

Arcos eléctricos. Un factor de riesgo grave, también en baja tensión

Alfonso Baigorri Gurrea

Instituto de Salud Pública y Laboral. Navarra

Al analizar los riesgos asociados a la utilización de la energía eléctrica se piensa de forma inmediata en el riesgo de contacto eléctrico, ya sea de forma directa o indirecta. Sin embargo, actualmente en baja tensión, es relativamente frecuente minusvalorar otro riesgo importante asociado a esta forma de energía, el arco eléctrico. El análisis adecuado de este riesgo y la definición de medidas preventivas eficaces para controlarlo son aspectos fundamentales para reducir las graves consecuencias ligadas frecuentemente a los accidentes eléctricos.

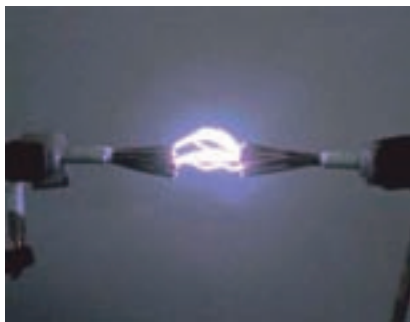
ACCIDENTABILIDAD

Según recoge el R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (1), se entenderá como riesgo eléctrico, entre otros, el riesgo de quemaduras por choque eléctrico o por arco eléctrico.

En el año 2010 un 4,3% de los accidentes mortales que se produjeron en España se debieron a "contacto con corriente eléctrica o fuego", elevándose este porcentaje hasta el 10% en el sector de la industria.

Según el *National Safety Council* de los Estados Unidos, organización no gubernamental y sin ánimo de lucro dedicada desde 1913 a actividades relacionadas con la protección de la salud, la mayoría de los ingresos hospitalarios que se producen en ese país, relacionados con la energía eléctrica, son debidos a quemaduras por arco eléctrico y no a

electrocuciones, atendándose cada año a más de 2000 personas en los centros especializados de quemados.



Las escasas medidas de protección personal utilizadas en la actualidad en la mayoría de las actividades eléctricas realizadas, unido al desconocimiento general de los puntos y tareas con mayor nivel de riesgo, hacen de los trabajadores expuestos un colectivo especialmente vulnerable y, aunque la frecuencia de estos accidentes no es muy alta, la gravedad de sus consecuencias hace necesaria la me-

jora de las medidas preventivas definidas para este tipo de trabajos.

¿QUÉ ES UN ARCO ELÉCTRICO?

El aire tiene propiedades aislantes respecto a la conducción de la corriente eléctrica. Sin embargo, si la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos separados por aire una cierta distancia es lo suficientemente grande, puede superarse la rigidez dieléctrica del mismo (máxima tensión que puede soportar un aislante sin perforarse), permitiendo pasar la corriente a través de él. En ese momento se produce el denominado arco eléctrico, una especie de "salto" de la corriente eléctrica a través del aire desde un elemento conductor a otro.

En un arco eléctrico pueden producirse temperaturas de miles de grados centígrados, temperaturas capaces de fundir los elementos metálicos, normalmente de

cobre, existentes en sus proximidades. Tras generarse el arco, se produce una dilatación súbita del aire (explosión) que proyecta los metales fundidos (a modo de metralla) a distancias que pueden alcanzar varios metros. Todas estas características hacen que un trabajador expuesto a un arco eléctrico pueda verse expuesto, entre otros, a los siguientes tipos de riesgos:

- Altas temperaturas y emisión de radiaciones ultravioletas, capaces de provocar quemaduras de tercer grado a la persona expuesta.
- Proyecciones de materiales fundidos, con capacidad para penetrar en el cuerpo de la persona afectada.
- Altos niveles de ruido que pueden producir roturas timpánicas (posibilidad de superar los 160 dB).
- Ionización del aire circundante, pudiendo provocar arcos en cadena entre otros elementos en tensión.

El daño potencial que el arco es capaz de producir va a depender básicamente de lo siguiente:

- Intensidad de cortocircuito en el punto de operación (Icc)
- Tiempo de respuesta de las protecciones eléctricas instaladas

La Icc va a estar en función de:

- Punto de la instalación en el que se encuentre la persona o personas (a medida que nos alejamos del transformador su valor se irá reduciendo paulatinamente).
- Intensidad nominal en el punto de operación. Intensidad que será lógicamente proporcional a la potencia admisible en el circuito.

- Tensión de alimentación.

*Ejemplos de Icc resultantes para un transformador determinado:
(Potencia aparente: 250kVA, Ucc 4%, Usecundario 400V)*

* Icc secundario
(transformador trifásico): **9.021 A**
* Icc secundario
(transformador monofásico): **15.625 A**

El tiempo de respuesta de las protecciones eléctricas instaladas será a su vez función de lo siguiente:

- Características intrínsecas de los equipos de protección, tiempo de apertura
- Estado de mantenimiento de los mismos
- Criterio de selectividad definido en función de los requerimientos funcionales de la instalación

No solo valores altos de Icc son capaces de provocar daños significativos; al ser el tiempo de respuesta de los dispositivos de protección función del nivel de la Icc, si la Icc es más pequeña, aumentará el tiempo de respuesta del dispositivo de protección, incrementándose así también el nivel de riesgo.

Tareas donde podría producirse



Se podría producir en las siguientes tareas:

- Mediciones en baja tensión
- Maniobras en interruptores de potencia
- Trabajos en proximidad de elementos en tensión

Principales causas

- Cortocircuitos provocados de forma accidental por los propios trabajadores: aproximaciones excesivas, útiles con asilamiento deficiente, pulseras, cadenas, relojes, cremalleras, elementos metálicos en general, etc.
- Fallos en los dispositivos de maniobra (mantenimiento inadecuado de los mismos, depósitos de polvo, condensaciones, corrosión, fallos de aislamiento, bornes flojos...).
- Cortocircuitos provocados por animales, etc.



Debe prestarse una especial atención a:

- Trabajos en circuitos con secciones eléctricas importantes
- Trabajos próximos a transformadores de potencia
- Maniobras con interruptores: interruptores antiguos, sin armario de protección, maniobras realizadas con puerta abierta, etc.

(No debe rearmarse nunca un interruptor que vuelve a dispararse al tratar de rearmarlo sin analizar previamente la causa)

SITUACIÓN ACTUAL

Muchas de las evaluaciones de riesgos realizadas en la actualidad recogen,

Tabla 1 ■ Ejemplo de ropa de protección necesaria en función de la actividad realizada/categoría del riesgo

ACTIVIDAD REALIZADA	CATEGORÍA DEL RIESGO	ROPA DE PROTECCIÓN NECESARIA (Arc rated en Cal/cm ²)
Maniobras en interruptores. U max: 240 V,	0	Ropa no fundible, ropa de fibras naturales no tratadas
Trabajos en tensión, incluidas las mediciones eléctricas. U max: 240 V,	1	4
Trabajos en tensión, incluidas las mediciones eléctricas. U max: 600 V,	2*	8

Icc max: 25 kA (en 0,03 segundos)

dentro del abanico de riesgos al que puede estar expuesto un trabajador, el "Contacto eléctrico", dando generalmente unas recomendaciones básicas para reducir la exposición al mismo.

Sin embargo, son muchas más las acciones que podrían ser llevadas a cabo para reducir drásticamente las lesiones generadas por este tipo de riesgos. A continuación se recogen las deficiencias más significativas detectadas en algunas de las evaluaciones de riesgo analizadas, deficiencias que incrementan el nivel de éste:

- Excesiva focalización en la evaluación de riesgos en el contacto eléctrico, no considerando de forma adecuada el riesgo por arco eléctrico.
- Uso de equipos de protección individual que no proporcionan un nivel de protección adecuado a la energía calorífica incidente sobre el trabajador.
- No actualización de la evaluación de riesgos tras la realización de reformas en instalaciones, reformas que pudieran afectar a la resistencia ante corrientes de cortocircuito de los elementos de protección y maniobra instalados.
- Ausencia de instrucciones respecto al mantenimiento en este tipo de elementos.

- Inexistencia de información del nivel de riesgo en función de la zona de la instalación en la que se van a ejecutar los trabajos.

NFPA -70E



El R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (2), recoge en su capítulo segundo, sección primera, artículo 5.3: "Cuando la evaluación exija la realización de mediciones, análisis o ensayos y la normativa no indique o concrete los métodos que deben emplearse o cuando los criterios de evaluación contemplados en dicha normativa deban ser interpretados o precisados a la luz de otros criterios de carácter técnico, se podrán utilizar, si existen, los métodos o criterios recogidos en : normas UNE, guías del INSHT del Instituto Nacional de Silicosis, normas internacionales, etc,".

La norma NFPA-70E, editada por la *National Fire Protection Association* (entidad con sede en USA dedicada desde 1896 a la protección contra incendios y referente a nivel mundial en la elaboración de normativa sobre esta materia), recoge diferentes pautas para la realización segura de tareas eléctricas en los lugares de trabajo, permitiendo entre otras cosas:

- 1) Determinar en función de las características intrínsecas de la instalación la categoría del riesgo asociado.
- 2) Determinar la distancia de seguridad ante un arco eléctrico.
- 3) Seleccionar el tipo de EPI más adecuado en función de la categoría del riesgo existente.
- 4) Señalar los diferentes puntos de riesgo de una instalación en base al nivel de riesgo existente en los mismos.

Determinación de la categoría de riesgo (categorías de menor a mayor riesgo 0, 1, 2, 2*, 3, 4)

Para determinar la categoría del riesgo existente en un punto determinado de una instalación, la norma ofrece dos posibilidades:

- A) Realizar un estudio de arco eléctrico según los métodos de cálculo recogidos en la norma. (Este estudio puede llevarse a cabo igualmente utilizando la norma IEE1584. Según recoge la NTP 904 del INSHT, los resultados serán más precisos)
- B) Determinar, en función de la tarea realizada, el nivel de riesgo utilizando las tablas recogidas en la propia norma (método limitado para tensiones máximas de 240 V, en circuitos alimentados

por un solo transformador de una potencia inferior a 125 kVA y cumpliendo el resto de condiciones recogidas en la norma).

La norma indica, además, que el estudio de arco eléctrico debe ser realizado en todo proyecto de instalación, realizándose una revisión del mismo siempre que se produzcan modificaciones en las instalaciones y en periodos mínimos de 5 años.

Distancia de protección ante arcos eléctricos

En aquellos casos en los que no se ha realizado un estudio de eléctrico, la distancia de protección (distancia hasta la que pueden producirse quemaduras de segundo grado en caso de producirse un arco eléctrico) puede ser estimada. La norma fija para instalaciones con tensiones comprendidas entre 50 y 600 V, con Icc máximas de 50 kA y tiempos de apertura de las protecciones eléctricas máximos de 0,033 segundos (o cualquier combinación de Icc, - Tiempo de apertura que no exceda de 1667 amperios*segundo), una distancia mínima de protección de 1,21 m. Por tanto, cuando sea necesario realizar trabajos a distancias del punto de posible generación del arco inferiores a esta distancia mínima de protección, deberá previamente determinarse la categoría del riesgo e implantarse medidas preventivas para evitar los daños derivados del mismo.

Selección de la ropa de protección adecuada

Una vez conocida la categoría del riesgo la norma permite mediante el uso de tablas seleccionar la ropa de protección más adecuada al mismo.



Ejemplo de ropa de protección para categorías de riesgo 3 – 4.

Además, la ropa utilizada no deberá estar ajustada al cuerpo, deberá cubrir todas las partes del mismo expuestas y deberá proteger también contra el riesgo de contacto eléctrico en función de la tarea realizada.

Es necesario destacar que el uso ropa de protección tal vez no evite totalmente los daños derivados de un arco eléctrico, pero sí limitará el grado del daño a "lesiones curables".

MEDIDAS PREVENTIVAS FRENTE AL ARCO ELÉCTRICO

La NFPA-70E contempla dentro de las medidas preventivas básicas para la

protección de las personas ante arcos eléctricos el uso de ropa de protección individual, sin embargo no debe olvidarse que la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (3), recoge en su artículo 15 los principios de la acción preventiva, entre los cuales se encuentra la "adopción de medidas que antepongan la protección colectiva a la individual".

La Guía Técnica del Real Decreto 773/1997 de Equipos de Protección Individual (4) indica que "cuando la implementación de las medidas de tipo técnico y organizativo requieran un cierto tiempo o cuando no existan soluciones técnicas razonables ni de otro tipo que permitan resolver el problema, se podrán utilizar EPI como medida transitoria o, en

su caso, hasta que el progreso de la técnica permita otras alternativas”.



Dispositivo especial de protección frente a arcos eléctricos

De entre las diferentes medidas preventivas existentes que pueden reducir el riesgo en este tipo de actividades podrían destacarse las siguientes:

- Aumentar la distancia entre el elemento a accionar y los elementos que físicamente actúan sobre la instalación, accionamiento mediante robots, accionadores fijos teledirigidos (medi-

da preventiva ya recogida en el R.D. 614/2001), etc.

- Sustitución de dispositivos de protección de alto rango por varios de rango inferior.
- Seguridad intrínseca de las instalaciones mediante la inclusión de dispositivos especiales para la actuación en caso de arco eléctrico.
- Reformas de las instalaciones: si tras la puesta en servicio inicial de una instalación se han realizado modificaciones en la misma, debe asegurarse que la resistencia frente a corrientes de cortocircuito de los elementos existentes sigue siendo adecuada al punto en el que están instalados
- Uso de pantallas de protección frente a arco eléctrico. Al usar este tipo de equipos deberá suplementarse si fuera necesario el nivel de iluminación existente en la zona de trabajo en línea con lo recogido en el anexo IV del R.D. 486/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (5).

- Uso de permisos de trabajo para trabajos en tensión (ver artículos 4.3 y 4.4 del R.D. 614/01)

- Uso de casco aislante, protecciones auditivas, herramientas con nivel de aislamiento suficiente (en función de lo recogido en la evaluación de riesgos / estudio de arco eléctrico).

CONCLUSIÓN

Dadas las graves consecuencias que un arco eléctrico puede producir en las personas afectadas, y habida cuenta de la insuficiente protección proporcionada por las medidas preventivas actualmente definidas para muchas de las tareas realizadas, parece necesaria una mejora de las mismas, para evitar o, al menos, minimizar las consecuencias de la exposición a este tipo de riesgos.

La norma NFPA-70E define un proceso claro para determinar el nivel de riesgo de las tareas realizadas, proponiendo en función de éste los equipos de protección más adecuados. ●

■ Bibliografía ■

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 (BOE nº 148, de 21 de junio).

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (BOE nº 27 de 31 de enero).

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269, de 10 de noviembre).

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 nº 140 de 12 de junio).

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (BOE nº 97, de 23 de abril).

■ Información adicional ■

NFPA-70E. Norma para la seguridad eléctrica en los lugares de trabajo (National Fire Protection Association)

Norma IEE1584. Guía para evaluar el riesgo de arco eléctrico (Institute of Electrical and Electronics Engineers, USA)

NTP 904 del I.N.S.H.T. Arco eléctrico: estimación de la energía calorífica incidente sobre un trabajador.

Norma UNE EN 61482. Trabajos en tensión. Ropa de protección contra los peligros térmicos de un arco eléctrico

Norma UNE EN 166. Protección individual de los ojos