. INSHT. 2013

Para tomar la fracción de masa inhalable o respirable de los humos debemos de colocar un muestreador al trabajador en la zona de respiración.



Ilustración 34. Filtro para la captación de partículas procedentes de los humos de soldadura.

Estos muestreadores toman una muestra de volumen de aire conocida que contiene humos de soldadura, con lo cual podremos conocer el contenido de los diferentes metales que tenemos en mg/m^3 , tras su posterior evaluación en el laboratorio.



Cuando se trata de **muestreadores pasivos** no se utilizan bombas de aspiración, sino que se colocan en una zona determinada, donde se pretende medir los agentes químicos y transcurrido un determinado tiempo se recoge para su posterior análisis.

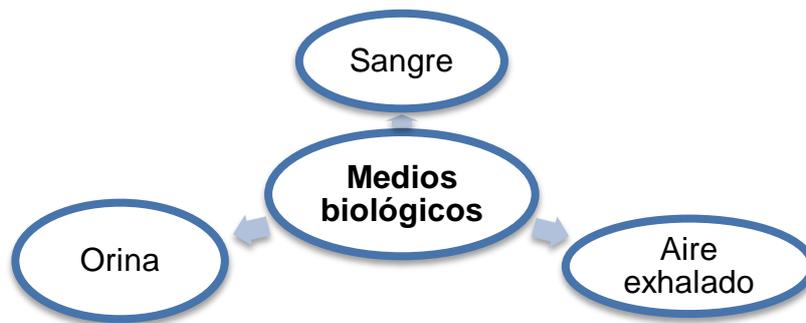
El trabajador deberá de llevar este muestreador el tiempo que el técnico crea necesario para que la evaluación sea representativa.

Hay varios métodos para la medición de los humos de soldadura pero una de los más utilizados es el MA-025-A92 sobre determinación de metales y sus compuestos iónicos en aire - Método de filtro de membrana /espectrofotometría

de absorción atómica, que aporta el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Valor biológico

El control biológico es la valoración de la exposición de un agente químico a través de la medida de un indicador en los especímenes biológicos tomados al trabajador en un momento determinado. Estos indicadores biológicos son parámetros que miden la concentración del contaminante o de algún metabolito del mismo en un fluido biológico, o que indican un cambio o alteración química, bioquímica, fisiológica o cualquier otra alteración producida por el contaminante y que es medible en un sistema biológico o en una muestra. Estos indicadores pueden ser de dosis (concentración del agente químico o de alguno de sus metabolitos en un medio biológico del trabajador expuesto) o de efecto (alteraciones bioquímicas reversibles inducidas de modo característico por el agente químico al que está expuesto).



El momento de la toma de la muestra dependerá de la vida media biológica (tiempo necesario para que la cantidad de tóxico en el organismo se reduzca a la mitad) del agente químico.

Vida media	Tiempo óptimo de la toma de muestra
< 2 h	Demasiado corta para un control adecuado.
2 – 10 h	Final de la jornada o principio de la jornada.
10 – 100 h	Final de la jornada o final de la semana de trabajo.
>100 h	Tiempo no crítico.

Tabla 37. Tiempo óptimo para la toma de muestra. Control biológico.

Fuente: Guía técnica: Agentes químicos presentes en el lugar de trabajo.

Este valor biológico se encargara de medirlo los servicios sanitarios competentes por medio de sus laboratorios o concertados.

5.2.4.2. Equipo de muestreo

Dependiendo de los agentes químicos que se emitan cuando se realice la soldadura se utilizara un equipo de muestreo u otro En la tabla siguiente se

pueden observar de forma no exhaustiva algunos de los métodos a emplear dependiendo del agente químico.

Tipo de agente químico	Instrumento de medida
Monóxido de carbono	Monitores de lectura directa, instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister.
Óxidos de metales (Fe, Cr, Sn, Mn, V, Mo, Cu, Zn)	Filtros (Muestreadores de materia particulada), Bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister.
Acroleína	Bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister
Fosgeno	Instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister.
Dióxido de carbono	Instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister
Fluoruros	Instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister
Tricloroetileno	Instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister
Percloroetileno	Instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister
Materia particulada	Muestreadores de materia particulada dependiendo del diámetro

Tabla 38. Instrumentos de medida a aplicar en función del agente químico.

Muestreadores de materia particulada

Las unidades de captación de partículas sólidas:

Filtro: Filtro de 37 mm. de diámetro, cuya naturaleza y porosidad, son específicos para cada contaminante.

- **Soporte de celulosa:** Actúa como soporte físico del filtro, siendo su tamaño adecuado al diámetro del filtro.
- **Portafiltros o casetes:** Se utilizan casetes de poliestireno de 2 ó 3 cuerpos, de 37 mm. de diámetro, en los que se coloca el filtro sobre el soporte de celulosa. Los casetes de 2 ó 3 cuerpos (inferior y superior; o inferior, anular y superior) se montan procurando que queden perfectamente encajados, sin intersticios entre ellos. Para evitar la entrada de aire por los laterales y asegurar su estanqueidad, se sellan con una cinta de teflón o banda adhesiva, que cubra las uniones entre los cuerpos. (Existen bandas de celulosa que se contraen al evaporarse el disolvente con que van impregnadas). Por último, se colocan los dos tapones en los orificios de entrada y salida del casete.

- **Ciclón:** Como hemos se ha visto en el tema de polvo solo se utiliza para muestras de fracción de polvo respirable. Ciclón de nylon de 10 mm. , cuya salida se conecta a la entrada del casete.
- **Tubo flexible:** Tubo flexible de silicona, de 6, 4 mm. de diámetro interior y alrededor de 1 metro de longitud.
- **Adaptador:** Facilita una mejor conexión del tubo de silicona con el casete.
- **Cronómetro:** Para calcular el tiempo de muestreo.
- **Termómetro y manómetro:** Para la conversión del volumen de muestreo a condiciones normales (25°C y 760 mm. de Hg.)

Tipos de muestreadores de materia particulada³⁹.

IOM (Muestreador Institute of Occupational Medicine): Muestreador de la fracción de partículas inhalables. Está constituido por una cabeza plástica que contiene un portafiltros o casete de plástico reutilizable con un filtro de 25 mm, cuya naturaleza depende del procedimiento analítico a aplicar: fibra de vidrio GF/A; PVC 5 μm ; ésteres de celulosa AA 0,8 μm o policarbonato 0,8 μm . El aire es aspirado a través del orificio circular de 15 mm de diámetro del muestreador, conectado a una bomba personal a un caudal de $2 \pm 0,1$ l/m.



Ilustración 35. Muestrador IOM³⁹.

PGP-GSP es la versión europea más conocida de muestreador cónico para materia particulada inhalable. Puede ser de metal fundido con una entrada cónica o de plástico antiestamínico. El aerosol se aspira a un caudal de $3,5 \pm 0,1$ l/m a través de un orificio circular de 8 mm de diámetro. El muestreador contiene un portafiltros tipo casete, provisto de un filtro de 37 mm de fibra de vidrio, de PVC 5 μm , de teflón 2 μm o de membrana, según la metodología analítica a seguir; también en este modelo la muestra está constituida por el conjunto de soporte y filtro.

³⁹ Martí Veciana, Antonio. NTP 814: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles: el muestreador personal IOM para a fracción inhalable.



Ilustración 36. PGP-GSP 3,5³⁹.

CIS (Conical Inhalable Sampler), muy similar al PGP-GSP 3,5. Es de plástico conductor y tiene una sección cónica frontal, con un orificio de 8 mm. El caudal es de $3,5 \pm 0,1$ l/m y la muestra se capta en un filtro de 37 mm montado en un portafiltros reutilizable.



Ilustración 37. Muestreador CIS³⁹.

PAS-6 es otro muestreador de tipo cónico, tiene una geometría parecida al muestreador PGP-GSP 3,5 y al CIS. Es de naturaleza metálica y capta las partículas inhalables de los aerosoles a un caudal de $2 \pm 0,1$ l/m sobre un filtro de 25 mm, a través de un orificio de entrada de 6 mm de diámetro.

CIP10: Es de plástico conductor y dispone de una copa rotatoria alta velocidad que contiene una espuma de poliuretano sobre la cual se captan las partículas. Es un equipo pequeño, ligero y compacto, de alrededor unos 300 g de peso, que lleva incorporado una bomba de muestreo interna y que puede utilizarse tanto para muestreos personales como ambientales. Dispone de varias versiones que posibilitan la captación individual de las distintas fracciones, cambiando el selector, que puede contener espumas de distinta porosidad:

- CIP10-I: para captar la fracción inhalable, con un caudal de 10 l/min.
- CIP10-T: para captar la fracción torácica, con un caudal de 7 l/min.
- CIP10-R: para captar la fracción respirable, con un caudal de 10 l/min.
- CIP10-M: para captar microorganismos (por centrifugación sobre un líquido), aceptando los selectores de las distintas fracciones.

Los principales inconvenientes de este muestreador se deben al comportamiento higroscópico de la espuma y a los fenómenos electrostáticos. Es recomendable pesar simultáneamente varias “muestras blanco” y hacer las correcciones oportunas.

Button Sampler: Es un muestreador diseñado para la fracción inhalable. Es de acero inoxidable y aluminio (para reducir los efectos electrostáticos en el muestreo), pequeño y ligero, de forma semiesférica, con orificios de 381 μm de diámetro y cuya área global de muestreo es de 19,6 cm^2 . El caudal recomendado es de 4 l/min.



Ilustración 38. Muestreador Button³⁹.

7 agujeros (Seven-Hole-Sampler): con 7 orificios circulares de 4 mm de diámetro, conocido también por las siglas SHS, 7H ó 7HH (“7 Hole Head”), tiene un aspecto similar al muestreador IOM. El aire es aspirado a un caudal de $2 \pm 0,1$ l/min, siendo recogida la muestra sobre un filtro de 25 mm de diámetro, apoyado sobre un soporte metálico y cuya naturaleza depende de la aplicación y análisis metálica.



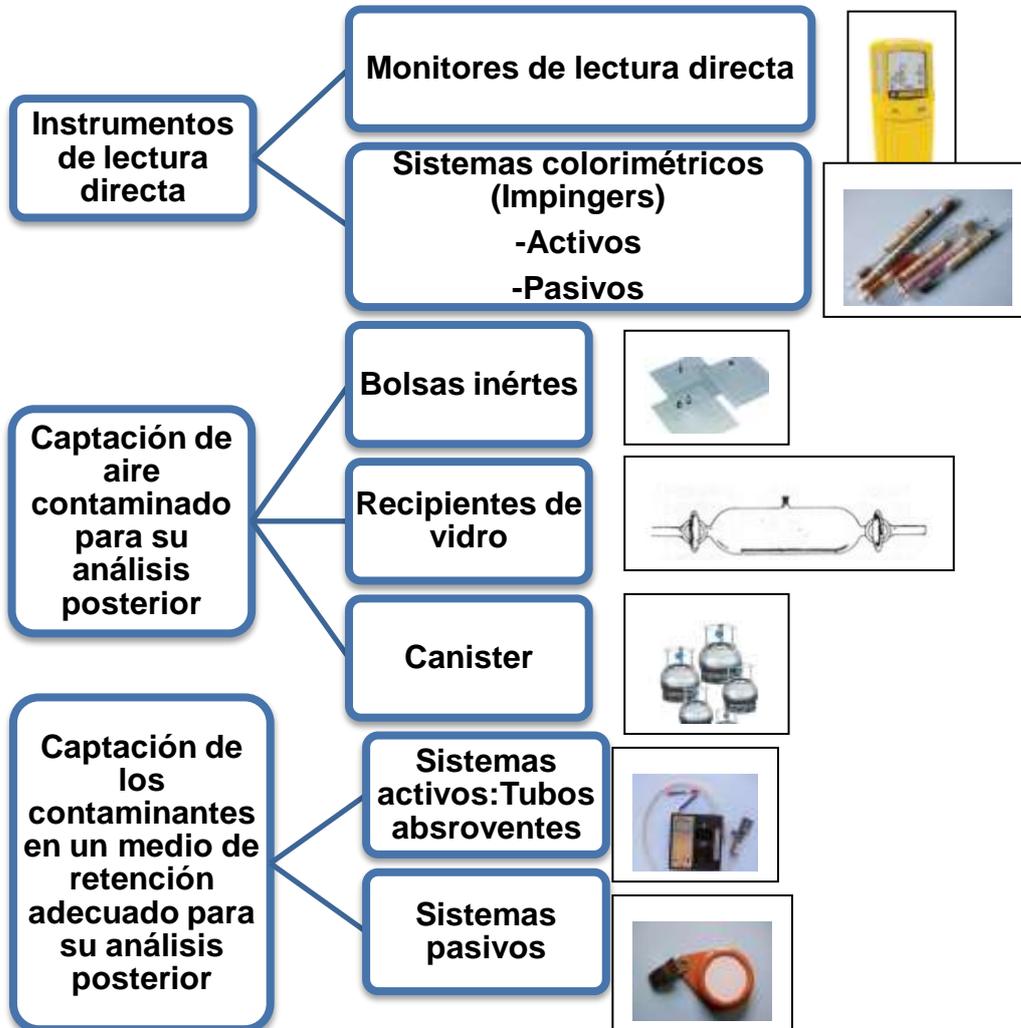
Ilustración 39. Muestreador SHS³⁹.

Muestreadores de gases y vapores.

Para la toma de muestras de gases y vapores podemos utilizar los siguientes métodos, entre otros:

- **Instrumentos de lectura directa:** Se toma la medida directamente a través de un monitor o de un sistema impigner.
- **Captación de aire contaminado para su análisis posterior:** Se captura aire del ambiente de trabajo donde se encuentran los agentes químicos para su posterior análisis.

- Captación de los contaminantes en un medio de retención adecuado para su análisis posterior:** El contaminantes es capturado en un medio de retención adecuado, ya sea activo o pasivo, para su análisis posterior.



5.2.4.3. Tamaño de la muestra

A la hora de tomar la muestra para los humos de soldadura debemos de tener en cuenta que el trabajador no estará expuesto toda la jornada laboral, sino una pequeña parte de ella, con lo cual está pequeña parte la tenemos que trasponer al resto de la jornada para obtener un valor representativo de la jornada laboral (8 horas). Antes de tomar las muestras se debe de establecer una estrategia de muestreo que se adapte al tipo de exposición que tenemos, en la cual debemos de tener en cuenta:

- Tipos de agentes químicos que van a estar presentes, dependiendo del tipo de soldadura.
- Disponibilidad, equipos de muestreo.

- Variaciones inter e intradiarias de la concentración de contaminantes, es decir, hay que tener en cuenta que las muestras hay que tomarlas cuando el trabajador este realizando la soldadura y en las exposiciones pico.
- N° de muestras necesarias y tiempo de toma de esas muestras para obtener una fiabilidad estadística y representativa. A través del método MA-025-A92, mencionado anteriormente, el técnico de prevención puede establecer unos tiempos de medida.

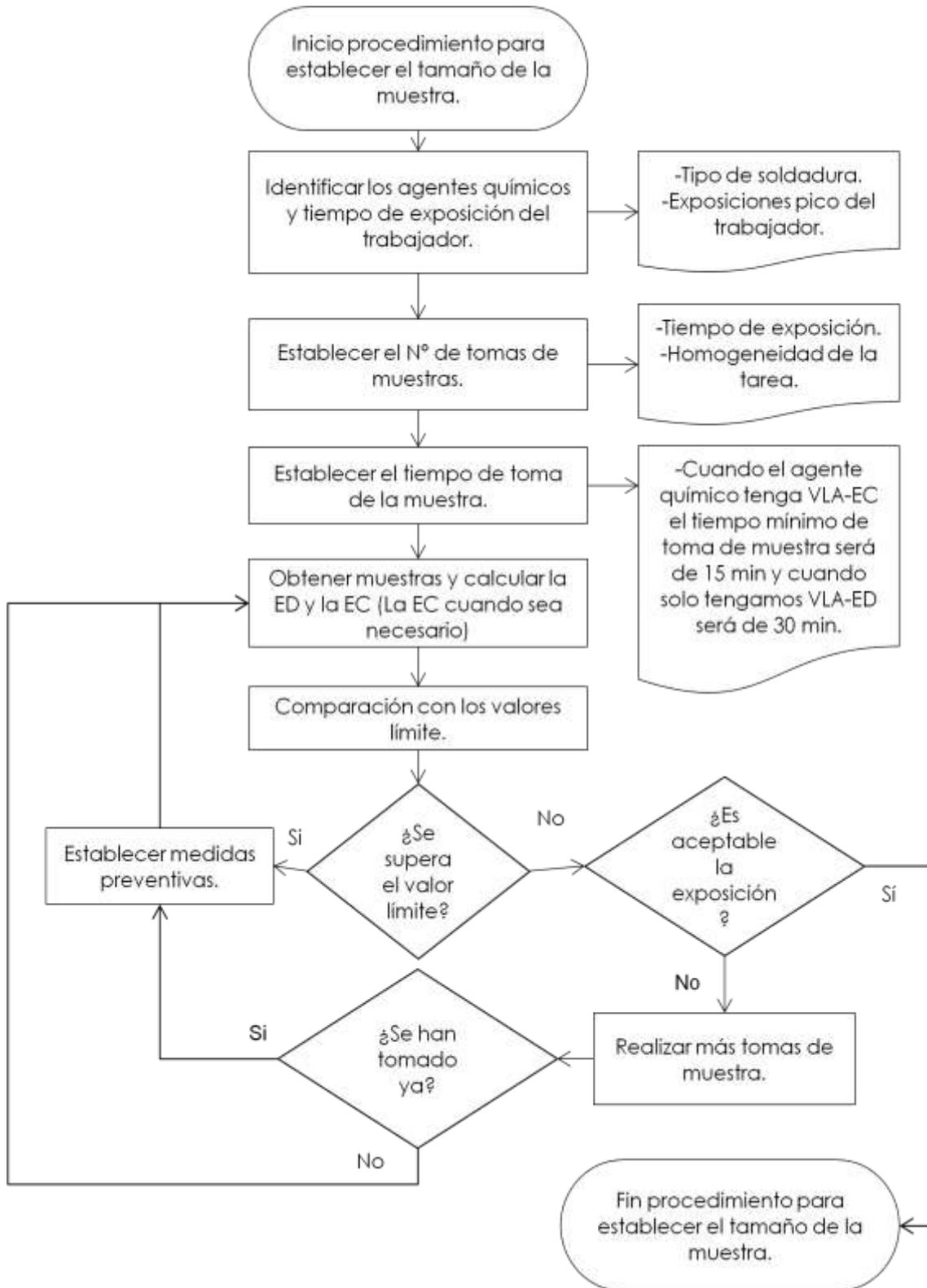
Además de los puntos anteriores debemos de tener en cuenta que el tamaño de la muestra debe de ser adecuado para establecer una valoración aceptada de la exposición, es decir, establecer un tiempo de toma de muestra tal que, a la hora de realizar la evaluación la muestra cogida no supere en más de un 10% el VLA-ED⁴⁰.



Ilustración 40. Trabajos de soldadura.

⁴⁰ Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo. INSHT. 2013. Apéndice 4: Método de la evaluación de la exposición a agentes químicos.

El procedimiento de forma no exhaustiva a seguir es el siguiente:



5.2.5. Evaluación de riesgos en función del valor límite

La evaluación de riesgos deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en aire, en su zona de respiración, y su comparación con el valor límite ambiental, ya sea durante toda la jornada (8 horas, VLA-ED) o un periodo corto de exposición (15 minutos, VLA-EC). Como medida complementaria o cuando sea específicamente obligatorio (por ejemplo el plomo) se realizará una medición en un medio biológico (VLB). Los VLA se definen como⁴¹:

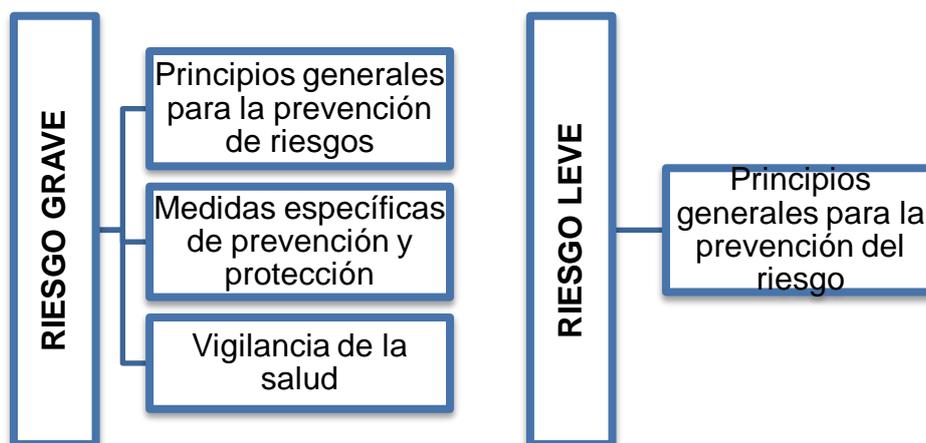
- **Valor Límite Ambiental para la Exposición Diaria (VLA-ED):** valor límite de la concentración media, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.
- **Valor Límite Ambiental para Exposiciones de Corta Duración (VLA-EC):** valor límite de la concentración media, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un periodo de referencia inferior.
- **Valor Límite Biológico (VLB):** el límite de la concentración, en el medio biológico adecuado, del agente químico o de uno de sus metabolitos o de otro indicador biológico directa o indirectamente relacionado con los efectos de la exposición del trabajador al agente en cuestión.

Estas mediciones no serán necesarias cuando el empresario demuestre claramente por otros medios que se han logrado una adecuada prevención y protección.

Como en los humos de soldadura tenemos varios agentes químicos, la evaluación deberá realizarse atendiendo al riesgo que presente la combinación de dichos agentes. Se tendrán que tener en cuenta aquellos agentes químicos que tengan la misma acción sobre el mismo órgano.

Para la realización de la evaluación de riesgos tendremos que tener en cuenta cuando sea un riesgo grave o un riesgo leve.

⁴¹ 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. Artículo 2: Definiciones.



Riesgo grave tendremos siempre que se superen los valores límite. Riesgo leve tendremos cuando se tenga presente en el lugar de trabajo una pequeña cantidad de un tóxico, sin superar un determinado valor.

En la siguiente tabla se pueden observar los valores límite establecidos para cada una de los agentes químicos procedentes de los humos de soldadura que pueden ser peligrosas para la salud.

Agente químico	VLA-ED (mg/m ³)	NOTAS
Óxido de hierro	5	-
Trióxido de cromo	0,05	C1A,M1B,Sen, r, VLB
Óxido de cinc (fracción respirable)	2	VLA-EC = 10 mg/m ³
Óxido de Berilio	0,0002	C1B, Sen, r
Óxido de cadmio (Fracción inhalable)	0,01	C1B, VLB, r, d
Óxido de cadmio (Fracción respirable)	0,002	C1B, VLB, r, d
Monóxido de carbono	29mg/m ³ , 25 ppm	TR1A, VLB
Acroleína (Vía dérmica)	0,23 mg/m ³ , 0,1 ppm	-
Cloruro de carbonilo (Fosgeno)	0,08 mg/m ³ , 0,02 ppm	VLA-EC = 0,4 mg/m ³ , 0,1 ppm. VLI
Dióxido de titanio	10	-
Dióxido de carbono	9150 mg/m ³ , 5000 ppm	VLI
Óxido de aluminio	10	-
Aluminio: Humos de soldadura, como Al	5	-
Tricloroetileno	10 ppm	VLB, r

Agente químico	VLA-ED (mg/m ³)	NOTAS
Percloroetileno	172 mg/m ³ , 25 ppm	VLA-EC = 689 mg/m ³ , 100 ppm. VLB, ae
Manganeso elemental	0,2	-
Níquel metal	1	Sen, r
Cobre: Humos, como Cu	0,2	-
Cobre: Polvo y nieblas, como Cu	1	-
Estaño metal	2	-
Plata metal	0,1	VLI
Amianto	0,1 fibras/cm ³	t, r
Fluoruros inorgánicos, como F, excepto el hexafluoruro de uranio y los expresamente indicados	2,5	VLB, VLI
Dióxido de nitrógeno	5,7 mg/m ³ , 3 ppm	VLA-EC = 9,6 mg/m ³ 5 ppm
Monóxido de nitrógeno	31 mg/m ³ , 25 ppm	VLBm
Óxido de dinitrógeno	92 mg/m ³ , 50 ppm	-

Tabla 39. Valores límite ambientales de los diferentes agentes químicos procedentes de soldadura⁴².

Notas:

- VLB: Agente químico que tiene un valor límite biológico.
- VLA-EC: Valor límite ambiental de corta duración (15 minutos).
- Sen: Es un agente sensibilizante (ocasiona una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado dé lugar a efectos negativos característicos).
- r: sustancia que tiene restringida la fabricación, la comercialización o el uso.
- VLI: Agente químico para el que la U.E estableció en su día un valor límite indicativo.
- ae: Alterador endocrino.
- C1A: Se supone que es cancerígeno para el hombre, en base a la existencia de pruebas en humanos.
- C1B: Se supone que es cancerígeno para el hombre, en base a la existencia de pruebas en animales.

⁴² Límite de exposición profesional para agentes químicos en España. INSHT.

- M1: sustancias de las que se sabe o se considera que inducen mutaciones hereditarias en las células germinales humanas.
- t: todas las variedades de amianto tienen prohibida su fabricación, uso y comercialización.
- VLBm: Agente químico al que se le aplica un Valor Límite Biológico de los inductores de la metahemoglobina.

A la hora de realizar la evaluación se debe de tener en cuenta la siguiente valoración en función de los resultados obtenidos en comparación con los valores límite.

ÍNDICE DE EXPOSICIÓN EN %	VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	CONCLUSIONES
Menor o igual a 10	ACEPTABLE	Puede considerarse que es POCO PROBABLE que se supere el valor límite en la jornada de trabajo
Superior a 10 e inferior o igual a 100	INCERTIDUMBRE	Se debe de COMPLETAR la estrategia de medición con más valores para poder llegar a una decisión objetiva. Coger muestras otros 2 días más.
Mayor de 100	INACEPTABLE	Supera el valor límite, con lo cual se debe de CORREGIR la exposición.

Tabla 40. Valoración de la exposición en función de la exposición diaria⁴⁰.

También se deben de tener en cuenta la combinación de los diferentes tóxicos, es decir, aquellos agentes químicos que tengan efectos combinados (afecten al mismo órgano).

En cuanto a los valores límites biológicos tenemos los siguientes:

Agente químico	Indicador biológico	VLB	Momento de muestreo	Notas
Cromo (VI), humos solubles en agua (2008)	Cromo total en orina	10 µg/l	Principio y final de la jornada laboral (4)	
	Cromo total en orina	25 µg/l	Final de la semana laboral (1)	
Cadmio y compuestos inorgánicos	En orina	5 µg/g creatinina	No crítico	F
	En sangre	5 µg/l	No crítico	F
Monóxido de carbono	Carboxihemoglobina en sangre	3,5% de carboxihemoglobina en hemoglobina total	Final de la jornada laboral (2)	F,I
	CO en el Aire alveolar(fracción final del aire exhalado)	20 ppm	Final de la jornada laboral (2)	F,I
Tricloroetileno	Ácido tricloroacético en orina	15 mg/l	Final de la jornada laboral (1)	I
	Tricloroetanol en sangre	0,5 mg/l	Final de la jornada laboral (1)	I, sin hidrólisis
Fluoruros	En orina	2 mg/l	Antes de la jornada laboral (6)	F, I
	En sangre	3 mg/l	Final de la jornada laboral (6)	F,I

Tabla 41. Valores límite biológicos de los agentes químicos procedentes de soldadura⁴².

Números entre paréntesis del momento de muestro:

- (1): Significa después de cuatro o cinco días consecutivos de trabajo con exposición, lo antes posible después del final de la última jornada, dado que los indicadores biológicos se eliminan con vidas medias superiores a las cinco horas. Estos indicadores se acumulan en el organismo durante la semana de trabajo, por lo tanto el momento de muestreo es crítico con relación a exposiciones anteriores.
- (2): Cuando el final de la exposición no coincida con el final de la jornada laboral, la muestra se tomará lo antes posible después de que cese la exposición real.
- (4): El valor se refiere a la diferencia de los resultados de las muestras tomadas al final y al principio de la jornada laboral.

- (6): Significa 16 horas después de cesar la exposición.

Notas:

- F: Fondo. El indicador está generalmente presente en cantidades detectables en personas no expuestas laboralmente. Estos niveles de fondo están considerados en el VLB.
- I: Significa que el indicador biológico es inespecífico puesto que puede encontrarse después de la exposición a otros agentes químicos.

Como se ha visto en la tabla anterior, existen una serie de cancerígenos o mutágenos en función de las características de la soldadura. Según RD 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, cuando tenemos cancerígenos presentes en el ambiente la evaluación deberá tener en cuenta especialmente:

- Toda posible vía de entrada al organismo o tipo de exposición, incluidas las que se produzcan por absorción a través de la piel o que afecten a ésta.
- Los posibles efectos sobre la seguridad o la salud de los trabajadores especialmente sensibles a estos riesgos.

Según ese mismo Real Decreto, el empresario deberá, siempre que sea posible, sustituir ese producto por otro que no sea cancerígeno. En caso de que no sea técnicamente posible sustituir el agente cancerígeno o mutágeno, el empresario garantizará que la producción y utilización del mismo se lleven a cabo en un sistema cerrado. Cuando la aplicación de un sistema cerrado no sea técnicamente posible, el empresario garantizará que el nivel de exposición de los trabajadores se reduzca a un valor tan bajo como sea técnicamente posible.

5.2.6. Medidas preventivas

Las medidas de prevención a adoptar podrían ser las siguientes:

Actuación sobre el foco contaminante

- Eliminación o sustitución de contaminantes: Siempre que sea posible, se eliminarán los contaminantes o se sustituirán por otros menos peligrosos. Como posibles ejemplos pueden citarse:
 - La exposición al fosgeno por descomposición de disolventes clorados puede evitarse eliminando la presencia de éstos en el punto de soldadura:
 - Desengrasando las piezas con detergentes y no con disolventes clorados.

- No introduciendo las piezas en la zona de soldadura hasta su secado total.
- Evitando la contaminación ambiental de la zona de soldadura con vapores de disolventes clorados procedentes de las operaciones de desengrase.
- Los humos producidos por la descomposición de aceites y fluidos de corte, de los que en ocasiones llegan impregnadas las piezas a la soldadura, pueden evitarse limpiándolas previamente.
- La presencia de metales de elevada peligrosidad en los humos de soldadura, tales como cadmio, plomo, berilio, torio, etc. puede eliminarse o reducirse con una correcta selección de los electrodos, fundentes, materiales de aporte, etc.
- Aplicación de procesos de soldadura de menor contaminación. Siempre que sea posible se seleccionarán los procesos menos contaminantes, por ejemplo:
 - La soldadura al arco mediante electrodos revestidos (MMA), para una misma carga de trabajo, produce mayor cantidad de humos que la semiautomática con hilo continuo (MIG o MAG).
 - La soldadura de acero inoxidable con electrodo no consumible de tungsteno (TIG), genera una cantidad de humos sensiblemente inferior a la realizada con electrodo consumible revestido.
 - La soldadura robotizada y el oxicorte en mesas automatizadas con control numérico permiten que el soldador no esté directamente expuesto a los humos de soldadura.

Actuación sobre la propagación de los contaminantes. Ventilación

Mediante la ventilación deben conseguirse dos objetivos:

- ✓ Evitar al máximo que los humos recién generados se dirijan a las vías respiratorias del soldador. Para ello normalmente será necesario aplicar la **ventilación localizada**.
- ✓ Evitar que en el ambiente general del local lleguen a alcanzarse concentraciones significativas de contaminantes. Esto se conseguirá mediante la **ventilación General**.

Ventilación localizada.

La ventilación localizada consiste en crear corrientes de aire que actúen directamente sobre el foco de contaminación, generalmente aspirando los humos de soldadura, lo que se conoce como “*extracción localizada*”, o más raramente en casos especiales, expulsándolos hacia una zona sin exposición lo que se denomina “*ventilación por dilución o por soplado*”. Hay diferentes tipos de ventilación localizada entre los que podemos destacar los siguientes:

- Mesas de soldaduras con aspiración:

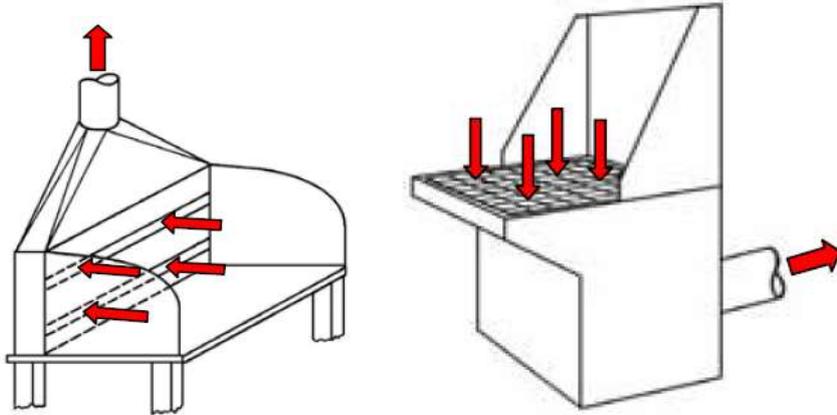


Ilustración 41. Mesa con aspiración inferior.

Fuete: OSALAN, El soldador y los humos de soldadura, Gobierno vasco, Mayo 2009

- Cabinas de soldadura con aspiración
- Bancada de oxicorte con sistema de aspiración.
- Campanas móviles de aspiración
- Boquillas de aspiración portadas por el soldador



Ilustración 42. Cabina de soldadura con aspiración⁴³.

⁴³ <http://www.construnario.com/>



Ilustración 43. Campana móvil de aspiración

Fuete: OSALAN, El soldador y los humos de soldadura, Gobierno vasco, Mayo 2009

Ventilación general.

En determinadas ocasiones bastará con un buen sistema de ventilación natural, pero dado que su eficacia está condicionada a factores no controlables, fundamentalmente los climatológicos como dirección del viento, temperatura exterior, etc. en general será necesario disponer de un sistema de ventilación mecánica adecuado.

La ventilación mecánica se basa en conseguir una renovación del ambiente total del local mediante corrientes de aire estratégicas creadas mediante ventiladores que extraigan el aire interior, introduzcan el aire exterior, o produzcan una combinación de ambos efectos. Estos ventiladores pueden estar instalados de forma aislada en techos y paredes, o estar integrados en sistemas de conducciones de distribución.



Ilustración 44: Tuberías de ventilación.

Fuete: OSALAN, El soldador y los humos de soldadura, Gobierno vasco, Mayo 2009

Actuación sobre el propio soldador. Equipos de protección individual

Si los riesgos no han resultado satisfactoriamente controlados a pesar de haber agotado las posibilidades de actuación sobre el foco de contaminación y sobre la propagación de los contaminantes en el ambiente, queda como última medida preventiva establecer una barrera final ligada directamente al propio soldador constituida por los equipos individuales de protección de las vías respiratorias.

En la utilización de estos equipos deben tenerse en cuenta los siguientes principios básicos:

- ✓ Son un último recurso cuando el resto de las medidas técnicas han resultado inviables o no han resuelto suficientemente el problema.
- ✓ Se usarán con carácter complementario a las medidas colectivas y no sustitutivo.
- ✓ La selección del tipo de protección a utilizar debe ir precedida de un estudio riguroso de los contaminantes presentes y de las condiciones de trabajo.
- ✓ Su uso normalmente está reservado a condiciones de trabajo especiales, por ejemplo, imposibilidad técnica de adoptar medidas de protección colectiva, operaciones de emergencias imprevistas, avería o periodo de instalación de dispositivos de ventilación, trabajos de mantenimiento esporádicos, etc.
- ✓ El tiempo de trabajo con ellos será el mínimo posible. En todo caso se deben establecer los periodos de uso continuado, que se recomienda que en ningún supuesto supere las 2 horas, y de pausas, en función de la sobrecarga que representen para el sistema respiratorio y en su caso, del sobre esfuerzo físico que pueda suponer su utilización.
- ✓ Es imprescindible seguir estrictamente las instrucciones de uso y mantenimiento que acompañan a los equipos.

Para la elección de las mascarillas tendremos que tener en cuenta el tipo de filtro que tengan. Estos filtros tendrán la siguiente nomenclatura en función de su utilización (Las siglas iniciales serán FFP):

Eficiencia de filtración	Tipo de partículas	Aplicación (Gases y Vapores)	Concentración (Gases y vapores)
Baja eficiencia (1)	Partículas sólidas	-Compuestos Inorgánicos (E, B)	-Baja concentración Hasta 1 000 ppm (1)
Media eficiencia (2)	Partículas sólidas (S) Partículas sólidas y líquidas (SL)	E: color amarillo (SO ₂ y CIH)	-Media concentración Hasta 5 000 ppm(2)
Alta eficiencia (3)		B: Color Gris (Cl ₂ , SH ₂ ,CNH) -Color negro: monóxido de carbono, -Color azul: óxido de nitroso.	-Alta concentración Hasta 10 000 ppm (3)

Tabla 42. Tipos de mascarillas.

Ejemplo: **FFP2SLB3**, sería un filtro de eficiencia de filtración media (2), para partículas sólidas y líquidas (SL), para compuestos inorgánicos (B) y de alta concentración de gases y vapores (Hasta 10 000 ppm)(3).



Ilustración 45. Mascarilla.

Para el resto de los gases más habituales en los humos de soldadura puede decirse que no hay equipos filtrantes que resulten operativos, bien porque no proporcionan una eficacia suficiente para las exposiciones continuadas propias de los trabajos de soldadura, como ocurre con los gases nitrosos, ozono, fosgeno, etc. o bien porque no hay posibilidad técnica de fabricar filtros apropiados.

Cuando se trate de **cancerígeno** se deben de establecer las siguientes medidas preventivas expuestas por 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”:

- Limitar las cantidades del agente cancerígeno o mutágeno en el lugar de trabajo.

- Diseñar los procesos de trabajo y las medidas técnicas con el objeto de evitar o reducir al mínimo la formación de agentes cancerígenos o mutágenos.
- Limitar al menor número posible los trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
- Evacuar los agentes cancerígenos o mutágenos en origen, mediante extracción localizada o, cuando ello no sea técnicamente posible, por ventilación general, en condiciones que no supongan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.
- Utilizar los métodos de medición más adecuados, en particular para una detección inmediata de exposiciones anormales debidas a imprevistos o accidentes.
- Aplicar los procedimientos y métodos de trabajo más adecuados.
- Adoptar medidas de protección colectiva o, cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios, medidas individuales de protección.
- Adoptar medidas higiénicas, en particular la limpieza regular de suelos, paredes y demás superficies.
- Delimitar las zonas de riesgo, estableciendo una señalización de seguridad y salud adecuada, que incluya la prohibición de fumar en dichas zonas, y permitir el acceso a las mismas sólo al personal que deba operar en ellas, excluyendo a los trabajadores especialmente sensibles a estos riesgos.
- Velar para que todos los recipientes, envases e instalaciones que contengan agentes cancerígenos o mutágenos estén etiquetados de manera clara y legible y colocar señales de peligro claramente visibles, de conformidad todo ello con la normativa vigente en la materia.
- Instalar dispositivos de alerta para los casos de emergencia que puedan ocasionar exposiciones anormalmente altas.
- Disponer de medios que permitan el almacenamiento, manipulación y transporte seguros de los agentes cancerígenos o mutágenos, así como para la recogida, almacenamiento y eliminación de residuos, en particular mediante la utilización de recipientes herméticos etiquetados de manera clara, inequívoca y legible, y colocar señales de peligro claramente visibles, de conformidad todo ello con la normativa vigente en la materia.

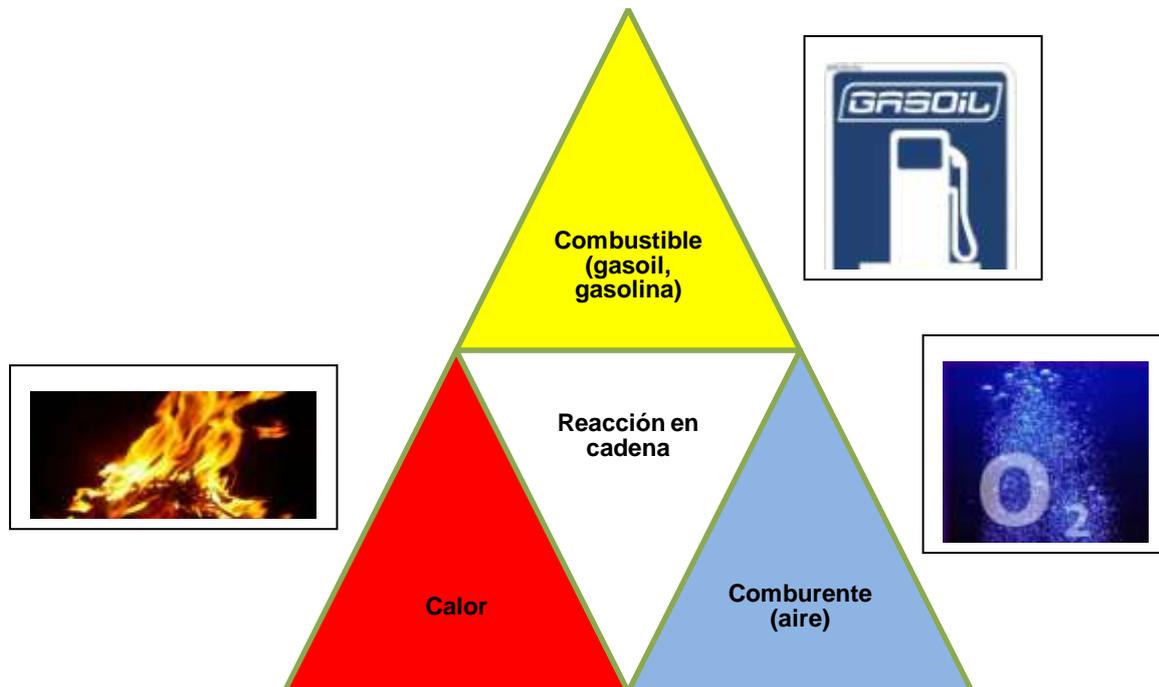
5.3. Humos de combustión

La combustión es el conjunto de procesos físico-químicos por los cuales se libera controladamente parte de la energía interna del combustible. Para que se produzca la reacción de combustión se tienen que dar lo que se denomina tetraedro de la combustión⁴⁴.

Dentro del ámbito de la prevención de riesgos laborales lo que nos interesas son los gases de combustión que se emite, que los principales son los siguientes:

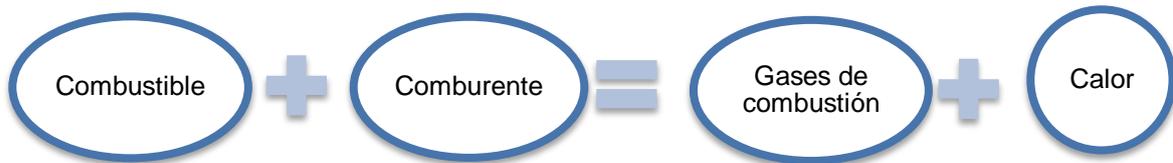
- Agua (H₂O).
- Dióxido de carbono (CO₂).
- Monóxido de carbono (CO).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Óxidos de azufre (SO_x).
- Otros (HCN, NH₃, etc.)

De los cuales pueden ser perjudiciales para la salud el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de azufre y nitrógeno.



Cuando se produce esta reacción se libera gran cantidad de calor (reacción exotérmica) y una serie de productos (gases de combustión).

⁴⁴ <http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/teoria-combustion>



También se pueden producir en los humos de combustión, suspensión de partículas sólidas de carbón u hollín procedentes de un proceso de combustión incompleto.

5.3.1. Localización de los humos de combustión

Los humos de combustión suelen estar presentes en los lugares de trabajo donde se encuentra trabajando un equipo de trabajo que funcione con motor de combustión interna alternativo y este en el interior de edificio o nave. A continuación se describen los diferentes lugares donde se puede encontrar los humos derivados de la combustión y el nivel de riesgo al que están expuestos:

Actividades o procesos	RIESGO MUY IMPORTANTE	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO MODERADO	RIESGO DE NIVEL BAJO O SIN RIESGO
Perforación y voladura				
Carga del material				
Transporte del material				
Planta de tratamiento				
Bascula				
Taller mecánico y de mantenimiento				
Oficinas				

Tabla 43. Localización de los humos de combustión.

5.3.2. Daños relacionados con los humos de combustión

Uno de los efectos más peligrosos de los gases de combustión, a través de su inhalación, es la asfixia por el monóxido de carbono (CO), debido a que tiene 200 veces más afinidad para unirse con la hemoglobina que el oxígeno (O₂). También se puede producir la asfixia por la inhalación de CO₂, ya que este reduce el porcentaje de oxígeno. Además de este, puede producir otros efectos agudos como pueden ser:

- Dificultad para respirar, debido al espasmo o contracción de los bronquios,
- Irritación de la garganta, de los ojos
- Tos

5.3.3. Normativa de aplicación

A continuación se cita la diferente legislación aplicable a humos de combustión:

- 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.
- 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.

5.3.4. Actividades técnicas de los servicios de prevención

A continuación se detallan las labores que deben de realizar los servicios de prevención.

5.3.4.1. Método de medida

En el caso de los humos de combustión, sabemos los gases que se emiten y por lo tanto los que son peligrosos para la salud, con lo cual se van a medir son esos gases específicamente.

Para la determinación de los diferentes componentes de los gases de combustión se utilizarán los métodos que se han descrito en el tema de humos de soldadura, dependiendo del agente químico que se trate.

Agente químico	Instrumentos a aplicar
CO	Monitores de lectura directa, instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister.
CO ₂	Instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister
NO _x	Monitores de lectura directa, instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister.
Óxidos de azufre	Monitores de lectura directa, instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister.
Otros (HCN, NH ₃ , etc.,)	Monitores de lectura directa, instrumentos colorimétricos, bolsas inertes, recipientes de vidrio, canister

Tabla 44. Instrumentos de medida a aplicar en función del agente químico.

Los equipos de muestreo serán los mismos que se han descrito en el tema de humos de soldadura al igual que el tamaño de la muestra.

5.3.5. Evaluación del riesgo en función del valor límite

La evaluación de riesgos laborales se llevará acabo de la misma manera que se ha descrito en el tema de humos de soldadura. En el caso de los humos de combustión los valores límite que se tenemos son los siguientes:

Agente químico	VLA-ED (mg/m ³)	NOTAS*
Monóxido de carbono (CO)	29mg/m ³ , 25 ppm	TR1A, VLB
Dióxido de carbono	9150 mg/m ³ , 5000 ppm	VLI
Dióxido de azufre	1,32 mg/m ³ , 0,5 ppm	VLA-EC = 2,64 mg/m ³ , 1 ppm. s
Dióxido de nitrógeno	5,7 mg/m ³ , 3 ppm	VLA-EC = 9,6 mg/m ³ 5 ppm
Monóxido de nitrógeno	31 mg/m ³ , 25 ppm	VLBm
Hidrocarburos alifáticos alcanos (C1 – C4) y sus mezclas, gases	1000 ppm	-
Amoniaco	14 mg/m ³ , 20 ppm	VLA-EC = 36 mg/m ³ 50 ppm. VLI

Tabla 45. Valores límite ambientales de los diferentes agentes químicos procedentes de humos de combustión⁴⁵.

*Notas: descritas en el apartado de humos de soldadura. Los VLB están en el mismo apartado.

5.3.6. Medidas preventivas

A continuación se describen las medidas preventivas colectivas e individuales a tener en cuenta.

5.3.6.1. Medidas colectivas

En cuanto a las medidas colectivas para evitar que los humos de combustión puedan afectar a la salud de los trabajadores, se pueden aplicar las siguientes:

- Sacar los humos al exterior por medio de extracción general o localizada.
- Ventilación general en los locales cerrados (taller mecánico...).
- Mantenimiento adecuado de los vehículos de combustión interna alternativos. Que cumplan con los requisitos establecidos de gases de combustión (hayan pasado la ITV) para aquellos vehículos que estén obligados a pasar la ITV.

En el **Reglamento General de Vehículos** (Real Decreto 2820/98), en su artículo 11.19, se indica que los vehículos de motor deberán cumplir lo

⁴⁵ Límite de exposición profesional para agentes químicos en España. INSHT.

establecido en las correspondientes disposiciones sobre emisión de humos, gases contaminantes, ruidos y compatibilidad electromagnética

- Formación e información al trabajador.

5.3.6.2. Medidas individuales

Como último recurso, cuando el trabajador vaya a trabajar en unas condiciones en las que no pueda ventilar la zona y se genere gran concentración de estos humos, se utilizarán equipos de protección individual.

Para los humos de combustión se utilizarán mascarillas de protección como equipos de protección individual, las cuales incorporaran unos determinados filtros, descritos en el tema de humos de soldadura. También se podrán utilizar sistemas de respiración autónomos.

6. RIESGOS BIOLÓGICOS

Se podría decir, de forma no exhaustiva, que los agentes biológicos no son unos contaminantes que estén presentes en el sector de los áridos, aunque al ser un sector donde se trabaja al aire libre se rocía agua para minimizar los efectos del polvo y puede haber presencia de animales u otros seres vivos, pueden aparecer bacterias que puedan perjudicar la salud de los trabajadores si estos entran en contacto con ellas.

Un agente biológico es un microorganismo, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.

Algunos de los agentes biológicos principales a considerar dentro de este sector, son:

- La legionella que se puede encontrar en el agua que se acumula durante mucho tiempo sin ser tratada.
- Tétanos en los metales presentes en el lugar de trabajo.
- Mordedura por seres vivos (perros, serpientes,...)

6.1. Legionella

Para abordar el tema de la legionella se ha seguido el “Real Decreto 865/2003 por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis”.

La Legionella es una bacteria ambiental capaz de sobrevivir en un amplio intervalo de condiciones físico- químicas, multiplicándose entre 20 °C y 45 °C, y destruyéndose a 70 °C. Su temperatura óptima de crecimiento es 35-37 °C. Su nicho ecológico natural son las aguas superficiales, estancados, formando parte de su flora bacteriana.

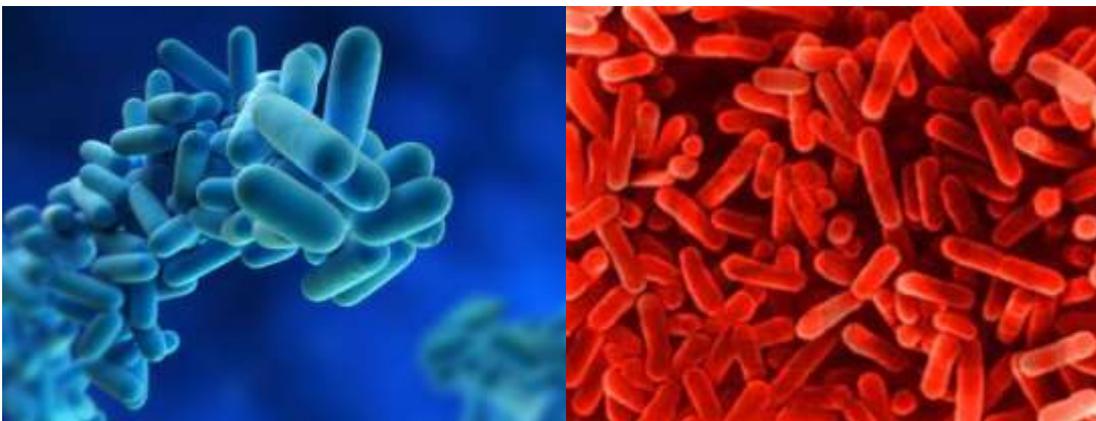


Ilustración 46. Legionella.

En algunas ocasiones, en las instalaciones de refrigeración o calefacción, mal diseñadas, sin mantenimiento o con un mantenimiento inadecuado, se favorece

el estancamiento del agua y la acumulación de productos nutrientes de la bacteria, como lodos, materia orgánica, materias de corrosión y amebas, formando una biocapa. La presencia de esta biocapa, junto a una temperatura propicia, explica la multiplicación de legionella hasta concentraciones infectantes para el ser humano. Si existe en la instalación un mecanismo productor de aerosoles (agua pulverizada), la bacteria puede dispersarse al aire. Las gotas de agua que contienen la bacteria pueden permanecer suspendidas en el aire y penetrar por inhalación en el aparato respiratorio de los trabajadores.

Las instalaciones que con mayor frecuencia se encuentran contaminadas con legionella y han sido identificadas como fuentes de infección son los sistemas de distribución de agua sanitaria, caliente y fría y los equipos de enfriamiento de agua evaporativos, tales como las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos, instalaciones presentes en los sistemas de aires acondicionados. Dentro del sector de los áridos puede aparecer:

Aires acondicionados que funcionen con un equipos de enfriamiento evaporativo que pulverice agua.

Sistemas de riego por aspersión para reducir los niveles de polvo en el ambiente.

Sistemas de agua contra incendios.

Almacenamiento de agua en general.

6.1.1. Medidas preventivas

Las medidas preventivas se basarán en la aplicación de dos principios fundamentales:

Primero

- Eliminar o reducir de zonas sucias mediante un buen diseño y el mantenimiento de las instalaciones

Segundo

- Evitar las condiciones que favorecen la supervivencia y multiplicación de legionella, mediante el control de la temperatura del agua y la desinfección continua de la misma.

Medidas preventivas específicas de las instalaciones.

Siguiendo el Real Decreto 865/2003 se deberán adoptar las medidas preventivas que se comentan posteriormente.

Estas medidas se aplicarán en la fase de diseño de nuevas instalaciones y en las modificaciones y reformas de las existentes.

Las instalaciones deberán tener las siguientes características:

La instalación interior de agua de consumo humano deberá:

- ✓ Garantizar la total estanqueidad y la correcta circulación del agua, evitando su estancamiento, así como disponer de suficientes puntos de purga para vaciar completamente la instalación, que estarán dimensionados para permitir la eliminación completa de los sedimentos.
- ✓ Disponer en el agua de aporte sistemas de filtración según la norma UNE-EN 13443-1, equipo de acondicionamiento del agua en el interior de los edificios —filtros mecánicos— parte 1: partículas de dimensiones comprendidas entre 80 mm y 150 mm-requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayo.
- ✓ Facilitar la accesibilidad a los equipos para su inspección, limpieza, desinfección y toma de muestras.
- ✓ Utilizar materiales, en contacto con el agua de consumo humano, capaces de resistir una desinfección mediante elevadas concentraciones de cloro o de otros desinfectantes o por elevación de temperatura, evitando aquellos que favorezcan el crecimiento microbiano y la formación de biocapa en el interior de las tuberías
- ✓ Mantener la temperatura del agua en el circuito de agua fría lo más baja posible procurando, donde las condiciones climatológicas lo permitan, una temperatura inferior a 20 °C, para lo cual las tuberías estarán suficientemente alejadas de las de agua caliente o en su defecto aisladas térmicamente.
- ✓ Garantizar que, si la instalación interior de agua fría de consumo humano dispone de depósitos, éstos estén tapados con una cubierta impermeable que ajuste perfectamente y que permita el acceso al interior. Si se encuentran situados al aire libre estarán térmicamente aislados. Si se utiliza cloro como desinfectante, se añadirá, si es necesario, al depósito mediante dosificadores automáticos.
- ✓ Asegurar, en toda el agua almacenada en los acumuladores de agua caliente finales, es decir, inmediatamente anteriores a consumo, una temperatura homogénea y evitar el enfriamiento de zonas interiores que propicien la formación y proliferación de la flora bacteriana.
- ✓ Disponer de un sistema de válvulas de retención, según la norma UNE-EN 1717, que eviten retornos de agua por pérdida de presión o disminución del caudal suministrado y en especial, cuando sea necesario para evitar mezclas de agua de diferentes circuitos, calidades o usos.

- ✓ Mantener la temperatura del agua, en el circuito de agua caliente, por encima de 50 °C en el punto más alejado del circuito o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70 °C. Cuando se utilice un sistema de aprovechamiento térmico en el que se disponga de un acumulador conteniendo agua que va a ser consumida y en el que no se asegure de forma continua una temperatura próxima a 60 °C, se garantizará posteriormente, que se alcance una temperatura de 60 °C en otro acumulador final antes de la distribución hacia el consumo.

Programa de mantenimiento de las instalaciones.

Las instalaciones con riesgo de legionella se llevara a cabo un mantenimiento que consistirá en:

- ✓ Elaboración de un plano señalizado de cada instalación que contemple todos sus componentes, que se actualizará cada vez que se realice alguna modificación. Se recogerán en éste los puntos o zonas críticas en donde se debe facilitar la toma de muestras del agua.
- ✓ Revisión y examen de todas las partes de la instalación para asegurar su correcto funcionamiento, estableciendo los puntos críticos, parámetros a medir y los procedimientos a seguir, así como la periodicidad de cada actividad.
- ✓ Programa de tratamiento del agua, que asegure su calidad. Este programa incluirá productos, dosis y procedimientos, así como introducción de parámetros de control físicos, químicos y biológicos, los métodos de medición y la periodicidad de los análisis.
- ✓ Programa de limpieza y desinfección de toda la instalación para asegurar que funciona en condiciones de seguridad, estableciendo claramente los procedimientos, productos a utilizar y dosis, precauciones a tener en cuenta, y la periodicidad de cada actividad.
- ✓ Existencia de un registro de mantenimiento de cada instalación que recoja todas las incidencias, actividades realizadas, resultados obtenidos y las fechas de paradas y puestas en marcha técnicas de la instalación, incluyendo su motivo.

6.2 Tétanos y enfermedades por mordedura de seres vivos

Otro de los riesgos biológicos que debemos de tener en cuenta pero que se da en muy pocas ocasiones es el tétanos por cortes o heridas producidas por objetos metálicos presentes en el lugar de trabajo.

También debemos mencionar, debido a la posibilidad de presencia de seres vivos (serpientes, perros,...) en el lugar de trabajo, principalmente en el frente

de explotación, las enfermedades que éstos nos pueden transmitir por mordeduras, arañazos...

Este tipo de riesgos son evaluados y tratados mediante la vigilancia de la salud (vacuna del tétanos,...).

9. CONCLUSIONES

A continuación se describen las diferentes conclusiones que se han obtenido del presente estudio:

- En el sector de los áridos, como hemos visto, están presentes los riesgos higiénicos en más o menos medida en los diferentes puestos de trabajo, con lo cual deben de ser evaluados adecuadamente para que los trabajadores realicen sus tareas en unas condiciones, desde el punto de vista higiénico, óptimas y su salud y seguridad no se vea afectada por los mismos.
- Hay normativa específica para alguno de los riesgos higiénicos presentes en el sector, como es el caso del polvo con la ITC 2.0.02. Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en la industria extractiva del RGNBSM.
- También podemos encontrar normativa que excluye la industria extractiva como es el 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, pero es de aplicación a locales como talleres y oficinas.
- Como hemos visto, existe gran cantidad de enfermedades profesionales relacionadas con el sector de los áridos.

Agente	Enfermedad	Aparato	Código
Ruido	Hipoacusia o sordera provocada por el ruido:	Oído	2A0105, 2A0110, 2A0117, 2A0118
Vibraciones mecánicas	Enfermedades osteoarticulares o angioneuróticas	Cardiovascular y locomotor	2B0101, 2B0201, 2B0203, 2B0103
Polvo	Silicosis, talcosis, Silicocaolinosi, Caolinosi y otras silicatosi	Respiratorio	4A0101, 4A0103, 4D0101, 4D0201, 4D0301
Humos de soldadura*	Rinoconjuntivitis, urticarias, asma, alveolitis alérgica extrínseca, síndrome de difusión de la vía reactiva, Fibrosis intersticial difusa, fiebre de los metales, neumopatía intersticial difusa enfermedades causadas por los diferentes metales, cáncer...	Ojos, respiratorio, piel.	4I 0126, 4I 0226, 4I 0326, 4I 0426, 4I 0526, 4I 0626, 4I 0726, 4I 0826, 1B0103, 4 J0103, 1A0306, 6G0106, 1A0413, 6I0113, 6K0208, 1A0606, 1A0615, 1A0902, 1G0111, 1T0206, 1T0206, 1T0301

Ilustración 47. Enfermedades profesionales relacionadas con el sector de los áridos.

*Hay que tener en cuenta que los agentes procedentes de los humos de soldadura dependerán del tipo de soldadura que se aplique y materiales.

Código	Actividad
2A0105	Trabajos con martillos y perforadores neumáticos en minas, túneles y galerías subterráneas.
2A0110	Trabajos de obras públicas (rutas, construcciones, etc.) efectuados con máquinas ruidosas como las bulldózer, excavadoras, palas mecánicas, etc.
2A0117	Molienda de piedras y minerales.
2A0118	Expolio y destrucción de municiones y explosivos.
2B0101	Trabajos en los que se produzcan: vibraciones transmitidas a la mano y al brazo por gran número de máquinas o por objetos mantenidos sobre una superficie vibrante (gama de frecuencia de 25 a 250 Hz), como son aquellos en los que se manejan maquinarias que transmitan vibraciones, como martillos neumáticos, punzones, taladros, taladros a percusión, perforadoras, pulidoras, esmeriles, sierras mecánicas, desbrozadoras.
2B0103	Trabajos que exponen al apoyo del talón de la mano de forma reiterativa, percutiendo sobre un plano fijo y rígido, así como los choques transmitidos a la eminencia hipotenar por una herramienta percutante.
2B0201	Trabajos en los que se produzcan: vibraciones transmitidas a la mano y al brazo por gran número de máquinas o por objetos mantenidos sobre una superficie vibrante (gama de frecuencia de 25 a 250 Hz), como son aquellos en los que se manejan maquinarias que transmitan vibraciones, como martillos neumáticos, punzones, taladros, taladros a percusión, perforadoras, pulidoras, esmeriles, sierras mecánicas, desbrozadoras.
2B0203	Trabajos que exponen al apoyo del talón de la mano de forma reiterativa, percutiendo sobre un plano fijo y rígido así como los choques transmitidos a la eminencia hipotenar por una herramienta percutante.
4A0101	Trabajos en minas, túneles, canteras, galerías, obras públicas.
4A0103	Trabajos en seco, de trituración, tamizado y manipulación de minerales o rocas.
4D0101	Extracción y tratamiento de minerales que liberen polvo de silicatos.
4D0201	Extracción y tratamiento de minerales que liberen polvo de silicatos.
4D0301	Extracción y tratamiento de minerales que liberen polvo de silicatos.
4I 0126, 4I 0226, 4I 0326, 4I 0426, 4I 0526, 4I 0626, 4I 0726, 4I 0826, 1B0103, 4 J0103, 1A0306, 6G0106, 1A0413, 6I0113, 6K0208, 1A0606, 1A0615, 1A0902, 1G0111, 1T0206, 1T0206, 1T0301	Trabajos de soldadura.

Ilustración 48. Identificación de los códigos referentes a enfermedades profesionales relacionadas con el sector de los áridos.

- La realización de la evaluación de los riesgos higiénicos no se lleva a cabo adecuadamente en muchas ocasiones, debido a que el método de muestreo no es fácil de realizar, la medida del riesgo no se realiza adecuadamente, tiene un alto coste o se desconoce el riesgo.
- En cuanto a las medidas preventivas, siempre se debe de intentar actuar primero en el foco, después en el ambiente y por último en el trabajador. A la hora de establecer las medidas preventivas, siempre se deben de optar en primera medida por las colectivas debido a que las individuales, además de que tienen que ser llevadas por el trabajador, los trabajadores no las utilizan en muchas ocasiones adecuadamente.
- Además de las actividades técnicas de los servicios de prevención en materia de riesgos higiénicos se debe de tener en cuenta la vigilancia de la salud de los trabajadores que están expuestos a dichos riesgos higiénicos.
- Por otro lado deben de estar formados e informados tal y como dice la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y la normativa específica de cada riesgo higiénico.
- Debido a que en muchas ocasiones no se realizan adecuadamente las evaluaciones de los riesgos higiénicos, en el lugar de trabajo son desconocidos por muchos trabajadores que están expuestos a ellos, lo que implica que no se lleven adecuadamente las medidas preventivas de carácter individual.
- Hay que fomentar la información y formación de los riesgos higiénicos en los lugares de trabajo, ya que como por ejemplo en el sector de los áridos, como hemos visto, pueden estar muy presentes.
- A continuación se detalla los riesgos higiénicos por puesto de trabajo y el grado de importancia:

	Ruido	Vibraciones Cuerpo entero	Vibraciones Sistema mano-brazo	Radiaciones no ionizantes	Iluminación	Sobrecarga térmica	Polvo	Humos de soldadura	Humos de combustión	Legionella
Encargado	Yellow	Orange	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
Perforista	Red	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Red	Green	Green	Green
Artillero	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Yellow	Green	Green	Green
Conductor de maquinaria móvil	Orange	Red	Orange	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
Operador de planta y ayudante	Red	Yellow	Green	Green	Orange	Yellow	Orange	Green	Green	Yellow
Basculista	Green	Green	Green	Green	Orange	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
Mecánico	Red	Green	Red	Red	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Green

Leyenda:



Riesgo muy importante



Riesgo importante



Riesgo moderado



Sin riesgo o de nivel bajo

Bibliografía

- Aitemin, Centro Tecnológico.** *Guía sobre el riesgo de exposición a vibraciones en la maquinaria móvil de minería.* s.l. : Aitemin, Centro Tecnológico, 2010.
- Castejón Vilella, Emilio.** *NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación.* s.l. : INSHT, 1983.
- Centro Tecnológico del mármol. *Exposición a sílice cristalina en canteras de extracción de piedra natural. Metal, Construcción y afines de UGT, Federación de Industria.* 2009.
- Diego Segura, Beatriz, et al.** *NTP755: Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral.* s.l. : INSHT.
- Falcón Rojo, Manuel Jesús.** *Manual de Higiene (Manual práctico.* s.l. : Fundación Luis Fernández Velasco, 2008.
- Hita López, Francisco et al. *Campaña de Control del polvo y la sílice creistalina en el sector de ladrillos y tejas de arcilla cocida. Fundación para la prevención de riesgos laborales.* 2010.
- Hita López, Francisco et al. *Enfermedades profesionales y Reisgos Emergentes en el sector de la piedra natural y su supervisión. Fundación para la prevención de riesgos laborales.* 2010.
- <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/49.pdf>.
- <http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/teoria-combustion..>
- INSHT** *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores a las vibraciones.* s.l. : INSHT, 2009.
- INSHT.** *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.* s.l. : INSHT, 2009.
- INSHT.** *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo.* s.l. : INSHT, 2013.
- INSHT.** *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con los lugares de trabajo.* s.l. : INSHT, 2006.
- INSHT.** *CR-03/2006: Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada.* s.l. : INSHT.

- Luna Mendaza, Pablo.** *NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT.* s.l. : INSHT, 1993.
 - Martí Veciana, Antonio.** *NTP 731: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (I): aspectos generales.* s.l. : INSHT, 2006.
 - **Martí Veciana, Antonio.** *NTP 764, 765: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles: muestreadores personales de las fracciones del aerosol.* s.l. : INSHT, 2007.
 - **Martí Veciana, Antonio.** *NTP 814: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles: el muestreador personal IOM para la fracción inhalable.* s.l. : INSHT, 2008.
 - Menéndez Díez, Faustino, et al.** *Formación superior en Prevención de Riesgos Laborales.* s.l. : Lex Nova, 2009.
 - Prado Burguete, Celia et al.** *Higiene industrial. Parte genérica (Apuntes del máster).* 2013-2014.
 - Simancas Benito, Ana Isabel, et al.** *Campaña de control del polvo y la sílice cristalina en el sector de ladrillos y tejas de arcilla cocida.* s.l. : Fundación para la prevención de riesgos laborales, 2010.
 - OSALAM.** *El soldador y los fumos de soldadura.* s.l. : Gobierno Vasco, 2009.
 - **Uribe Orteg, Begoña.** *NTP 777: Bombas de muestreo personal para agentes químicos (I): recomendaciones para su selección y uso.* s.l. : INSHT, 2007.
- Como referencia, también considerar la legislación especificada en cada riesgo higiénico.**