

# Equipos de protección individual frente al arco eléctrico: principales novedades normativas

**José María Domínguez Chamorro**

Centro Nacional de Medios de Protección. INSST

*Hasta la fecha, la normalización de las especificaciones técnicas para evaluar las prestaciones de los equipos de protección individual en lo referente a la protección frente al arco eléctrico ha sido muy limitada. Las primeras publicaciones de normas por el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) vieron la luz a principios de este siglo XXI y, principalmente, se centraron en los métodos de ensayo para evaluar los efectos térmicos de un arco eléctrico sobre la ropa y las propiedades que presentaba frente al mismo. Recientemente, se ha publicado la norma UNE-EN 61482-2:2021, que contempla los requisitos de producto aplicables a los materiales y a la ropa de protección contra los riesgos térmicos de un arco eléctrico que, junto con los proyectos de norma que se encuentran en tramitación, relativos a la protección de manos, ojos, cara y cabeza, permitirán mejorar significativamente la seguridad de la población trabajadora frente a los efectos de un arco eléctrico. Este artículo pretende dar una visión global del marco legislativo y normativo europeo y nacional, presente y futuro, relativo a los equipos de protección individual frente a los riesgos del arco eléctrico.*

## INTRODUCCIÓN

El arco eléctrico es un fenómeno físico del que se tiene consciencia desde el principio del uso de la electricidad por la Humanidad. Los arcos eléctricos de tipo controlado, utilizados para iluminación o para soldadura, han estado presentes desde comienzos del siglo XIX.

Ralph H. Lee, pionero en estudiar científicamente el problema de las quemaduras por arco eléctrico, advirtió que “hay otro peligro que pocos aprecian, que ni siquiera necesitamos tocar para sufrir una lesión”. En su artículo “The Other Electrical Hazard: Electric Arc Blast Burns”, publicado en 1982 en la revista *Transactions on Industry Applications* del

IEEE<sup>1</sup>, estableció una relación entre los diferentes grados de quemaduras, la distancia al arco eléctrico, la cantidad de energía y el tiempo de exposición, lo que

<sup>1</sup> Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).

permitted to quantify the thermal risk associated with the electric arc.

Before that publication, the majority of the risks associated with electrical safety were centered exclusively on the risk of electric shock and not on those generated by an electric arc. In recent years, there has been a significant development in theoretical knowledge and protection measures against the electric arc, especially regarding the thermal risk associated with it. This risk should be evaluated with the aim of estimating the thermal energy incident on the worker, which will allow selecting the most appropriate protection equipment.

## EL FENÓMENO FÍSICO DEL ARCO ELÉCTRICO

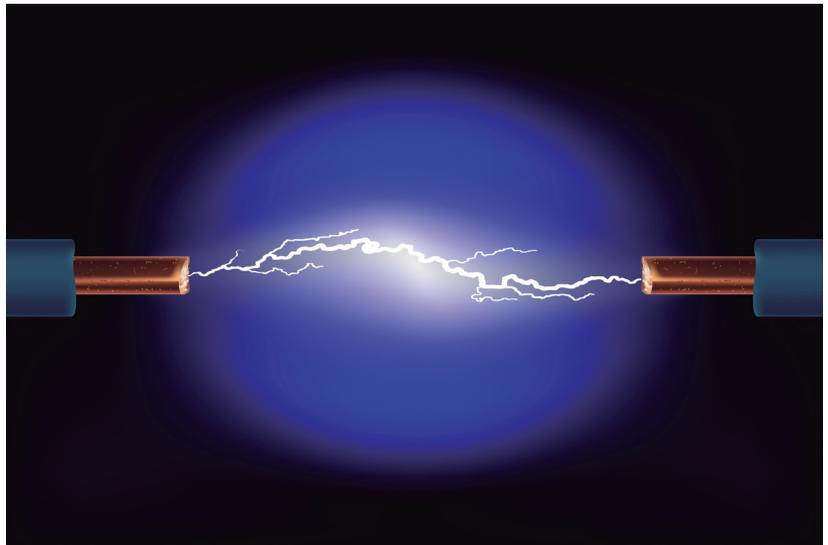
The electric arc is a flow of current through the air, generated when there is a potential difference between two active parts of the electrical installation (of different phase position or between a phase and ground) large enough to ionize the air that separates them and allow the passage of current through it.

The electric arc is a chaotic and complex phenomenon (depends on many factors), which can originate either from a technical failure or from a human error during the execution of work in electrical installations or in their surroundings.

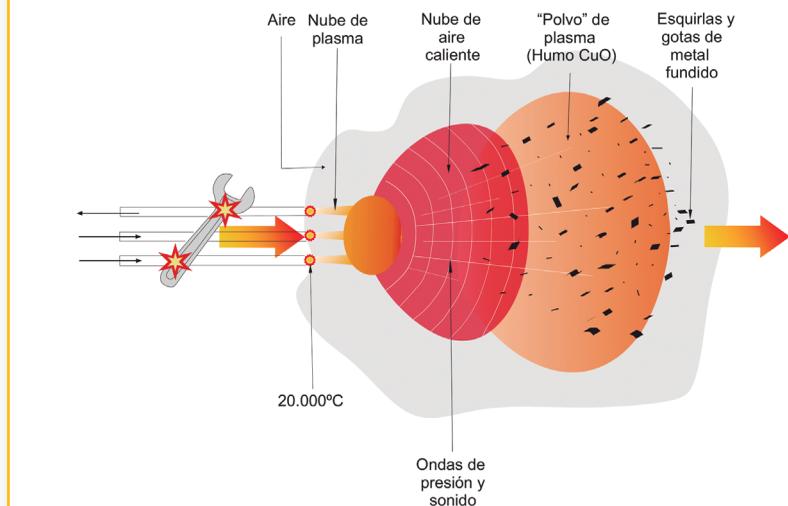
## EFFECTOS FÍSICOS QUE PRODUCE UN ARCO ELÉCTRICO

The intensity and the duration of the electric arc determine the different factors that occur during this phenomenon. During an

■ Imagen 1 ■ Arco eléctrico



■ Imagen 2 ■ Efectos físicos de un arco eléctrico

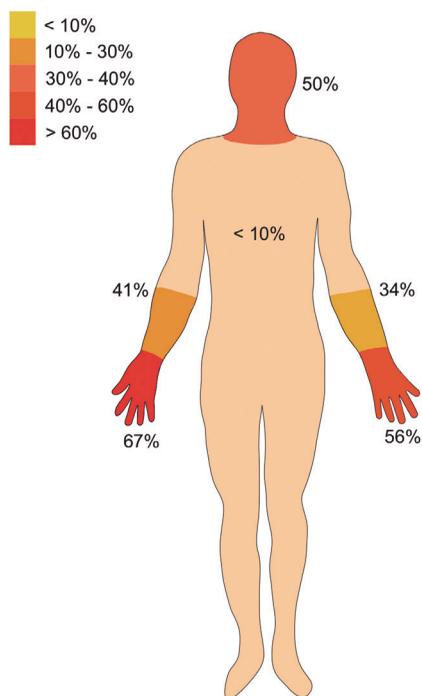


arc, temperatures of up to 20,000 °C are reached, which generates the vaporization of the materials closest to the arc zone. At the same time, this vaporization causes an increase in current flow and a temperature rise, creating the so-called **plasma**

**de arco**. This plasma cloud has a high chemical aggressiveness due to the rupture of chemical bonds and the ionized state of its elements.

Another of the physical effects is the generation of a **high pressure**, which produces

**Imagen 3** Distribución de las lesiones por riesgo térmico de un arco eléctrico



alcanzar los 2 o 3 bares, lo que puede motivar la destrucción de las instalaciones circundantes y daños físicos a los trabajadores. Los **niveles de sonido** debidos a la explosión pueden llegar hasta los 160 dB.

En relación con el efecto lumínico generado durante el arco, se deberán tener en cuenta las **radiaciones electromagnéticas**, principalmente la ultravioleta (UV) y la infrarroja (IR).

## LESIONES QUE PUEDE PROVOCAR UN ARCO ELÉCTRICO

Vistos los efectos físicos, una persona expuesta a un arco eléctrico puede sufrir lesiones muy graves e incluso mortales, dependiendo principalmente de la **intensidad de cortocircuito**, el **tiempo de duración del mismo** y la **distancia** al arco eléctrico. Las más comunes son:

- Quemaduras externas en la piel (de segundo o tercer grado).
- Quemaduras internas en garganta y pulmones como consecuencia de la inhalación de gases calientes y metales vaporizados.
- Daños auditivos al generarse niveles de ruido elevados.
- Daños oculares por la exposición a radiación UV e IR.
- Daños por inhalación de productos tóxicos debido a la vaporización de plásticos, metales, etc.

En cuanto a la distribución de las lesiones debidas al riesgo térmico del arco, tomando como referencia la "Guía para la selección de equipamiento de protección personal contra los efectos térmicos de un arco eléctrico", publicada por la Asociación

Internacional para la Seguridad Social (ISSA, *International Social Security Association*), se dan principalmente en las manos y en la cabeza, incluyendo el cuello.

## CAUSAS QUE PUEDEN GENERAR UN ARCO ELÉCTRICO

El arco eléctrico puede ser ocasionado por diversas causas y generalmente están asociadas a las condiciones técnicas en que se encuentran las instalaciones o a incumplimientos en los procedimientos de trabajo.

Entre las causas derivadas de las **condiciones técnicas de las instalaciones eléctricas** podemos destacar:

- Presencia de polvo, humedad en el aire, agua o líquido cerca de equipos eléctricos.
- Deterioro progresivo del aislamiento eléctrico por sobrecalentamiento debido a conexiones eléctricas defectuosas o a un desajuste en las uniones eléctricas por vibraciones.
- Degradación del aislamiento motivado por agentes químicos.
- Corrosión de las instalaciones y componentes.
- Cortocircuitos provocados por animales, como roedores, aves, etc.
- Funcionamiento de un interruptor internamente dañado.
- Fallo de los dispositivos de protección.

En lo que respecta a las causas derivadas de **incumplimientos en la aplicación de procedimientos de trabajo**, se pueden dar las siguientes:

- Realización de trabajos en las instalaciones eléctricas o en sus proximidades sin haberlas dejado sin tensión o sin la autorización del responsable de la instalación.
- Fallo en la identificación de la zona y de los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo.
- No haber tomado medidas para prevenir cualquier posible realimentación de las instalaciones eléctricas.
- No respetar o eliminar las barreras o la señalización que delimitan las zonas de trabajo.
- Falta de información e instrucciones claras para la correcta utilización de los equipos y/o instalaciones eléctricas, así como de los riesgos y de las medidas de prevención y protección que deban adoptarse.
- Falta de procedimientos de trabajo adecuados para llevar a cabo las operaciones destinadas a suprimir la tensión, realizar trabajos en sus proximidades u operar en instalaciones en tensión.

## EVALUACIÓN DEL RIESGO ELÉCTRICO. MARCO LEGISLATIVO Y NORMATIVO

Conforme al artículo 2 del Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, el empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que de la utilización o presencia de la energía eléctrica en los lugares de trabajo no se deriven riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo. La adopción de

estas medidas deberá basarse en la evaluación de riesgos conforme a lo establecido en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante, LPRL) y el artículo 6 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (en adelante, RSP).

La evaluación de riesgos relativa a la utilización o presencia de la energía eléctrica en los lugares de trabajo tendrá sus particularidades en función de las características del trabajo, de la instalación y de su entorno. En la imagen 4 se muestra un modelo de toma de decisiones para determinar el método de trabajo a seguir cuando se intervenga sobre o en proximidad de las instalaciones eléctricas, haciendo referencia a los diferentes anexos del Real Decreto 614/2001.

Ahora bien, al realizar un análisis en profundidad de toda la legislación que tiene por objeto la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, se puede llegar a la conclusión de que actualmente hay criterios claros para la adopción de medidas de prevención y protección frente al choque eléctrico y, sin embargo, hay **escasos criterios frente al arco eléctrico**. Por ello, y conforme al artículo 5.3 del RSP, al no contar con disposiciones normativas que concreten los métodos para la evaluación del riesgo frente a un arco eléctrico, podremos recurrir a normas nacionales o internacionales, así como a guías de otras entidades de reconocido prestigio en la materia u otros métodos o criterios profesionales descritos documentalmente que proporcionen un nivel de confianza equivalente.

En base a lo anterior, para la determinación del riesgo térmico generado por un arco eléctrico, actualmente podemos recurrir a los métodos y criterios establecidos

en las siguientes normas y guías, ampliamente aceptados en el sector eléctrico:

- **NFPA 70E “Standard for Electrical Safety in the Workplace”** (2018), norma estadounidense aprobada por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA, *National Fire Protection Association*).

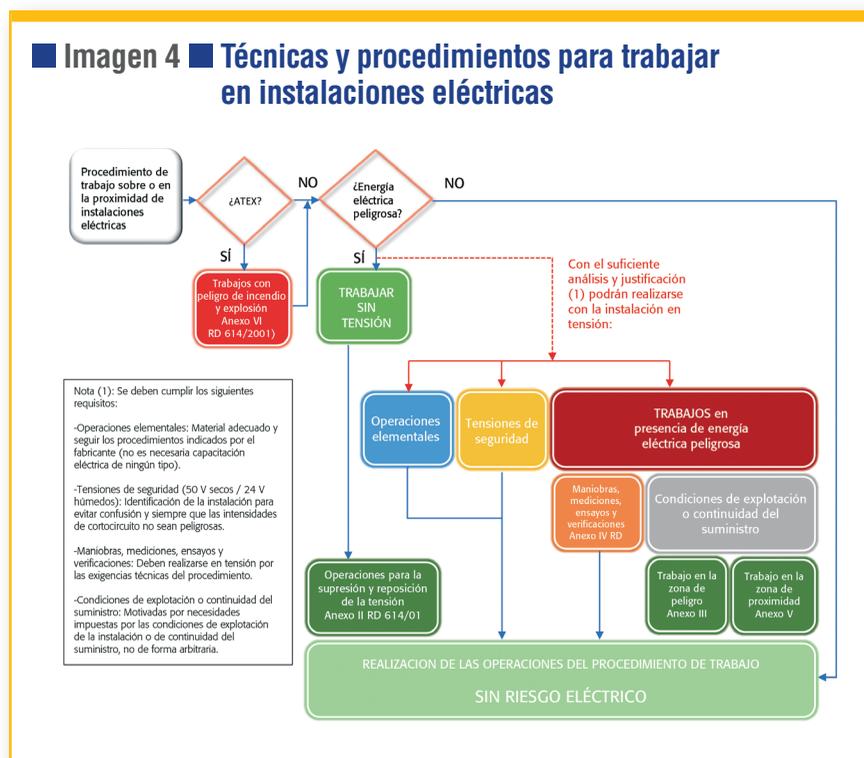
En el apartado 130.5 y anexo D de esta norma se establece una metodología para la evaluación del riesgo del arco eléctrico, teniendo en cuenta el nivel de exposición a la energía incidente, los dispositivos de protección de sobrecorriente y su tiempo de funcionamiento, entre otros. Asimismo, proporciona pautas para seleccionar los equipos de protección individual que deben utilizarse dentro de la “zona de peligro frente al arco”.

- **IEEE 1584: 2018 “Guide for Performing Arc Flash Hazard Calculations”**, norma desarrollada por el IEEE.

Proporciona métodos muy potentes para el cálculo de la energía calorífica incidente sobre los trabajadores. Tal es la importancia de dichos métodos, que también están recogidos en la propia norma NFPA 70E. El uso de las ecuaciones recogidas en esta norma está más extendido que las que recoge la norma NFPA 70E, ya que aunque son más complejas (utilizan más variables de la instalación en estudio), su ámbito de aplicación es más amplio y sus resultados son más precisos.

- **“Guía para la selección de equipamiento de protección personal contra los efectos térmicos de un arco eléctrico”** (2011), editada por la Asociación Internacional para la Seguridad Social (ISSA, *International Social Security Association*).

**Imagen 4** ■ Técnicas y procedimientos para trabajar en instalaciones eléctricas



Contiene información sobre la evaluación del riesgo térmico del arco eléctrico y de los métodos de ensayo de los equipos de protección individual frente a este riesgo, así como el establecimiento de medidas para mejorar la seguridad y la protección de los trabajadores en el lugar de trabajo.

- **DGUV-I 203-078 "Thermal hazards from electric fault arc - Guide to the selection of personal protective equipment for electrical work"** (2012), publicada por el Seguro Social Alemán de Accidentes de Trabajo (DGUV, *Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V.*).

Esta guía desarrolla un procedimiento para identificar y evaluar el riesgo térmico generado por un arco eléctrico y una metodología para determinar los niveles de protección de los equipos de protección individual frente a este riesgo.

Por otra parte, las medidas de prevención y protección que se determinen para proteger al trabajador frente al

arco eléctrico deberán tener en cuenta los principios generales de la acción preventiva establecidos en el artículo 15.1 de la LPRL, remarcando principalmente la necesidad de evitar los riesgos así como la evaluación de aquellos que no se puedan evitar, combatiéndolos desde el origen y anteponiendo las medidas de protección colectivas sobre las individuales.

Atendiendo a estas consideraciones previas y teniendo en cuenta que la energía térmica incidente generada por un arco es proporcional al voltaje, a la corriente y a la duración del mismo, la aplicación de medidas técnicas que permitan disminuir la tensión de la instalación, así como la disminución de la corriente de cortocircuito o duración del arco, sin duda, ayudarán a reducir el riesgo.

El incremento de la distancia de trabajo es otra medida a tener en cuenta; sin embargo, generalmente, es difícil de aplicar, debido a que el trabajador debe entrar en contacto directo con la instalación y/o los equipos eléctricos. Por ello, se hace imprescindible el uso de equipos de protección individual (en adelante, EPI)

que ofrezcan un nivel de protección adecuado, especialmente, frente al riesgo térmico generado por el arco eléctrico.

## MARCO NORMATIVO APLICABLE A LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Para garantizar que los EPI que se comercialicen en la Unión Europea proporcionan un elevado nivel de protección de la salud y la seguridad de los usuarios, el Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual, y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo, establece en su anexo II los requisitos esenciales de salud y seguridad que deben cumplir, siendo necesario que el fabricante efectúe una evaluación de riesgos a fin de determinar qué requisitos serían de aplicación a los EPI que quiere comercializar.

Para dar cumplimiento a los requisitos esenciales, una de las opciones que tienen los fabricantes es hacer uso de normas armonizadas europeas; estas, aunque de aplicación voluntaria, dan presunción de conformidad con los mismos. Los fabricantes pueden optar por otras especificaciones técnicas para cumplir los requisitos esenciales de salud y seguridad establecidos en el Reglamento (UE) 2016/425, si bien deberán asumir la responsabilidad de demostrar que esas especificaciones técnicas responden a las necesidades de los requisitos que les fuesen de aplicación. Para ello, el EPI deberá someterse a una evaluación de la conformidad donde un Organismo Notificado comprobará que las soluciones adoptadas cumplen los correspondientes requisitos esenciales de salud y seguridad.

El procedimiento de evaluación de conformidad de cualquier EPI, que debe llevar a cabo el fabricante, dependerá de

## ■ Imagen 5 ■ Marco normativo vigente relativo a EPI frente al arco eléctrico

Reglamento (UE) 425/2016 que regula las condiciones de comercialización y libre circulación de los EPI	
EPI categoría III	
Ropa de protección	Protección facial
Métodos de ensayo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNE-EN IEC 61482-1-1</li> <li>• UNE-EN IEC 61482-1-2</li> </ul> Requisitos de producto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNE-EN IEC 61482-2</li> </ul>	Requisitos de producto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNE-EN 166</li> </ul> Recommendation for Use sheets: <ul style="list-style-type: none"> <li>• RfUs 03-024</li> </ul>
Real Decreto 773/1997	

la categoría del riesgo frente al que protege. En este sentido, los EPI que protegen del riesgo frente al arco eléctrico están incluidos en la categoría III y, por tanto, estarán sometidos al procedimiento de evaluación más exigente, es decir, deberán someterse a un examen UE de tipo, junto con una de las opciones siguientes:

- i. Conformidad con el tipo basada en el control interno de la producción más un control supervisado de producto a intervalos aleatorios.
- ii. Conformidad con el tipo basada en el aseguramiento de la calidad del proceso de producción.

A la hora de seleccionar y utilizar un EPI que proteja frente al arco eléctrico, además de comprobar que su comercialización se ha realizado en el marco del Reglamento (UE) 2016/425, se debe dar cumplimiento a las disposiciones establecidas en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual (obligaciones del empresario y del trabajador) (ver imagen 5).

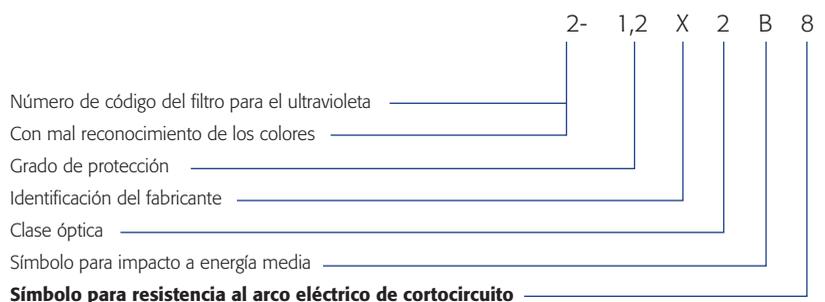
### EPI. REQUISITOS DE PROTECCIÓN FRENTE AL ARCO ELÉCTRICO

Como ya hemos visto, uno de los mayores riesgos generados por un arco eléctrico está asociado a los efectos térmicos. Un protector inadecuado puede convertirse en un factor de riesgo, dado que a valores bajos de energía calorífica incidente puede arder, incluso, una vez extinguido el arco eléctrico.

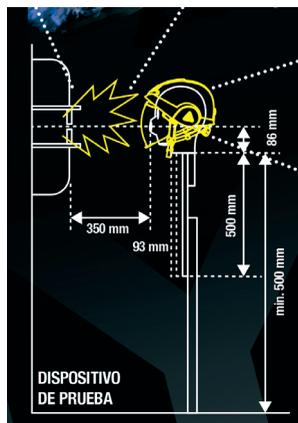
A continuación, se realiza un análisis de los requisitos y ensayos establecidos

## ■ Imagen 6 ■ Ejemplo de marcado ocular de un filtro para el ultravioleta con resistencia mecánica y resistentes al arco eléctrico de cortocircuito

Requisitos	
Material	No hay restricción, si bien el policarbonato es el más utilizado. No deben tener partes metálicas al descubierto. Los bordes externos tendrán que ser redondeados, sin aristas vivas.
Espesor	Min. 1,4 mm.
Campo de visión	Línea central vertical de la pantalla: Min. 150 mm.
Protección ultravioleta	Clase 2-1,2 / 2c-1,2
Símbolo	El número "8" es el símbolo del marcado de los oculares que indica su solidez al arco eléctrico de cortocircuito.
Inflamabilidad y protección térmica	Los materiales y otros componentes del protector deberán tener un grado de no inflamabilidad y de protección térmica que corresponda a la clase de riesgo asociada a las condiciones de uso previsible.



## ■ Imagen 7 ■ Casco de seguridad (modelo Onyx) equipado con una visera integrada certificada conforme a la norma GS-ET-29 Clase 1 (arco eléctrico)



### PROTECCIÓN CONTRA EL ARCO ELÉCTRICO GS-ET-29 Clase 1

- Protección contra el arco eléctrico
- Clase del arco eléctrico de cortocircuito:  
Clase 1: 4kA (155 KJ/m<sup>2</sup> o 3,7 cal/cm<sup>2</sup>)  
Clase 0 de transmisión luminosa

### PROTECCIÓN OCULAR EN 166

- Especificaciones relativas a la protección ocular individual
- 1 Clase óptica (uso continuo)
- S Mayor solidez (5,1 m/s)
- AT Resistencia a impactos de alta energía (190 m/s) a temperaturas extremas (-5°C / +55°C)
- 3 Resistencia a los líquidos (gotas o salpicaduras)
- 8 Resistencia a arco eléctrico en cortocircuito
- 9 Resistencia a salpicaduras de metal en fusión
- K Resistencia a daños en la superficie por partículas finas
- N Resistencia al empañamiento de los oculares



FUENTE: Especificaciones técnicas y secuencia del ensayo facilitadas por la empresa DELTA PLUS IBERIA, S.A.U.

en las normas europeas armonizadas vigentes que son de aplicación a los EPI frente a los **efectos térmicos** de un arco eléctrico:

### Pantalla facial

Los requisitos básicos, particulares u opcionales que deben cumplir los protectores individuales de los ojos se establecen en la norma armonizada UNE-EN 166:2002 "Protección individual de los ojos. Especificaciones". En esta norma se determina que las **pantallas faciales** son los únicos protectores oculares que ofrecen protección frente a un riesgo derivado de un arco eléctrico, debiendo cumplir, por tanto, con los requisitos particulares dispuestos en el apartado 7.2.7 de la misma, entre los que cabe destacar los recogidos en la imagen 6.

Es importante destacar que las pantallas certificadas bajo la norma UNE-EN 166 solamente se han sometido a un ensayo de medición e inspección visual para comprobar el cumplimiento con los requisitos relativos al arco eléctrico de cortocircuito, **no exigiendo ensayos de arco eléctrico real** que permitan determinar el nivel de protección que ofrecen contra los efectos térmicos.

A su vez, el Reglamento (UE) 2016/ 425 en su apartado 3.6.1 establece como requisito esencial que "los materiales y otros componentes de EPI que puedan entrar en contacto accidentalmente con una llama y los utilizados en la fabricación de equipos industriales o de lucha contra el fuego deberán tener también un grado de ininflamabilidad y de protección térmica o **contra el arco eléctrico** que corresponda a la clase de riesgo asociada a las

condiciones de uso previsibles. No deberán fundirse si se exponen a las llamas ni contribuir a su propagación".

Actualmente, los fabricantes de pantallas faciales están siguiendo la recomendación RfUs 03-024 "Eye and face protection against electrical arc; additional requirements", dictada por el grupo de expertos en EPI de la Comisión Europea, concretamente el Grupo Vertical 3 (VG 3 Eye and Face Protection), para dar cumplimiento al requisito esencial expuesto en el párrafo anterior. En ella se establece que las pantallas faciales, además de cumplir con los requisitos de la norma EN 166:2002, deberán tener en cuenta la norma alemana GS-ET-29 para su certificación en relación con la protección térmica frente al arco eléctrico. En dicha norma se requiere que el protector facial se someta a un ensayo de "arco en caja" para determinar su clase de

protección: **Clase 1: 4 kA, 135 kJ/m<sup>2</sup>** (3,2 cal/cm<sup>2</sup>) o **Clase 2: 7 kA, 423 kJ/m<sup>2</sup>** (10,1 cal/cm<sup>2</sup>) (ver imagen 7).

## Ropa de protección

Recientemente se ha publicado la norma armonizada UNE-EN 61482-2:2021 "Trabajos en tensión. Ropa de protección contra los peligros térmicos de un arco eléctrico. Parte 2: Requisitos", que establece los requisitos de producto y los métodos de ensayo aplicables a los materiales y prendas de la ropa de protección para trabajadores que realicen su actividad en instalaciones eléctricas con exposición a los riesgos térmicos de un arco eléctrico.

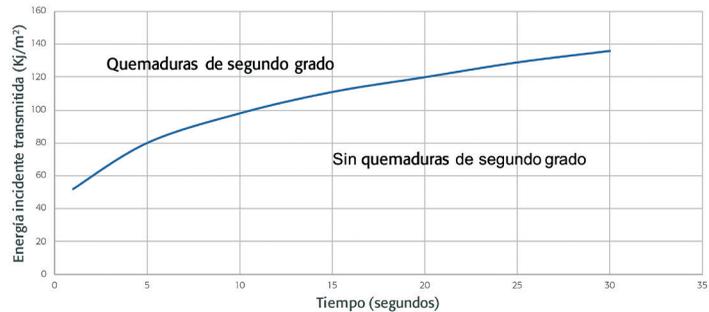
Desde el punto de vista del diseño, los fabricantes deben garantizar, entre otros requisitos, que las prendas proporcionen una cobertura total, debiendo cubrir hasta las muñecas, el cuello y los tobillos; que los cierres puedan abrirse incluso después de exponerse a un arco eléctrico; que el hilo de costura utilizado sea resistente a la llama y que no tengan partes metálicas externas no cubiertas.

En cuanto al material utilizado para la confección de las prendas, este no debe inflamarse, fundirse o encogerse más del 5%, la propagación de la llama debe ser limitada y, además, debe presentar propiedades mecánicas en relación con la resistencia al desgarro, a la tracción o al estallido.

Por su parte, el nivel de protección que ofrecen los materiales y las prendas contra los **efectos térmicos** serán determinados en función de los resultados obtenidos al someterlos a cualquiera de los siguientes ensayos:

a) UNE-EN IEC 61482-1-1: 2020 "Trabajos en tensión. Ropa de protección contra el riesgo térmico de un arco

### Imagen 8 Curva de Stoll – Curva que indica los valores límite antes de que se produzca una quemadura de segundo grado



### Imagen 9 Diferentes prendas sometidas a un ensayo de arco abierto



FUENTE: Imágenes facilitadas por la Asociación de Investigación de la Industria Textil – AITEX.

eléctrico. Parte 1-1: Métodos de ensayo. Método 1: Determinación de la **característica de arco (ELIM, ATPV y/o EBT)<sup>2</sup>** de materiales y prendas de vestir y de protección mediante un arco abierto".

b) UNE-EN 61482-1-2:2015 "Trabajos en tensión. Ropa de protección contra los peligros térmicos de un arco eléctrico. Parte 1-2: Métodos de ensayo. Método 2: Determinación de la **clase**

**de protección** contra el arco de material y ropa usando un arco limitado y dirigido (prueba de la caja)".

La **característica de arco (ELIM, ATPV y/o EBT)** y la **clase de protección** son valores que no son comparables ni pueden ser transformados unos en otros matemáticamente, debido a que los procedimientos, las configuraciones de los montajes de ensayo y los parámetros de los arcos eléctricos generados son diferentes en cada método de ensayo. Por tanto, la selección de un EPI debe realizarse teniendo en cuenta solo uno de los dos métodos. Cada uno de los

<sup>2</sup> ELIM: Límite de energía incidente. ATPV: Valor de rendimiento térmico del arco. EBT: Energía umbral de rotura abierta.

## ■ Imagen 10 ■ Chaqueta y pantalón con protección frente al arco eléctrico, con ATPV: 20 cal/cm<sup>2</sup>. Método de ensayo de la norma UNE-EN IEC 61482-1-1



FUENTE: Imágenes facilitadas por la empresa comercializadora KOBBEKO, S.A. y su fabricante, Honeywell.

## ■ Tabla 1 ■ Norma UNE-EN 61482-1-2:2015. Criterios para la aprobación del ensayo

Tiempo de combustión	Fusión	Formación de agujeros	Flujo de calor
≤ 5 s	Sin fusión en el lado interior	Sin agujeros mayores de 5 mm en la capa interna	La energía incidente transmitida debe estar por debajo de la curva de Stoll.

ensayos determinará los valores de energía térmica para los que un material o prenda ofrece protección.

Cuando se realiza el ensayo conforme a la norma UNE-EN IEC 61482-1-1:2020 se busca determinar la **característica de arco** de los materiales y prendas de vestir, es decir, determinar un valor cuantitativo que caracteriza las propiedades de protección térmica del material o la prenda.

El ELIM, ATPV y EBT se determinan comparando la cantidad de calor transmitida a través de la(s) muestra(s) con los criterios Stoll y la posible observación de roturas abiertas cuando se expone a varios niveles de energía incidente, medidos por los sensores de control.

Los criterios Stoll o curva de Stoll se basan en una curva límite que relaciona la energía térmica capaz de tolerar la piel según el tiempo de exposición (ver imagen 8). Esta se emplea para predecir la generación de quemaduras de segundo grado en base a la temperatura y el tiempo de exposición. Por tanto, permite definir si una persona está protegida contra quemaduras de segundo grado y si un material o una prenda superan los ensayos desde el punto de vista de la transferencia de calor.

Las prendas y materiales se someten a ensayos de arco abierto en los que se mide la corriente de arco real, la tensión y su duración. Además, a través de diferentes sensores de temperatura se monitoriza la energía incidente y la respuesta

del material o la ropa al aumento de temperatura (ver imagen 9).

Uno de los cambios más significativos de esta última edición de la norma es la incorporación del límite de energía incidente (ELIM) como un valor más apropiado para determinar la característica de arco, debido a que los ensayos realizados para obtener una clasificación de arco mediante ATPV o EBT no permiten dar conformidad con los requisitos esenciales establecidos en los puntos 3.6.1 y 3.6.2 del Reglamento (UE) 2016/425. Así, un trabajador expuesto a una energía incidente igual a la establecida por el ATPV tiene una probabilidad del 50% de sufrir quemaduras de segundo grado, mientras que el Reglamento (UE) 2016/425 establece como requisito que el flujo de calor transmitido a la piel del usuario no provoque quemaduras. De igual forma, la clasificación de arco mediante EBT no proporciona una seguridad completa, al establecer el valor de la energía incidente que puede generar una rotura abierta en el protector con una probabilidad del 50%.

Por tanto, aunque la norma UNE-EN IEC 61482-1-1 contempla los tres métodos de ensayo para determinar la característica de arco (ELIM, ATPV y EBT), la norma armonizada UNE-EN 61482-2:2021 exige que la característica de arco se determine mediante el ELIM, si bien, además, el fabricante podrá proporcionar información relativa al ATPV o EBT. El ELIM es la única característica de arco que da conformidad al Reglamento (UE) 2016/425, al determinar un valor de energía incidente por debajo de la cual no existen datos para atribuirle que alcance la curva de Stoll (se producen quemaduras de segundo grado) o se produzca la perforación del material, debiendo tener una protección térmica de al menos 130 kJ/m<sup>2</sup> (3,2 cal/cm<sup>2</sup>). Por su parte, esta norma exige un ATPV y EBT mínimo de 167 kJ/m<sup>2</sup> (4 cal/cm<sup>2</sup>).

## ■ Imagen 11 ■ Modelo de marcado de una prenda o sistema de prendas contemplado en la norma UNE EN 61482-2: 2021



EN 61482-2  
ELIM = xxx cal/cm<sup>2</sup>

o

EN 61482-2  
APC y

o

EN 61482-2  
ELIM = xxx cal/cm<sup>2</sup>  
APC z

o

EN 61482-2  
camiseta ref. AAA: no determinado  
chaqueta ref. BBB: ELIM = xxx cal/cm<sup>2</sup> / APC y  
parka ref. CCC: ELIM = xxx cal/cm<sup>2</sup> / APC y  
Sistema de prendas: ELIM = xxx cal/cm<sup>2</sup> / APC z

El marcado debe recoger cada elemento del sistema (camiseta, chaqueta, parka,...) y será identificado por un código de referencia claro, debiendo indicar la protección térmica del arco obtenida **APC** y/o **ELIM** (además de ELIM, se puede agregar el valor más bajo de ATPV o EBT), tal como se muestra en la imagen.

Cuanto mayor sea la característica de arco que presenta la prenda, mejor será la protección térmica frente a un arco de mayor energía incidente.

Los ensayos realizados conforme a la norma UNE-EN 61482-1-2:2015 tienen como objetivo **clasificar** el material y la ropa en base a la protección que ofrecen frente al arco. Se establecen dos clases: **Clase 1 (APC 1 "Arc Performance Class 1")** y **Clase 2 (APC 2 "Arc Performance Class 2")**. Se asignará una clase u otra en función de las condiciones del ensayo y de los resultados obtenidos en las muestras sometidas al arco eléctrico.

Con este ensayo se simulan condiciones reales de exposición a un arco dirigido y limitado, como el que se puede generar principalmente en equipos compactos abiertos (cajas de servicio de entrada, armarios de distribución por cable, subestaciones de distribución o instalaciones comparables), en las que el arco eléctrico se dirige a la parte delantera de un trabajador a la altura del esternón. Para la Clase 1 el ensayo se realiza con una intensidad de arco de 4 kA y para los de Clase 2 la intensidad es de 7 kA. En ambos casos, la duración del arco será de 0,05 s y mediante diferentes sensores se determina el calor transmitido a través de la muestra.

Para considerar superado el ensayo y poder determinar la clase del material y la ropa, se deben cumplir los criterios recogidos en la tabla 1, una vez empleada la intensidad indicada anteriormente en cada caso.

Otros requisitos de producto que establece la norma UNE-EN 61482-2: 2021 son los relativos al marcado y las instrucciones de uso (ver imagen 11).

En lo referente a las instrucciones suministradas por el fabricante, la norma de

producto indica que estas deben contener, al menos, la siguiente información:

- nombre y dirección completa del fabricante y/o representante autorizado;
- designación de producto;
- pictogramas, información y explicación sobre el tipo de ensayo de arco (característica de arco o clase de protección de arco);
- información sobre el tamaño;
- información adicional al usuario;
- instrucciones de cuidado, reparación y almacenamiento.

Por otro lado, cualquier modificación del diseño o del material con el que está hecha la prenda requerirá la repetición de los ensayos de tipo, total o parcial, además de un cambio en el marcado de prendas e instrucciones de uso. Cuando se utilicen simultáneamente prendas de distintos fabricantes, será el usuario el responsable de comprobar el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma.

## Guantes de protección

Actualmente no existe ninguna norma europea armonizada de aplicación para los equipos de protección de las manos y brazos frente a los riesgos térmicos del arco eléctrico, por lo que los fabricantes utilizan las normas propias de la ropa de protección, concretamente las normas UNE-EN 61482-1-1 y UNE-EN IEC 61482-1-2, para la certificación de estos protectores (ver imagen 12).

## EPI. MARCO NORMATIVO EN DESARROLLO

Excepto para la ropa protectora, no existen normas europeas armonizadas que regulen los requisitos de producto de otros equipos de protección individual frente al arco eléctrico. Teniendo como base las normas europeas e internacionales relativas a la ropa, en los últimos años, a nivel europeo se están realizando esfuerzos para publicar normas que regulen los protectores de manos, ojos, cara y cabeza.

A continuación se exponen los proyectos, tanto de normas como de guías, que actualmente se encuentran

## ■ Imagen 12 ■ Guantes aislantes de composite que incorporan protección eléctrica, mecánica y contra el arco eléctrico



Fabricante: SOFAMEL.  
Clase 2 (7kA) conforme a norma IEC 61482-1-2.  
El fabricante también proporciona valores de ATPV para cada modelo, que van desde 26,3 hasta 87,7 cal/cm<sup>2</sup> conforme a la norma ASTM F2675.

Fuente: Imagen facilitada por la empresa SOFAMEL.

## ■ Imagen 13 ■ Capucha de protección contra arco eléctrico diseñada para proporcionar una protección facial y craneal integral contra el calor y la explosión provocada por un arco eléctrico de hasta 20 cal/cm<sup>2</sup> (ATPV)



NOTA: Actualmente el método de ensayo utilizado es conforme a la norma UNE-EN 61482-1-1.  
FUENTE: Imágenes facilitadas por la empresa comercializadora KOBBECCO, S.A. y su fabricante, Honeywell.

en tramitación en el Comité Técnico IEC/TC 78 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y/o en el Comité Técnico CLC/TC 78 del Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC), encargados de desarrollar las normas internacionales y europeas, respectivamente, de herramientas, equipos y dispositivos para su uso en trabajos en tensión:

### 1. prEN IEC 62819:2021 “Trabajos en tensión. Protectores de ojos, cara

### y cabeza contra los efectos del arco eléctrico. Métodos de ensayo y requisitos de funcionamiento”.

Este proyecto de norma establece los requisitos con los que deberán ser diseñados, fabricados y ensayados los protectores de ojos, cara y cabeza frente a los peligros térmicos, ópticos y mecánicos de un arco eléctrico, y no contempla la protección contra descargas eléctricas. Por su parte, los componentes textiles del

protector deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 61482-2.

Dichos protectores constan de uno o varios dispositivos (por ejemplo, capucha, gafas de seguridad, gafas protectoras, pasamontañas, caretas, cascos, etc.), que será necesario combinar para disponer de una protección adecuada de los ojos, la cara y la cabeza (ver imagen 13).

En este proyecto de norma se recogen requisitos mecánicos y ópticos relacionados con la transmitancia luminosa, la zona protegida, la resistencia a radiación UV y la resistencia a impactos de alta velocidad.

De igual forma, se establecen los métodos de ensayo para determinar el nivel de protección que ofrece el protector frente a los efectos térmicos del arco eléctrico. Al igual que en el caso de la ropa, estos ensayos sirven para determinar la característica de arco (ELIM, ATPV, EBT) y/o la clase de protección de arco (Clase 1, Clase 2) de los protectores. La característica de arco mínima que debe ofrecer un protector se corresponde con un ATPV o EBT (el que sea más bajo) de 167 kJ/m<sup>2</sup> (4 cal/cm<sup>2</sup>) o un ELIM de 150 kJ/m<sup>2</sup> (3,6 cal/cm<sup>2</sup>). En relación con la clase de protección de arco, se le asignará la Clase 1 (APC 1) o la Clase 2 (APC 2) en función de las condiciones de ensayo que supere el protector, debiendo tener como mínimo una protección térmica Clase 1.

En ambos casos, además, se deberá cumplir con una serie de criterios de inspección visual y rendimiento establecidos en la norma, así como con aquellos relativos al marcado e instrucciones de uso.

### 2. prIEC 63232-1-1 “Live working – Hand protective devices against the thermal hazards of an electric arc - Part 1-1: Test methods – Method 1: Determination of the

**arc rating (ELIM, ATPV and/or EBT) of hand protective devices using an open arc”.**

Este proyecto de norma contempla los procedimientos de ensayo en relación con los efectos térmicos de un arco eléctrico, permitiendo asignar la **característica de arco** a los protectores de las manos, es decir, los valores de **ELIM, ATPV** o **EBT**. Al igual que hemos visto para los materiales y la prendas de vestir, el método se basa en la comparación de la cantidad de calor transmitido a través de la muestra con los criterios de Stoll que, junto con la comparación con criterios de inspección visual y rendimiento, permite determinar la característica de arco de las muestras cuando son expuestas a varios niveles de energía incidente.

**3. prIEC 63232-1-2 “Live working – Hand protective devices against the thermal hazards of an electric arc - Part 1-2: Test methods – Method 2: Determination of arc protection class hand protective devices by using a constrained and directed arc (box test)”.**

El objeto de esta parte del proyecto de norma es establecer los procedimientos para **clasificar** los equipos de protección de las manos frente al riesgo térmico del arco eléctrico, **Clase 1** o **Clase 2**, en función de su comportamiento cuando se expone a un arco eléctrico con características específicas. La cantidad de calor transmitida a través de la muestra se compara con los criterios de Stoll que, junto con los parámetros de ensayo y los criterios de rendimiento, determinarán la clase de protección de arco.

Inicialmente, se han previsto dos clases de protección: la Clase 1, que representaría un nivel de protección básico, y la Clase 2, que aportaría una protección mayor. Para la Clase 1 el ensayo se

**Tabla 2 Equipos de protección requeridos por la norma IEC 61482**

Ropa de protección	Protección de cara y cabeza	Guantes	Protección auditiva
Monos Camisas Pantalones Pasamontañas	Cascos con pantallas faciales o capucha cerrada	Hoy en día, se utilizan guantes eléctricamente aislantes con guantes de protección mecánica (nivel protección frente arco no conocido)	Tapones Orejeras

realiza con una intensidad de arco de 4 kA y para los de Clase 2, de 7 kA. Sin embargo, varios países miembros del Comité Técnico IEC/TC 78 han solicitado la inclusión de las Clases 3 y 4, con el fin de cubrir niveles de energía incidente más elevados, debido a que las manos habitualmente se encuentran más próximas al punto de generación del arco eléctrico.

**4. prIEC\_TR “Guidance for the selection, use and maintenance of electrical arc flash personal protective equipment”.**

El Grupo de Trabajo GT 15 del Comité Técnico IEC/TC 78 de la IEC identificó la necesidad de disponer de una guía que orientase a los usuarios finales en la selección, uso y mantenimiento de equipos de protección personal contra el arco eléctrico. Habiendo obtenido el voto favorable del IEC/TC 78 para su tramitación, actualmente se encuentra en proceso de elaboración por el GT 15, habiéndose preparado un primer borrador.

En el mismo se contempla que los requisitos de diseño deberán cumplir con la norma IEC 61482-2 y la clasificación de los EPI se determinará en base al método que se utilice para el ensayo (Clase 1 o Clase 2; ATPV, EBT, ELIM).

Para el proceso de selección del protector se considera necesario partir de una evaluación de riesgos del arco eléctrico que determine cuánta energía incidente podría alcanzar a un trabajador. En base al resultado de la evaluación, se procedería

a seleccionar aquel EPI que disponga de un nivel de protección frente al efecto térmico del arco mayor que la energía calorífica incidente identificada. Los métodos de evaluación de riesgos que propone la guía son los siguientes:

- NFPA 70E, IEEE 1584 (para ensayos conforme a la norma IEC 61482-1-1).
- ISSA GUIDE, DGUV-I 203-77 (para ensayos conforme a la norma IEC 61482-1-2).

Asimismo, en función de la gravedad de las lesiones que pudiera provocar un arco eléctrico, la guía prevé el uso de unos equipos de protección determinados (ver tabla 2).

Por último, en relación con la limpieza, el cuidado y el mantenimiento, la norma remite al cumplimiento estricto de las instrucciones del fabricante.

## CONCLUSIÓN

Idealmente, la seguridad frente al arco eléctrico se debería tener en consideración cuando se diseñan las instalaciones eléctricas. Igualmente, ayudarán a reducir el riesgo aquellas modificaciones en los sistemas existentes que permitan disminuir la energía del arco o su duración o aumentar la distancia entre este y el trabajador.

Cuando el riesgo no pueda controlarse mediante medidas de prevención o protección, será necesaria la utilización de un EPI que ofrezca una protección

adecuada; principalmente, frente a los efectos térmicos del arco. Para ello, se deberá partir de una evaluación de riesgos que permita predecir la energía incidente, a partir de la cual se determinará el nivel de protección de los EPI. Actualmente, no existe un marco legislativo que determine la metodología para llevar a cabo esta evaluación, por lo que se recomienda recurrir a normas internacionales como la NFPA 70 E o la IEEE 1584.

Por su parte, el proceso de normalización a nivel europeo de los equipos de

protección frente al arco eléctrico es relativamente reciente, comenzando con el desarrollo de métodos que están permitiendo ensayar los tejidos y la ropa contra los efectos térmicos del arco eléctrico. Debido a este déficit en la normalización a nivel europeo, los fabricantes comercializan los equipos de protección utilizando otras especificaciones técnicas como GSET29, ASTM F2675, etc., lo que dificulta determinar la evaluación de la conformidad del EPI con el Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de

2016, relativo a los equipos de protección individual. Recientemente, se ha publicado a nivel europeo la norma armonizada UNE-EN 61482-2:2021, que recoge los requisitos de producto de la ropa contra los peligros térmicos de un arco eléctrico y se prevé que en un futuro próximo se disponga de normas que regulen los requisitos de producto y ensayo del resto de protectores, lo que sin lugar a duda ayudará a disponer, en el mercado, de EPI que protejan adecuadamente frente a este riesgo y faciliten su selección a las empresas. ●

## Referencias bibliográficas

- [1]. **Estadísticas de accidentes de trabajo 2019.** Ministerio de Trabajo y Economía Social.
- [2]. **Norma UNE-EN 166.** "Protección individual de los ojos. Especificaciones".
- [3]. **Norma RfUs 03-024.** "Protección ocular y facial contra el arco eléctrico. Requisitos adicionales".
- [4]. **Proyecto de norma prEN IEC 62819:2021** "Trabajos en tensión. Protectores de ojos, cara y cabeza contra los efectos del arco eléctrico. Métodos de ensayo y requisitos de funcionamiento".
- [5]. **Norma UNE-EN IEC 61482-1-1:2020** "Trabajos en tensión. Ropa de protección contra el riesgo térmico de un arco eléctrico. Parte 1-1: Métodos de ensayo".
- [6]. **Norma UNE-EN IEC-61482-1-2: 2015.** "Determinación de la clase de protección contra el arco de material y ropa usando un arco limitado y dirigido (prueba de la caja)".
- [7]. **Norma UNE-EN 61482-2: 2021.** "Trabajos en tensión. Ropa de protección contra los peligros térmicos de un arco eléctrico. Parte 2: Requisitos".
- [8]. **Proyecto de norma prIEC 63232-1-1** "Live working – Hand protective devices against the thermal hazards of an electric arc - Part 1-1: Test methods – Method 1: Determination of the arc rating (ELIM, ATPV and/or EBT) of hand protective devices using an open arc".
- [9]. **Proyecto de norma prIEC 63232-1-2** "Live working – Hand protective devices against the thermal hazards of an electric arc - Part 1-2: Test methods – Method 2: Determination of arc protection class hand protective devices by using a constrained and directed arc (box test)".
- [10]. **IEC: 78/1259/Q** "Guidance document for end users for electrical arc flash PPE".
- [11]. **Norma NFPA 70 E** "Standard for Electrical Safety in the Workplace".
- [12]. **ISSA.** "Guía para la selección de equipamiento de protección personal contra los efectos térmicos del arco eléctrico".
- [13]. **DGUV-I 203-77.** "Thermal hazards from electric fault arc - Guide to the selection of personal protective equipment for electrical work".
- [14]. **GT-ET-29** "Supplementary requirements for the testing and certification of face shields for electrical Works".
- [15]. **Norma UNE-EN 50110-1:2014** "Explotación de instalaciones eléctricas. Parte 1: Requisitos generales".
- [16]. **Reglamento (UE) 2016/425** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.
- [17]. **Ley 31/1995,** de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269, de 10 de noviembre.
- [18]. **Real Decreto 39/1997,** de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE núm. 27, de 31 de enero.
- [19]. **Real Decreto 773/1997,** de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE núm. 140, de 12 de junio.
- [20]. **Real Decreto 614/2001,** de 8 de junio, sobre las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. BOE núm. 148, de 21 de junio.
- [21]. **INSST, 2020.** [Guía Técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico.](#)
- [22]. **INSST, 2012.** [Guía Técnica para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.](#)
- [23]. **Electrical arc flash.** "Hazard management guideline". Australian Energy Council.