

**RADIACIONES UV, LUMINOSAS E INFRARROJAS  
PRODUCIDAS POR ARCO ELÉCTRICO EN  
SOLDADURA**

**MAYO 2020**

**Rafael Luis Martínez**

## ÍNDICE

## **1. Introducción**

En este documento se abordarán las radiaciones no ionizantes que se dan en la técnica de soldadura por arco eléctrico y de la correspondiente normativa de protección frente a estas.

Para ello se expondrá de forma general una introducción en las materias de ondas, radiación y soldadura; y de manera más específica sobre las radiaciones no ionizantes; los diferentes procesos de soldadura por arco eléctrico; y los diferentes elementos que conforman los equipos de soldadura.

A continuación, se abordará la diferente normativa y legislación aplicable en materia de trabajos con soldadura y las medidas de protección frente a los riesgos derivados de esta actividad extrayendo los datos más importantes.

De estos datos se tendrán en consideración los valores límite de exposición, las características de estos y la forma de obtenerlos.

Se expondrá la metodología establecida para la evaluación de riesgos y la toma de medidas para el sector en concreto de la soldadura por arco eléctrico.

Se considerarán las medidas establecidas para la vigilancia de la salud y las repercusiones penales de incumplirlas.

Se abordará un aspecto importante como es la formación e información de los empleados respecto de los riesgos de su actividad como de los generados por el uso de los equipos de soldadura. Además, se abordará la participación de los trabajadores.

Por último, se expondrán las diferentes medidas de protección tanto colectiva como individual en el puesto de trabajo.

## **2. Clasificación y caracterización de la radiación. Conceptos y definiciones previas**

Primero se introducen conceptos físicos para la comprensión de la radiación.

### **Ondas electromagnéticas**

Se pueden definir como una forma de propagación a través del espacio de las diferentes perturbaciones de los campos electromagnéticos generados por las cargas eléctricas en movimiento.

Las teorías desarrolladas tanto por Maxwell, referentes a los campos magnéticos, como por Herz, que expone que las ondas de radiación electromagnética tienen propiedades análogas a las ondas de luz, permitirán la clasificación de las diferentes ondas de radiación.

## El espectro de las ondas electromagnéticas

El espectro muestra los diferentes tipos de ondas sin una división clara; se agrupan en intervalos de frecuencia y longitud de onda.

Cabe señalar que todas las formas de los diversos tipos de radiación son producidas por el mismo fenómeno; las cargas en aceleración.

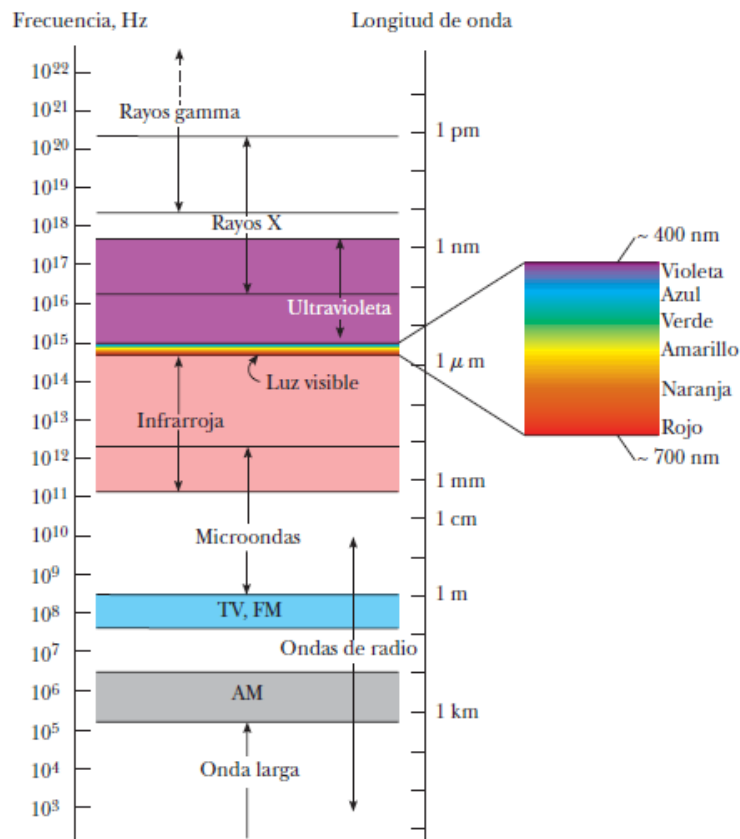


Figura 1. El espectro electromagnético

## Tipos de ondas

- Las ondas de radio; sus intervalos de longitud de onda abarcan de  $10^4$  m a 0.1 m y se producen por la aceleración de las cargas en alambres conductores.
- Las microondas; con una longitud de onda entre 0.3 m y  $10^{-4}$  m, son generadas por dispositivos electrónicos.
- Las ondas infrarrojas; tienen una longitud de onda desde  $10^{-3}$  m hasta  $7 \times 10^{-7}$  m, longitud de onda más larga de la luz visible. Se producen por moléculas y objetos a temperatura ambiente y son fácilmente absorbidas por la mayor parte de los materiales. La energía infrarroja, absorbida por una sustancia, aparecerá como energía interna, dando como resultado un incremento de la temperatura.
- La luz visible; es la parte del espectro electromagnético que puede apreciar el ojo humano. Dispone de diferentes rangos de longitudes de onda que se corresponden a diferentes colores que van desde el rojo ( $7 \times 10^{-7}$  m) hasta el violeta ( $4 \times 10^{-7}$  m).

- Las ondas ultravioletas; que cubren longitudes de onda desde  $4 \times 10^{-7}$  m hasta  $6 \times 10^{-10}$  m.
- Los rayos X; disponen de longitudes de onda que van desde  $10^{-8}$  m a  $10^{-12}$  m. La fuente más común de rayos X es el frenado de electrones de alta energía que impactan en un objeto metálico.
- Los rayos gamma; tienen longitudes de onda que van desde  $10^{-10}$  m hasta menos de  $10^{-14}$  m y son ondas electromagnéticas emitidas por núcleos radioactivos.

### **Radiación térmica**

Se parte de la idea de que las radiaciones son fenómenos físicos consistentes en la emisión, propagación y absorción de energía por parte de la materia tanto en forma de ondas como de partículas subatómicas.

De forma más técnica, la radiación es una distribución de las longitudes de onda continuas desde todas las partes del espectro electromagnético. Las características de la radiación dependerán de la temperatura y propiedades de la superficie del objeto.

A temperaturas ambiente, la radiación térmica tendrá longitudes de onda principalmente en la región infrarroja, por lo que no podrá ser detectada a primera vista.

Si se aumenta la temperatura superficial del objeto, este resplandecerá con un color rojo invisible; y a temperaturas más altas, el objeto resplandeciente parece blanco.

Se realiza una introducción de los diferentes tipos de radiaciones electromagnéticas.

### **Factores por los que las radiaciones electromagnéticas vienen determinadas**

La frecuencia: es el número de ondas que pasan por un punto del espacio en la unidad de tiempo. Se mide en hercios (Hz).

La longitud de onda: es la distancia medida a lo largo de la línea de propagación entre dos puntos en fase de ondas adyacentes. Se mide con unidades de longitud.

La energía: esta es proporcional a la frecuencia y se mide en energía por fotón. Su unidad es el electronvoltio (eV).

### **Tipos de radiaciones electromagnéticas**

La radiación ionizante será aquella que transporta la suficiente energía como para provocar la ionización en el medio que atraviesa (expulsión de los electrones de la órbita atómica, extrayéndolos de sus estados ligados al átomo).

Dentro de este grupo se encuentran los rayos X, los rayos gamma, las partículas beta y neutrones.

La radiación no ionizante es aquella en la que la energía de los fotones emitidos no es suficiente para ionizar los átomos de las materias sobre las que inciden.

Dentro de este grupo se encuentran incluidos los campos eléctricos, radiofrecuencia, microondas, infrarroja, visible, ultravioleta y láser.

Al tratar en este documento las radiaciones no ionizantes, a continuación, se incide sobre estas.

### **Tipos de radiaciones no ionizantes**

Radiaciones microondas; tienen gran importancia en la industria y la medicina y sus efectos no térmicos resultan aún poco conocidos.

Radiaciones infrarrojas; esta energía radiante procede de los objetos calientes y se utiliza en diferentes técnicas industriales que al estar expuesta una persona pueden provocar efectos no tan peligrosos como las radiaciones UV (irritaciones en la piel, efectos sobre los ojos con riesgo de producir cataratas, etc.)

Radiaciones ultravioletas; solo alcanzan la superficie de la tierra las radiaciones menos dañinas y en pequeñas cantidades, gracias al escudo de la capa de ozono cuyas moléculas absorben la mayor parte procedentes del sol, mayor fuente de esta radiación, en la atmósfera superior a la superficie de la tierra. Allí convierte esta radiación letal de alta energía en radiación infrarroja que calienta la atmósfera. También son fuentes importantes de radiación ultravioleta ciertas operaciones de la industria. Sus efectos más importantes son la pigmentación, enrojecimiento, quemaduras y cáncer de piel, inflamación de la córnea y queratitis. A la radiación ultravioleta también se les atribuye en parte la formación de cataratas y nubosidad en el lente interno del ojo.

A continuación, se exponen conceptos técnicos para la comprensión de la soldadura.

### **El proceso de soldadura**

La soldadura por fusión es la fusión y coalescencia de los materiales mediante calor, en la que se podrá utilizar materiales de aporte. En el caso de no utilizarlo, el proceso de soldadura se denomina soldadura autógena.

### **Tipos de soldadura por fusión**

Soldadura con oxígeno y combustibles gaseosos; se aplica gas combustible combinado con oxígeno para producir una flama. Ésta es la fuente de calor que se utiliza para fundir los metales en la unión.

Proceso de soldadura por arco: electrodo no consumible; el calor requerido se obtiene de la energía eléctrica. Se produce un arco entre la punta del electrodo y la pieza de trabajo que se va a soldar, mediante una fuente de alimentación.

Procesos de soldadura por arco: electrodo consumible; existen

- la soldadura con arco y metal protegido, donde se aplica un electrodo recubierto;
- la soldadura por arco sumergido, donde el arco se protege con un fundente granular evitando salpicaduras y la radiación ultravioleta;
- la soldadura por arco metálico y gas, que protege el área de soldadura con una eficaz atmósfera inerte; la soldadura de arco con núcleo de fundente, similar a la de por arco metálico y gas, excepto porque el electrodo tiene forma tubular y está relleno de fundente;
- la soldadura eléctrica por gas, que requiere de maquinaria;
- la soldadura por electroescoria, similar a la eléctrica por gas, salvo porque el arco se inicia entre la punta del electrodo y el fondo de la pieza a soldar.

Soldadura por haz de electrones; se genera calor mediante un fino haz de electrones de alta velocidad y la energía cinética de los electrones se convierte en calor al chocar contra la pieza de trabajo.

Soldadura por rayo láser; utiliza un rayo láser de gran potencia como fuente de calor para producir una soldadura por fusión.

Al tratar en este documento la soldadura por arco eléctrico, a continuación, se incide sobre estas.

### **Procesos de soldadura por arco eléctrico**

Los procesos con electrodo no consumible consisten en producir un arco entre la punta del electrodo y la pieza de trabajo que se va a soldar, mediante una fuente de alimentación de corriente continua o corriente alterna. El arco puede producir temperaturas de hasta 30000 °C.

Soldadura por arco de tungsteno (TIG); el metal de aporte es suministrado por un alambre de aporte, con lo que no se consume el electrodo de tungsteno, se mantiene una abertura de arco constante y estable en un nivel constante de corriente. El gas de protección suele ser argón o helio, o una mezcla de los dos. La soldadura puede realizarse sin metales de aporte.

Soldadura por arco de plasma; se produce por un arco concentrado de plasma que se dirige hacia el área de la soldadura. El arco es estable y alcanza temperaturas de hasta 33000 °C. Un plasma es un gas caliente ionizado, formado por cantidades casi iguales de electrones y iones positivos. El plasma se inicia entre el electrodo de tungsteno y el orificio, mediante un arco piloto de baja corriente. Es fundamental que quienes utilizan este equipo tengan capacitación y habilidad apropiadas. Las consideraciones de

seguridad incluyen la protección contra reflejos, salpicaduras y el ruido del arco de plasma.

Soldadura con hidrogeno atómico; se genera un arco entre dos electrodos de tungsteno, en una atmosfera protectora de hidrogeno. El arco se mantiene independiente de la pieza de trabajo o de las partes a soldar. El proceso ha sido reemplazado por la soldadura por arco y metal protegido, debido sobre todo a la disponibilidad de gases inertes económicos.

Los procesos con electrodo consumible se describen a continuación.

Soldadura con arco y metal protegido; el arco eléctrico se genera tocando la pieza de trabajo con la punta de un electrodo recubierto y retirándola con rapidez a la distancia suficiente para mantener el arco. Los electrodos tienen la forma de una varilla delgada y larga que se sostiene con la mano.

Soldadura por arco sumergido; el arco se protege con un fundente granular formado por cal, sílice, óxido de manganeso, fluoruro de calcio y otros compuestos. La capa gruesa de fundente cubre totalmente el metal fundido; evita salpicaduras y chispas y suprime tanto la intensa radiación ultravioleta como los humos característicos del proceso. Cabe destacar que el fundente también actúa como aislante térmico, facilitando la penetración profunda del calor en la pieza de trabajo.

Soldadura por arco metálico y gas (MIG); se protege el área de soldadura con una eficaz atmosfera inerte de argón, helio, bióxido de carbono o varias mezclas de gases. Este proceso se puede automatizar con facilidad incorporándolo a sistemas robóticos y de manufactura flexible.

Soldadura de arco con núcleo de fundente; es similar a la soldadura por arco metálico y gas, excepto porque el electrodo tiene forma tubular y está relleno con fundente, que produce un arco más estable y mejores propiedades mecánicas del metal de soldadura. También se puede automatizar en sistemas robóticos de manufactura.

Soldadura eléctrica por gas; este requiere una maquinaria específica. El metal de soldadura se deposita en una cavidad de la soldadura, entre las dos piezas por unir.

Soldadura con electroescoria; es similar a la soldadura por gas, salvo que el arco se inicia entre la punta del electrodo y el fondo de la pieza a soldar.

A continuación, se tratan brevemente algunos aspectos de la maquinaria empleada en la soldadura con arco eléctrico.

### **Elementos técnicos**

Arco eléctrico; se consigue mediante calor y material de aporte (electrodos). El calor se obtiene mediante la unión de un arco eléctrico entre el electrodo y la pieza a soldar (masa). El valor de la intensidad viene dado en función de la tensión, y la relación de



ambas da la característica del arco. De esta forma para el encendido se requiere una tensión de entre 40 a 110 V; y al trabajar se sitúa en valores de entre 15 a 35 V, mientras que la intensidad de corriente aumenta. Cuando se alcanza un valor de trabajo medio y el arco esta adecuadamente cebado, actúa la limitación de la intensidad de corriente.

Equipos eléctricos de soldar; lo conforman el circuito de alimentación y el equipo propiamente dicho. Sirven para reducir la tensión de red (220 o 380 V) a la tensión de cebado (40 a 100 V) y de soldeo (< 35 V) lo que permite regular la intensidad de corriente de soldadura. Estos aseguran el paso de la tensión de cebado a la de soldeo de forma rápida y automática. El circuito de alimentación lo conforman un cable y una clavija de conexión a la red que funciona a la tensión de 220/380 V según los casos e intensidad variable.

Equipo de soldadura; las partes que lo conforman dependerá del tipo de corriente que se use. Para corriente alterna, transformador y convertidor de frecuencia; para corriente continua rectificador (de lámparas o seco) y convertidor (conmutatrices o grupos eléctricos). Los grupos eléctricos de soldar más importantes son los convertidores de corriente alterna-continua y corriente continua-continua, los transformadores de corriente alterna-continua, los rectificadores y los transformadores convertidores de frecuencia. Cabe incluir los cables de pinza y masa, el portaelectrodos y la pinza-masa, a una tensión de 40 a 100 V, que forman la circuitería.

Se tienen en cuenta una serie de elementos auxiliares;

- El electrodo; una varilla con alma de carbón, hierro o metal de base para soldeo y revestimiento que lo rodea. Éste forma uno de los polos que genera el calor de fusión y que en el caso de ser metálico suministra asimismo el material de aporte. Los mas utilizados son los electrodos de revestimiento grueso o recubiertos en los que la relación entre el diámetro exterior del revestimiento y el alma es superior a 1:3. El revestimiento está compuesto por diversos productos como óxidos de hierro o manganeso, ferromanganeso, rutilo, etc., y como aglutinantes se utilizan silicatos alcalinos solubles.
- La pinza portaelectrodos; que sirve para fijar el electrodo al cable de conducción de la corriente de soldeo.
- La pinza de masa; utilizada para sujetar el cable de masa a la pieza a soldar facilitando un buen contacto entre ambos.
- Entre los útiles, además de los martillos, tenazas, escoplos, etc. el soldador utiliza cepillos de alambre de acero para limpieza de superficies y martillos de punta para romper la cubierta de las escorias o residuos.

### **3. Marco normativo**

Al tratarse de un caso concreto, al referirse a la actividad de la soldadura, la normativa elaborada para la protección frente a estas radiaciones se centra en el colectivo de trabajadores más que en el origen del riesgo. Expuesto esto, la documentación

normativa disponible que aborda la materia de la ropa para proteger a los soldadores es la siguiente:

UNE-EN 470-1:1995 *Ropas de protección utilizadas durante el soldeo y las técnicas conexas. Parte 1: requisitos generales.*

UNE-EN ISO 11611:2007 *Ropa de protección para su utilización en soldeo y técnicas conexas. (ISO 11611:2007) (Ratificada por AENOR en septiembre de 2008.)*

UNE-EN ISO 11611:2008 *Ropa de protección utilizada durante el soldeo y procesos afines. (ISO 11611:2007)*

UNE-EN 12477:2002 *Guantes de protección para soldadores.*

UNE-EN ISO 18526-2:2020 *Protección de los ojos y la cara. Métodos de ensayo. Parte 2: Propiedades ópticas físicas (ISO 18526-2:2020) (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en mayo de 2020.)*

Respecto a la legislación nacional, se aborda tanto desde los órganos legislativos, via reales decretos y leyes, como por organismos gubernamentales como el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

*Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales*

*Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.*

*Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.*

*Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, sobre máquinas.*

*Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.*

*Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.*

*NTP 494: Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad*

*ET.103:2004 Riesgos en operaciones de soldadura*

*NTP 747: Guantes de protección: requisitos generales*

*NTP 769: Ropa de protección: Requisitos generales*

También se tendrá en cuenta toda aquella documentación legislativa referente a los riesgos producidos por el uso de las radiaciones no ionizantes realizada por los diferentes organismos gubernamentales.

Real Decreto 299/2016, de 22 de julio, *sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos*.

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*.

DIRECTIVA 2006/25/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 5 de abril de 2006, *sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales) (decimonovena Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE)*.

NTP 755: *Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral*.

NTP 903: *Radiaciones ópticas artificiales: criterios de evaluación*.

#### **4. Valores límite de exposición**

Estos valores son establecidos por los órganos competentes comunitarios que se publican a partir de la legislación comunitaria correspondiente.

Estos pueden obtenerse a partir de fórmulas, que se utilizarán en función del intervalo de radiaciones que emite la fuente y una serie de valores tabulados previamente. A una determinada fuente de radiación óptica pueden corresponder varios valores de exposición con sus correspondientes límites de exposición.

En estas tablas vendrán también las partes del cuerpo afectadas y los posibles riesgos que contraerá el trabajador afectado.

A partir de la legislación tanto comunitaria como nacional se establecerán los criterios para estimar los límites de exposición partiendo de que estos son *“los límites basados directamente en los efectos sobre la salud comprobados y en consideraciones biológicas”*.

Estas estimaciones se realizarán sobre la piel y los ojos separadamente, donde se tendrán en cuenta las posibles lesiones, los tiempos máximos de estimación hasta sufrir lesión, los mecanismos del organismo para evitarlos, los tiempos expuestos a radiaciones y el ángulo de actuación.

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

Tabla 1. Resumen de los Valores Límite de Exposición

## 5. Evaluación de los riesgos de exposición

Existe el riesgo higiénico de las exposiciones a radiaciones ultravioleta y luminosas son producidas por el arco eléctrico.

Estas pueden combinarse con la inhalación de humos y gases tóxicos producidos por el arco eléctrico es muy variable en función del tipo de revestimiento del electrodo o gas protector y de los materiales base y de aporte y puede consistir en exposición a humos (óxidos de hierro, cromo, manganeso, cobre, etc.) y gases (óxidos de carbono, de nitrógeno, etc); y la intoxicación por fosgeno cuando se efectúan trabajos de soldadura en las proximidades de cubas de desengrase con productos clorados o sobre piezas húmedas con dichos productos.

### Evaluación de riesgos

El empresario tiene la obligación de realizar una evaluación de riesgos en la cual utilizará la metodología mediante la medición y/o los cálculos a partir de las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) para la radiación láser y a las recomendaciones de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) y del Comité Europeo de Normalización (CEN) para la radiación incoherente. Cuando se presenten situaciones de exposición para las que esas normas y recomendaciones no son aplicables, y hasta que se disponga de normas y recomendaciones adecuadas de la UE, las evaluaciones, mediciones y/o cálculos se efectuarán según los criterios de orden científico establecidos a nivel nacional o internacional. En ambos tipos de situación de exposición, la evaluación podrá tener en cuenta los datos facilitados por los fabricantes de equipos, cuando éstos estén sujetos a las directivas comunitarias pertinentes.

Dentro de la legislación comunitaria se considerarán algunos aspectos para la realización de la evaluación de riesgos:

- a) *el nivel, el intervalo de longitudes de onda y la duración de la exposición a fuentes artificiales de radiación óptica;*
- b) *los valores límite de exposición mencionados en el artículo 3 de la presente Directiva;*
- c) *los posibles efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores pertenecientes a grupos de riesgo particularmente sensibles;*
- d) *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 foto sensibilizantes;*
- e) *los posibles efectos indirectos, como el deslumbramiento temporal, la explosión o el incendio;*
- f) *la existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a radiaciones ópticas artificiales;*
- g) *la información pertinente obtenida de la vigilancia de la salud, incluida la información publicada, en la medida en que sea posible;*
- h) *las fuentes de exposición múltiples a radiaciones ópticas artificiales;*
- i) *la clasificación de un láser con arreglo a la norma correspondiente de la CEI y, en lo que respecta a las fuentes artificiales susceptibles de ocasionar lesiones similares a las provocadas por un láser de clase 3B o 4, cualquier clasificación análoga;*
- j) *la información facilitada por los fabricantes de fuentes de radiación óptica y equipos de trabajo relacionados de conformidad con las directivas comunitarias aplicables.*

### **Metodología que seguir**

A partir de lo suscrito en la legislación comunitaria, los pasos a seguir serán los siguientes:

#### Identificación del peligro

Consiste en el análisis de las diferentes actividades que realiza el trabajador y estimar en cuales de ellas existe un riesgo real que sea necesario evaluar.

#### Cumplimiento de las normas técnicas

Consiste en la recopilación de documentación normativa específica de la actividad que se va a realizar. Posteriormente estas normas se utilizarán y aplicarán para la realización de un informe final.

#### Estudio preliminar

Se realiza una recogida de datos de factores relacionados con la fuente, del entorno de trabajo y asociados al trabajador. Además de caracterizar la fuente de emisión se

considerará el ambiente de trabajo, la existencia de reflexiones, la distancia entre foco y trabajador, el tiempo de exposición y la existencia o no de un procedimiento de trabajo. Por último, se considerarán factores personales como la parte del cuerpo expuesta, el uso de equipos de protección individual y la formación e información que han de recibir los trabajadores.

Considerando las condiciones más desfavorables, se procederá al cálculo aproximado de exposición. Estos valores serán comparables con los valores límite de exposición.

#### Comparación con los valores límite

A partir de la legislación comunitaria, se puede decir que, *“los límites de la exposición a la radiación óptica basados directamente en los efectos sobre la salud comprobados y en consideraciones biológicas. El cumplimiento de estos límites garantizará que los trabajadores expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica estén protegidos contra todos los efectos adversos para la salud que se conocen”*.

Al tratarse de cálculos con fórmulas, que consisten en estimaciones, solo cuando la estimación sea mucho menor que el valor límite se podrá hablar de “riesgo aceptable”.

Según la legislación comunitaria, el límite entre lo que se considera “riesgo aceptable” y “riesgo no aceptable”, lo establecerá el técnico de prevención basándose en las características del puesto de trabajo y la experiencia profesional.

Finalmente, en el caso de considerarlo “riesgo no aceptable”, se deberán adoptar medidas correctoras y volver a realizar el estudio preliminar.

Cuando el riesgo no sea posible de calificar se diseñará una estrategia de medición.

#### Medida de la exposición

La capacidad de las radiaciones ópticas de provocar daños biológicos viene dada en función de la longitud de onda. A partir de los datos biofísicos obtenidos en los estudios experimentales, se han establecido umbrales de daño biológico.

Será fundamental la correcta elección de puntos de medida. Deberán ser suficientes tanto en número como en posición o posiciones del trabajador a lo largo de la jornada laboral.

*Para poder evaluar correctamente todos los riesgos, hay que contar con los siguientes detectores:*

- *Para el ultravioleta, un detector para el rango 315-400 nm sin ponderar y un detector para todo el rango UV (180-400 nm) ponderado con  $S(\lambda)$ .*
- *En el visible: para el riesgo fotoquímico (380 - 550 nm), un detector ponderado con  $B(\lambda)$ ; si el riesgo es térmico (380 - 1400 nm), un detector ponderado con  $R(\lambda)$ .*
- *Para el infrarrojo: un sensor para todo el rango del infrarrojo sin ponderar y un sensor ponderado con la curva  $R(\lambda)$  para el rango del IRA (780 – 1400 nm).*

## Nueva comparación con Valores Límite

Es un proceso similar al de la cuarta etapa. Consiste en obtener un valor límite para el riesgo y longitud de onda adecuados y compararlo con el valor, en este caso medido.

- Si el cociente de los dos valores está próximo a la unidad, el riesgo sigue calificándose de “no determinado” y habrá que afinar más en el proceso de la medida.
- Si el riesgo es “aceptable”, la metodología concluye con la elaboración de un informe final.

## Informe final

Se dejará constancia del trabajo realizado mediante un informe que abordará los siguientes aspectos:

- Objeto del informe.
- Información general (nombre de técnico responsable, trabajadores entrevistados, datos de la empresa...).
- Descripción de las instalaciones, del puesto de trabajo y características de la fuente emisora. Esquema de la instalación con la situación de los puntos de medida.
- Descripción de los puestos de trabajo evaluados.
- Metodología de medida empleada con la descripción de los equipos y la fecha de su última calibración.
- Resultado de las mediciones con sus incertidumbres, así como la comparación con los valores límite de exposición.
- Recomendaciones, en caso de ser necesarias, y por último
- Conclusiones.

Cabe destacar que cuando la evaluación de riesgos concluya en un resultado de “riesgo no aceptable”, o bien como parte de la fase de diseño para evitar los riesgos en origen, se podrá considerar la adopción de medidas de control, como asignación de EPIs específicos para el trabajo de soldadura por arco.

## **Limitación de exposición**

A partir de la legislación nacional se establece que ningún trabajador deberá superar los valores establecidos. Este será uno de los objetivos de la evaluación de riesgos.

Si a pesar de tomar las medidas establecidas previamente, las exposiciones están por encima de los valores límite de exposición, según lo establecido por la legislación, el empresario deberá:

- a) *Tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite;*
- b) *determinar las causas de la sobreexposición;*
- c) *corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia;*
- d) *informar a los delegados de prevención de tales circunstancias.*

### **Equipos de soldadura y otras herramientas**

Será obligación del empresario realizar una evaluación de riesgos sobre los equipos de trabajo utilizados por los trabajadores, según lo suscrito en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.

### **6. Vigilancia de la salud**

Según lo establecido tanto por la legislación nacional respecto de la prevención de riesgos laborales como la legislación europea en materia de radiación, se debe garantizar para los trabajadores la vigilancia sobre la salud para prevenir cualquier riesgo a largo plazo para la salud.

Se debe garantizar que la vigilancia sobre la salud se realice por un médico especializado, en medicina del trabajo, o la autoridad sanitaria competente.

El estado deberá garantizar que se cumpla las medidas correspondientes a la vigilancia de la salud y que este sea recogido y archivado correctamente.

En los casos que se superen los valores límite de exposición en un trabajador, los trabajadores tendrán la posibilidad de someterse a un examen médico de acuerdo con la legislación y la práctica nacionales. También se realizarán igualmente cuando un trabajador padezca una enfermedad o efecto nocivo, consecuencia de la exposición a radiaciones ópticas artificiales en el trabajo.

Según la legislación comunitaria, si se superan los valores límite o se identifican efectos nocivos para la salud, incluidas enfermedades:

- a) *el médico o persona cualificada informarán al trabajador de los resultados que le afecten personalmente. En particular, será informado y asesorado con relación a cualquier medida de vigilancia de la salud a la que sea conveniente someterse tras el cese de la exposición;*
- b) *se informará al empresario de cualquier resultado significativo de la vigilancia de la salud, teniendo en cuenta el respeto a la confidencialidad de los datos médicos;*
- c) *el empresario:*
  - *revisará la evaluación del riesgo efectuada con arreglo al artículo 4,*



- *revisará las medidas establecidas para eliminar o reducir los riesgos con arreglo al artículo 5,*
- *tendrá en cuenta las recomendaciones de los especialistas de medicina del trabajo, de otras personas cualificadas o de la autoridad competente al aplicar las medidas necesarias para eliminar o reducir el riesgo con arreglo al artículo 5, y*
- *dispondrá lo necesario para que se lleve a cabo una vigilancia continuada de la salud y el examen del estado de salud de todos los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar. En estos casos, el médico o el especialista de medicina del trabajo competentes o la autoridad competente podrán proponer que las personas expuestas se sometan a un examen médico.*

### **Infracciones y sanciones**

El incumplimiento de lo dispuesto en la legislación vigente repercutirá en sanciones con arreglo a lo dispuesto en la Ley de Infracciones y Sanciones en el Orden Social, Texto Refundido aprobado por Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto.

### **7. Formación e información**

A partir de lo establecido en la legislación comunitaria; el empresario, para velar por que los trabajadores que se vean expuestos en el lugar de trabajo a riesgos derivados de las radiaciones ópticas artificiales, estará en la obligación de informar y formar a sus representantes sobre los resultados obtenidos de la evaluación de riesgos y en particular sobre determinados aspectos:

- a) las medidas adoptadas en aplicación de la presente Directiva;*
- b) los valores límite de exposición y los riesgos potenciales asociados;*
- c) los resultados de las evaluaciones, mediciones y/o cálculos de los niveles de exposición a radiaciones ópticas artificiales efectuados de conformidad con el artículo 4 de la presente Directiva, así como las explicaciones sobre su significado y sobre los riesgos potenciales;*
- d) la forma de detectar los efectos nocivos para la salud debidos a la exposición y la forma de informar sobre ellos;*
- e) las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud;*
- f) las prácticas de trabajo seguras para reducir al mínimo los riesgos derivados de la exposición;*
- g) el uso correcto de los equipos adecuados de protección personal.*

## **Equipos de soldadura y otras herramientas**

Respecto a los equipos de trabajo utilizados por los trabajadores se establecen unas obligaciones en materia de formación e información hacia los trabajadores y sus representantes sobre las condiciones y la correcta utilización de los equipos de trabajo, conclusiones obtenidas de experiencias previas y cualquier otra información útil. Esto viene recogido en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.

## **Participación de los trabajadores**

Además de la obligación de informar y formar a los trabajadores y a sus representantes; se realizarán consultas y se fomentará la participación sobre las cuestiones referentes a radiaciones según lo establecido en la legislación vigente referente a riesgos laborales.

## **8. Medidas de protección colectiva y protección individual**

### **Equipos de soldadura y otras herramientas**

Respecto a los diferentes componentes que conforman el equipo de soldadura se considera para contactos eléctricos directos e indirectos;

- Equipo de soldar; puede protegerse mediante dos sistemas, uno electromecánico que consiste en introducir una resistencia en el primario del transformador de soldadura (resistencia de absorción) para limitar la tensión en el secundario cuando está en vacío y otro electrónico que se basa en limitar la tensión de vacío del secundario del transformador introduciendo un TRIAC en el circuito primario del grupo de soldadura. En ambos casos se consigue una tensión de vacío del grupo de 24 V, considerada tensión de seguridad.
- Pinza portaelectrodos; debe ser la adecuada al tipo de electrodo utilizado y que además sujete fuertemente los electrodos. Por otro lado, debe estar bien equilibrada por su cable y fijada al mismo de modo que mantenga un buen contacto. Asimismo, el aislamiento del cable no se debe estropear en el punto de empalme.
- Circuito de acometida; los cables de alimentación deben ser de la sección adecuada para no dar lugar a sobrecalentamientos. Su aislamiento será suficiente para una tensión nominal > 1000 V. Los bornes de conexión de la máquina y la clavija de enchufe deben estar aislados.
- Circuito de soldadura; los cables del circuito de soldadura al ser más largos deben protegerse contra proyecciones incandescentes, grasas, aceites, etc., para evitar arcos o circuitos irregulares.
- Carcasa; debe conectarse a una toma de tierra asociada a un interruptor diferencial que corte la corriente de alimentación en caso de que se produzca una corriente de defecto.

Se tienen en cuenta las radiaciones ultravioletas y luminosas, sobre las que se tienen en cuenta los siguientes aspectos;

Se deben utilizar mamparas de separación de puestos de trabajo para proteger al resto de operarios. El material debe estar hecho de un material opaco o translúcido robusto. La parte inferior debe estar al menos a 50 cm del suelo para facilitar la ventilación. Se debería señalar con las palabras: PELIGRO ZONA DE SOLDADURA, para advertir al resto de los trabajadores.

El soldador debe utilizar una pantalla facial con certificación de calidad para este tipo de soldadura, utilizando el visor de cristal inactínico cuyas características varían en función de la intensidad de corriente empleada. Para cada caso se utilizará un tipo de pantalla, filtros y placas filtrantes que deben reunir una serie de características función de la intensidad de soldeo y que se recogen en tres tablas; en una primera tabla se indican los valores y tolerancias de transmisión de los distintos tipos de filtros y placas filtrantes de protección ocular frente a la luz de intensidad elevada. Las definiciones de los factores de transmisión vienen dadas en la ISO 4007 y su determinación está descrita en el cap. 5 de la ISO 4854. Los factores de transmisión de los filtros utilizados para la soldadura y las técnicas relacionadas vienen relacionados en la Tabla 1 de la ISO 4850. En las pantallas deberá indicar clara e indeleblemente la intensidad de la corriente en amperios para la cual está destinada.

Nº DE ESCALA	TRANSMISIÓN MAX. EN EL ESPECTRO ULTRAVIOLETA		TRANSMISIÓN EN LA BANDA VISIBLE DEL ESPECTRO		VALOR MEDIO MÁXIMO DE LA TRANSMISIÓN INFRARROJA	
	313 nm %	365 nm %	max %	min %	IR próximo 1300 a 780 nm %	IR medio 2000 a 1300 nm %
1,2	0,0003	50	100	74,4	37	37
1,4	0,0003	35	74,4	58,1	33	33
1,7	0,0003	22	58,1	43,2	26	26
2,0	0,0003	14	43,2	29,1	21	13
2,5	0,0003	6,4	29,1	17,8	15	9,6
3	0,0003	2,8	17,8	8,5	12	8,5
4	0,0003	0,95	8,5	3,2	6,4	5,4
5	0,0003	0,30	3,2	1,2	3,2	3,2
6	0,0003	0,10	1,2	0,44	1,7	1,9
7	0,0003	0,037	0,44	0,16	0,81	1,2
8	0,0003	0,013	0,16	0,061	0,43	0,68
9	0,0003	0,0045	0,061	0,023	0,20	0,39
10	0,0003	0,0016	0,023	0,0085	0,10	0,25
11	Nota 1	0,00060	0,0085	0,0032	0,050	0,15
12		0,00020	0,0032	0,0012	0,027	0,096
13		0,000076	0,0012	0,00044	0,014	0,060
14		0,000027	0,00044	0,00016	0,007	0,04

15		0,0000094	0,00016	0,000061	0,003	0,02
16		0,0000034	0,000061	0,000029	0,003	0,02

NOTA 1. Valor inferior o igual al factor de transmisión admitido para 365 nm  
Especificaciones complementarias

- a. Entre 210 y 313 nm, la transmisión no debe sobrepasar el valor admisible para 313 nm
- b. Entre 313 y 365 nm, la transmisión no debe sobrepasar el valor admisible para 365 nm
- c. Entre 365 y 400 nm, la transmisión espectral media no debe sobrepasar la transmisión media en la banda visible

Por otro lado, para elegir el filtro adecuado (nº de escala) en función del grado de protección se utiliza otra tabla que relaciona los procedimientos de soldadura o técnicas relacionadas con la intensidad de corriente en amperios. Se puede observar que el número de escala exigido aumenta según se incrementa la intensidad.

Finalmente, para los equipos de trabajo utilizados por los trabajadores se considerarán una serie de disposiciones mínimas aplicables, y que son obligación del empresario, de adoptar las medidas de prevención o protección adecuadas para garantizar la seguridad de los trabajadores que utilicen estos equipos o se encuentren próximos a ellos. Esto viene recogido en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.

### **Normas de seguridad en el montaje**

Puesta a tierra; la instalación de las tomas de la puesta a tierra se debe hacer según las instrucciones del fabricante. Es preciso asegurarse de que el chasis del puesto de trabajo está puesto a tierra controlando en especial las tomas de tierra y no utilizar para las tomas de la puesta a tierra conductos de gas, líquidos inflamables o eléctricos.

La toma de corriente y el casquillo que sirve para unir el puesto de soldadura a la fuente de alimentación deben estar limpios y exentos de humedad. Antes de conectar la toma al casquillo se debe cortar la corriente. Una vez conectada se debe permanecer alejado de la misma. Cuando no se trabaje se deben cubrir con capuchones la toma y el casquillo.

Conexiones y cables; se debe instalar el interruptor principal cerca del puesto de soldadura para en caso necesario poder cortar la corriente. Instalar los principales cables de alimentación en alto y conectarlos posteriormente.

Desenrollar el cable del electrodo antes de utilizarlo, verificando los cables de soldadura para comprobar que su aislamiento no ha sido dañado y los cables conductores para descubrir algún hilo desnudo. Verificar asimismo los cables de soldadura en toda su longitud para comprobar su aislamiento, comprobando que el diámetro del cable de

soldadura es suficiente para soportar la corriente necesaria. Hay que tener en cuenta que a medida que la longitud total del cable aumenta, disminuye su capacidad de transporte de corriente. Por tanto, para según qué casos se deberá aumentar el grosor del cable.

Se debe reemplazar cualquier cable de soldadura que presente algún tipo de ligadura a menos de 3 m del portaelectrodos. No utilizar tornillos para fijar conductores trenzados pues acaban por desapretarse.

### **Equipos de Protección Individual**

A partir del Real Decreto 1407/1992, se establece una clasificación en tres categorías de los diferentes Equipos de Protección Individual en función del riesgo al que protejan. Los Soldadores, que serán el colectivo de estudio se encuentran en la categoría 2.

Esta irá marcada con un pictograma y un número que indica el nivel de prestación (a mayor número de nivel, mayor protección). Esta certificación viene dada por la norma *UNE-EN 340. Ropa de protección. Requisitos generales*, y en el caso de la ropa para soldadores viene dada por la norma *UNE-EN 470-1*.

La ropa de protección para soldadores se clasifica en dos tipos:

- Clase 1, que se aplica a situaciones menos peligrosas que producen niveles menores de salpicadura de metal fundido y calor radiante.
- Clase 2, que se aplica para situaciones más peligrosas con mayores niveles de salpicaduras de metal fundido y calor radiante.

Junto a la ropa deberá ir un folleto informativo con la siguiente información básica:

- Guía de elección adecuada de la ropa de protección de soldadores.
- Riesgos identificados contra la ropa que los protege.
- Advertencia de una protección parcial del cuerpo adicional puede ser necesaria.
- Advertencia de que la prenda sólo tiene por objeto proteger contra un breve contacto involuntario con partes cargadas de un circuito de soldeo por arco.
- Advertencias sobre los riesgos derivados de un uso incorrecto.
- Instrucciones sobre el cuidado y mantenimiento del equipo.

Se aplicará como normativa general la norma *UNE-EN ISO 13668:2013 Ropa de protección. Requisitos generales*; y como específica la norma *UNE-EN ISO 11611:2015 Ropa de protección utilizada durante el soldeo y procesos afines*.

Entre los Equipos de Protección Individual que deberán utilizar los trabajadores; para la protección de las manos frente a la exposición al calor y/o llamas; radiaciones ultravioletas emitidas por el arco; agresiones mecánicas; y una resistencia mínima eléctrica hasta 100 V (DC) para soldadura por arco.

Estos estarán marcados en función de la normativa UNE-EN 420:2004+A1:2010 *Guantes de protección. Requisitos generales y métodos de ensayo*, apartado 7 y UNE-EN 12477:2002 *Guantes de protección para soldadores*, apartado 6.

Los guantes de protección se clasifican en dos tipos:

- Tipo A, de menor dexteridad, que ofrecen mayor protección y se recomienda para todos los tipos de soldadura.
- Tipo B, de mayor dexteridad, que ofrecen menor protección y se recomienda para casos de soldadura TIG.

Entre los Equipos de Protección Individual que deberán utilizar los trabajadores; para la protección ocular y facial los trabajadores estarán equipados con pantallas faciales de soldador integrales y universales. Estas previenen riesgos de radiaciones ultravioleta, infrarrojas, solar, soldadura y láser; y frente a arco eléctrico de cortocircuito.

Para determinar la clase de protección frente a la radiación térmica de una pantalla facial, previamente se evaluará la energía calorífica incidente sobre el trabajador mediante los métodos establecidos en los documentos *NTP 904: Arco eléctrico: estimación de la energía calorífica incidente sobre un trabajador* y *NTP 957: Arco eléctrico: caso práctico de estimación de la energía calorífica incidente sobre un trabajador*.

Cabe destacar que estas son compatibles con la protección frente a impactos a alta velocidad; y a baja, media y alta energía.

La clase de protección del ocular viene dada por el código y el grado:

Tipo de radiación	Código de protección	Grados de protección
Soldadura	---	1,2 a 16
Ultravioleta	2 o 3	1,2 a 5
Infrarrojo	4	1,2 a 10
Solar	5 ó 6	1,1 a 4,1
Láser	LB ó LR	1 a 10 (Protección láser) 1 a 5 (Ajuste láser)

Dentro del campo de uso de pantallas faciales para soldadura con arco eléctrico; el espesor de estas debe ser de 1,4 mm mínimo. Siguiendo el criterio técnico europeo y la norma *UNE-EN 166:2002 - Protectores oculares y faciales. Requisitos generales*.

### **Mantenimiento e inspección del material**

Se debe inspeccionar semanalmente todo el material de la instalación de soldadura, principalmente los cables de alimentación del equipo dañados o pelados, empalmes o bornes de conexión aflojados o corroídos, mordazas del portaelectrodos o bridas de tierra sucias o defectuosas, etc.

En cuanto a los equipos de soldar de tipo rotativo es necesario revisar las escobillas sustituyéndolas o aproximándolas en caso necesario. En ambientes pulvígenos metálicos se debe limpiar periódicamente el interior con aire comprimido para evitar cortocircuitos o derivaciones a la carcasa.

## 9. Conclusiones

Para poder evaluar tanto los riesgos como los daños causados por las radiaciones no ionizantes derivadas de la práctica de soldadura con arco eléctrico es necesario tener un amplio conocimiento de la técnica de soldadura, de las condiciones del trabajador que la efectúa y de las posibilidades de mejora, para así verificar si las condiciones en las que se realiza son correctas y señalar, en un caso, las correcciones que precisa. Por tal motivo no se puede hacer una evaluación del riesgo fiable mediante la Higiene sólo de la cabina y el método de soldeo que cada día prolifera más y será necesario tener en cuenta la información y los detalles precisos.

Por otro lado, y en relación con los Valores Límite de Exposición y la metodología de evaluación de riesgos no es muy concreta. El valor de los Valores Límite de Exposición se obtiene mediante las fórmulas establecidas por la legislación vigente. Respecto de la metodología se establece un conjunto de formulas y criterios para calcular estimaciones de exposición que en última instancia, la valoración de estas depende del criterio del técnico de prevención; de su criterio y experiencia.

Por último la legislación vigente deja la puerta abierta al desarrollo y mejora de la metodología actual respecto de la evaluación de los riesgos; que es aplicable a todo el conjunto; donde debe primar la vigilancia "in situ" del cumplimiento de la legislación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

## 10. Bibliografía

Relación de libros utilizados.

Serway, Raymond A. Jewett, Jr. John W. *Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna*

Kalpakjian, Serope Schimd, Steven R. *Manufactura, ingeniería y tecnología*

Cortés, José M. *Técnicas de prevención de riesgos laborales. Seguridad e higiene del trabajo*

Relación de documentos utilizados.

SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (revista)

UNE-EN 470-1:1995 *Ropas de protección utilizadas durante el soldeo y las técnicas conexas. Parte 1: requisitos generales.*

UNE-EN ISO 11611:2007 *Ropa de protección para su utilización en soldeo y técnicas conexas. (ISO 11611:2007) (Ratificada por AENOR en septiembre de 2008.)*

UNE-EN ISO 11611:2008 *Ropa de protección utilizada durante el soldeo y procesos afines. (ISO 11611:2007)*

UNE-EN 12477:2002 *Guantes de protección para soldadores.*

UNE-EN ISO 18526-2:2020 *Protección de los ojos y la cara. Métodos de ensayo. Parte 2: Propiedades ópticas físicas (ISO 18526-2:2020) (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en mayo de 2020.)*

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.

Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, sobre máquinas.

Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

NTP 494: *Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad*

ET.103:2004 *Riesgos en operaciones de soldadura*

NTP 747: *Guantes de protección: requisitos generales*

NTP 769: *Ropa de protección: Requisitos generales*

Real Decreto 299/2016, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos.

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.

DIRECTIVA 2006/25/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 5 de abril de 2006, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales) (decimonovena Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE).

NTP 755: *Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral.*

NTP 903: *Radiaciones ópticas artificiales: criterios de evaluación.*



Relación de enlaces utilizados.

<https://www.rae.es>

<http://www.unavarra.es>

<https://www.insst.es>