

Alfonso Baigorri Gurrea – Técnico de Prevención. ISPLN
Junio 2012 (Actualizada en junio de 2015)

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

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, 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.

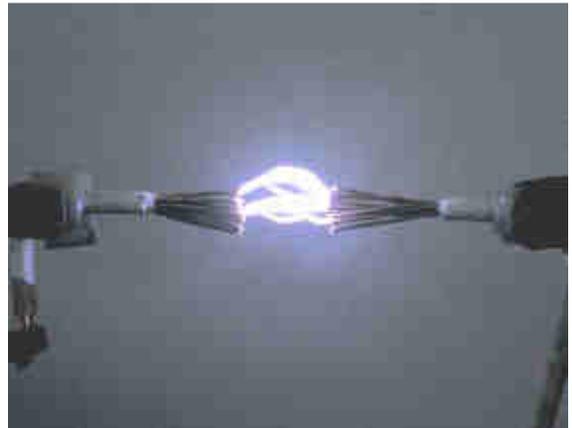
Accidentabilidad

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, se entenderá como riesgo eléctrico, entre otros, el riesgo de quemaduras por choque eléctrico o por arco eléctrico.

Un 5,8% de los accidentes mortales que se produjeron en España en el año 2012 se debieron a “contacto con corriente eléctrica o fuego”, elevándose este porcentaje hasta el 9,1% en el sector de la construcción¹.

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, atendiéndose 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 muchas de las actividades eléctricas realizadas, unido al desco-



nocimiento 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 mejora 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 mismo², 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, capaces de fundir los elementos metálicos, normalmente de cobre o aluminio, existentes en sus proximidades.

Tras generarse el arco se produce una dilatación súbita del aire (explosión) que proyecta los meta-

¹ Informe anual de accidentes de trabajo en España 2012, INSHT.

² Máxima tensión que puede soportar un aislante sin perforarse.

les fundidos (a modo de metralla) a distancias que pueden alcanzar varios metros.

Todas estas características hacen que un trabajador expuesto a un arco eléctrico puede verse afectado, entre otros, por los siguientes riesgos:

- Altas temperaturas y emisión de radiaciones ultravioletas e infrarrojas 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 160dB).
- 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:

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

La Icc va a estar en función de:

- Punto de la instalación en el que nos encontremos, (a medida que nos alejemos 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): **9021^a**
* Icc secundario (transformador monofásico): **15625^a**

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

- 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

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



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).

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.

Situación actual

Muchas de las evaluaciones de riesgos realizadas en la actualidad, recogen dentro del abanico de riesgos al que puede estar expuesto un trabajador el contacto eléctrico, dando generalmente unas recomendaciones básicas para evitar el mismo.

Sin embargo, son muchas más las acciones que podrían ser llevadas a cabo para reducir drásticamente las lesiones generadas por este tipo de accidentes. 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 personal insuficientes para el nivel de riesgo existente (ropa de algodón en tareas de riesgo medio/alto, gafas de seguridad en lugar de pantallas...).
- No uso de equipos de protección contra las radiaciones ultravioletas e infrarrojas (inactivos).
- No actualización de la evaluación de riesgos tras la realización de reformas en las instalaciones, reformas que pudieran afectar a las características frente a 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 (Edición 2012)

El R.D. 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, 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 Association³, 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 de peligro/riesgo asociado.
2. Determinar la distancia de seguridad ante un arco eléctrico⁴.
3. Seleccionar el tipo de EPI más adecuado para poder realizar trabajos dentro de la zona de peligro (frontera de relámpago de arco), en función de la categoría de peligro/riesgo existente.
4. Señalizar los diferentes puntos de riesgo de una instalación en base al nivel de riesgo existente en los mismos.

³ 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.

⁴ Frontera de relámpago de arco.

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

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

- A) Realizar un estudio de arco eléctrico (la norma propone distintos métodos de cálculo para su determinación).
- B) Determinar, en función de la tarea realizada, y la tensión en el punto de la instalación la categoría de peligro/riesgo, utilizando las tablas recogidas en la propia 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.

Selección de la ropa de protección adecuada.

Una vez conocida la categoría de peligro/riesgo en el punto objeto de análisis la norma permite

mediante el uso de tablas seleccionar la ropa de protección más adecuada al mismo.

A continuación se muestra un ejemplo, mediante el uso de las tablas recogidas en la norma, de las características necesarias de la ropa de protección a utilizar en función de la tarea a realizar.



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

ACTIVIDAD REALIZADA	PARÁMETROS DEL CÁLCULO	CATEGORÍA DEL PELIGRO/RIESGO	ROPA DE PROTECCIÓN NECESARIA (Arc rated en Cal/cm ²)	FRONTERA DE PROTECCIÓN DE RELÁMPAGO DE ARCO POTENCIAL (mm)
Paneles de distribución u otros equipos con tensión nominal de 240V y menor. Efectuar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto, fuera de la zona de aproximación restringida.	Máxima corriente de cortocircuito disponible de 25kA. Tiempo actuación protecciones 0,03 segundos. Distancia de trabajo mínima 457 mm.	0	Vestimenta protectora, no fundible o de fibras naturales no tratadas (como algodón, lana, rayón, o seda no tratados, o mezclas de estos materiales) con un peso de la tela de al menos 4,5 oz/yd ² , (152,6 gr/m ²).	483
Paneles de distribución y otros equipos con tensión nominal >240V y hasta 600V. Trabajos en conductores y partes de circuitos energizados, incluidas las pruebas de tensión.	Máxima corriente de cortocircuito disponible de 25kA. Tiempo actuación protecciones 0,03 segundos. Distancia de trabajo mínima 457 mm.	2	Vestimenta resistente al arco, con valor mínimo de resistencia al arco de 8 cal/cm ² .	762
Tablero de potencia blindado, 1 kV a 38 kV. Inserción o extracción de los interruptores de circuitos de los cubículos, con puertas abiertas o cerradas.	Máxima corriente de cortocircuito disponible de 35kA. Tiempo actuación protecciones 0,2 segundos. Distancia de trabajo mínima 916 mm.	4	Vestimenta resistente al arco, seleccionada de manera que el valor de resistencia al arco del sistema cumpla con el valor mínimo de resistencia al arco requerido de 40 cal/cm ² .	10.719

NOTAS:

1. Para situaciones distintas a las recogidas en los parámetros del cálculo deberá realizarse el estudio de arco eléctrico.
2. 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.
3. Es necesario destacar, que el uso ropa de protección tal vez no evite totalmente los daños derivados de un arco eléctrico, pero si 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, recoge en su artículo 15 los principios de la acción preventiva, entre los cuales se encuentra el de "Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual".

La Guía del R.D. 773/1997 de Equipos de Protección Individual, presenta, en el desarrollo del artículo 4 distintas situaciones en las que es aceptado el uso de este tipo de equipos, entre otras, cuando no exista una garantía de eliminación del riesgo tras la implantación de medidas técnicas u organizativas o cuando su uso sea contemplado como medida transitoria hasta la implantación de las anteriores.

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 trabajadores, accionamiento mediante robots, accionadores fijos teledirigidos (medida 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 instalación de dispositivos especiales para la actuación en caso de arco eléctrico.
- Sustitución de envolventes convencionales por otros diseñados para soportar arcos eléctricos. Compartimentación de los armarios para evitar arcos eléctricos en cadena.
- Reformas de las instalaciones: si tras la puesta en servicio inicial de una instalación se han realizado modificaciones en la misma, debe asegurarse que las características frente a corrientes de cortocircuito de los elementos existentes sigue siendo adecuada al punto en el que están instalados.
- Uso de pantallas inactivas de protección (las gafas no proporcionan una protección suficiente) para evitar el impacto de materiales proyectados y limitar las radiaciones ultravioletas e infrarrojas recibidas. Al usar es-

te 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.

- Uso de permisos de trabajo para trabajos en tensión⁵.
- 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).



Dispositivo especial de protección frente a arcos eléctricos.

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 arco eléctrico en las tareas realizadas, proponiendo en función de éste los equipos de protección más adecuados.

⁵ Ver artículos 4.3 y 4.4 del 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.

Información adicional

- NFPA-70E. Edición 2012. Norma para la seguridad eléctrica en los lugares de trabajo (National Fire Protection Association).
- Norma IEEE1584. Guía para evaluar el riesgo de arco eléctrico (Institute of Electrical and Electronics Engineers, USA).
- NTP 904 del INSHT. Arco eléctrico: estimación de la energía calorífica incidente sobre un trabajador.
- NTP 957 del INSHT. Arco eléctrico: caso práctico de 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.

Normativa

- 1.- 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 de 2001).
- 2.- 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).
- 3.- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269, de 10 de noviembre).
- 4.- Guía del 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).
- 5.- 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).