

## Análisis del Riesgo por Arco Eléctrico (Arc Flash Hazard)

Juan Meza Hernández

Recientemente con el incremento de los daños, las pérdidas humanas y económicas que son causadas por el Arc Flash, se ha puesto especial interés en los eventos del arc flash en equipos que operan en diferentes niveles de voltaje. Donde la energía incidente del arqueo de una falla es directamente proporcional al tiempo de aislamiento del arco, reduciendo el tiempo de arqueo se tiene un beneficio muy bueno. Esto también resulta benéfico en la reducción del nivel del equipo de protección personal (PPE) y limitando ambos daños directo y colateral de los equipos.

### 1. El Arco Eléctrico

Un arco eléctrico o el arqueo de una falla es un flashover de corriente eléctrica a través del aire en los equipos eléctricos con un conductor vivo expuesto a otro o a tierra. El Arc Flash es peligroso debido a la exposición excesiva de calor y serios daños por quemaduras causadas por el arqueo de una falla en los sistemas eléctricos. El arco eléctrico produce intenso calor, explosiones sonoras y ondas de presión. Se tienen temperaturas extremadamente altas, intenso calor radiante, puede quemar la ropa y causar severas quemaduras que pueden ser fatales.

## 2. Naturaleza del Arco

El arco eléctrico produce algunas de las mayores temperaturas conocidas que ocurren en la tierra, alrededor de 35,000 grados Fahrenheit. Esto es cuatro veces la temperatura superficial del sol. El intenso calor del arco causa la expansión súbita del aire. Esto resulta en una explosión con muy alta presión del aire. Todos los materiales conocidos son evaporizados a esta temperatura. Cuando los materiales son evaporizados, estos se expanden en volumen (Cobre - 67,000 veces; Agua - 1670 veces). La explosión puede propagar el metal derretido en el aire a mayores distancias con gran fuerza.

En la siguiente figura se muestra el arco eléctrico en entre dos terminales y se describen cada consecuencia al ocurrir dicho arco.

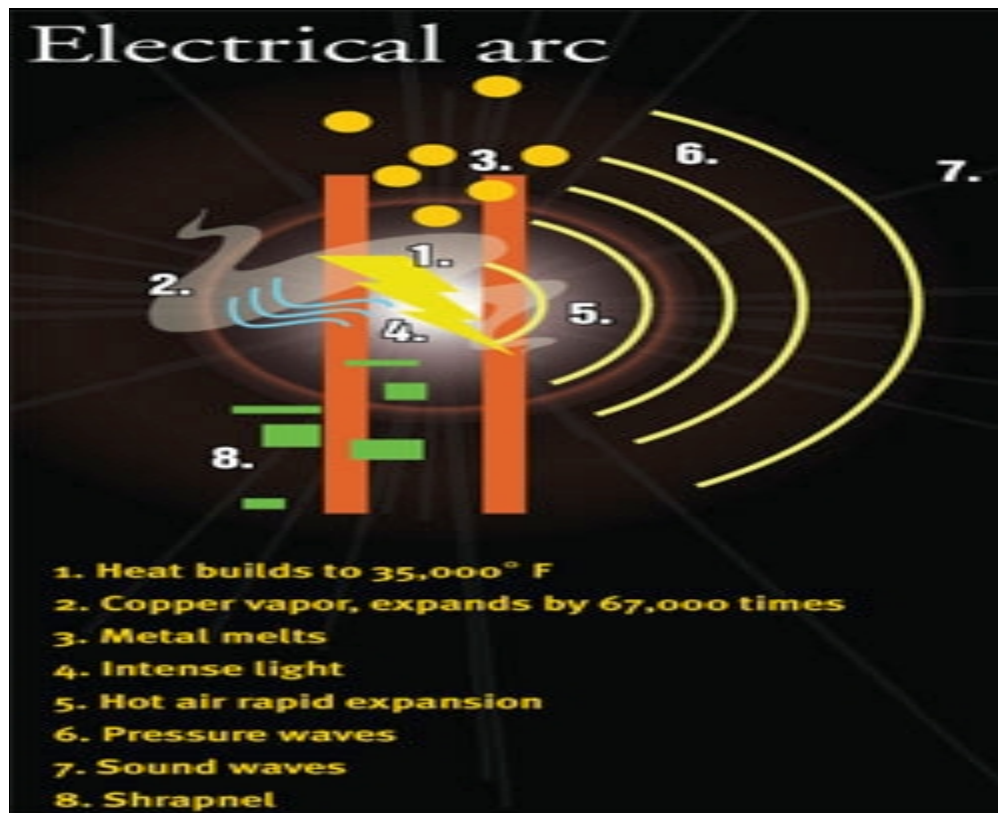


Figura No. 1. El arco Eléctrico<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Figura tomada de [6]

### 3. Causas del Arco Eléctrico

El arco puede ser iniciado por las siguientes causas:

- Impurezas y Polvo

Las impurezas y polvo en la superficie del aislamiento pueden proporcionar un camino para la corriente, permitiendo un flashover y creando la descarga del arco a través de la superficie. Esto puede desarrollar un mayor arqueo.

- Corrosión

La corrosión de los equipos puede proporcionar impurezas en la superficie del aislamiento. La corrosión también debilita el contacto entre las terminales de los conductores incrementando la resistencia de contacto a través de la oxidación u alguna otra contaminación corrosiva.

La condensación del vapor y el goteo del agua pueden crear un camino en la superficie de los materiales aislantes. Esto puede crear un flashover a tierra y la intensificación del potencial del arco de fase a fase.

- Contactos Accidentales:

El contacto accidental con la exposición de las partes vivas puede iniciar el arco de una falla.

- Caída de Herramienta

La caída accidental de la herramienta puede causar un cortocircuito momentáneo, produciendo chispas e iniciando el arco.

- Sobre-Voltajes a través de espacios estrechos:

Cuando el espacio de aire entre conductores de diferentes fases es muy estrecho (debido a la mala calidad o al daño de los conductores), el arco puede ocurrir durante los sobre-voltajes temporales.

- Falla de los materiales aislantes.

El arco eléctrico también es causado por lo siguiente:

- Utilización o diseño inapropiado del equipo.
- Procedimientos de trabajo inapropiados.

## 4. Estudio de Arc Flash

El análisis de un estudio de Arc Flash debe ser realizado en asociación con los estudios de cortocircuito y de coordinación de protecciones, ya que ambos estudios aportan la información necesaria para realizar el análisis de los riesgos del Arc Flash. Los resultados del análisis de los riesgos del Arc Flash son usados para identificar el límite de protección de flasheo y la energía incidente en las distancias de trabajo asignadas a través de cualquier punto o nivel en el sistema de generación eléctrica, transmisión, distribución.

Otra de las utilizaciones de los resultados obtenidos del análisis del Arc Flash, es especificar el adecuado equipo de protección personal (PPE por sus siglas en inglés), el cual debe ser del tipo y calidad para proteger todas las partes del cuerpo que estén expuestas al Arc Flash. Dicho (PPE) está conformado por ropa resistente a la flama, casco, protector para cara, lentes, guantes y zapatos de seguridad. En las figuras 4, 5 y 6 se muestran algunos equipos de protección personal.

El cálculo de los riesgos de Arc Flash es realizado mediante diversos métodos. El método elegido puede estar basado en la información disponible, volúmenes de cálculo de trabajo, la necesidad de precisión, la disponibilidad y la calidad del programa del Arc Flash. Cualquier método empleado, requiere que lo realice personal calificado, el cual debe darse cuenta de las limitaciones que el método contiene, con la finalidad de obtener los mejores resultados. Los métodos para el análisis son de acuerdo a lo establecido por las siguientes normas:

- NFPA 70E
- IEEE Standard 1584

Con el estudio de Arc Flash y el adecuado dimensionamiento del equipo de protección, se pueden evitar siniestros, tales como quemaduras fatales que propiciarían un periodo largo de recuperación del personal afectado y en su caso hasta la muerte; significando pérdidas humanas, económicas y de producción para la empresa, además de sustitución de equipo que integra el sistema eléctrico en cuestión. El uso de equipo de protección personal, tal vez no garantice la exposición a las altas temperaturas y los daños por las explosiones, pero si reduce las quemaduras a grados considerados curables.

En las figuras 2 y 3 se muestran ejemplos de eventos ocurridos del Arc Flash.

## 5. Riesgos del Arqueo de una Falla.

Algunos de los riesgos del arqueo de una falla son las siguientes:

- Calor

Quemaduras fatales pueden ocurrir cuando la víctima se encuentra a varios metros del arco. Serias quemaduras son comunes a una distancia de 3 metros.

- Objetos

La extensión del arco produce la caída de pequeños objetos metálicos a alta presión. La explosión puede penetrar el cuerpo.

- Presión

La onda de presión de la explosión puede lanzar a los trabajadores a través del cuarto, noqueándolos. La presión en el pecho puede ser mayor a 2000 lb<sup>2</sup>ft.

- Ropa

La ropa es quemada a varios metros. El área de la ropa, puede ser quemada más severamente que la piel expuesta.

- Perdida auditiva por explosión sonora.

El sonido puede tener una magnitud hasta de 140 dB a una distancia de 60.96 cm del arco.

## 6. Probabilidad de sobrevivir

La siguiente tabla muestra la probabilidad de sobrevivir de una persona de acuerdo a su edad y porcentaje de quemaduras en el cuerpo.

Porcentaje de sobrevivencia	Rango de Edad			
	20-29.9	30-39.9	40-49.9	50-59.9
15	. <sup>2</sup>	-	-	75% <sup>2</sup>
20	-	-	-	-
30	-	-	75% <sup>2</sup>	-
40	-	-	-	-
50	-	75% <sup>2</sup>	-	-
60	75% <sup>2</sup>	-	-	50% <sup>2</sup>
70	-	-	50% <sup>2</sup>	-
80	-	-	-	-
85	-	50% <sup>2</sup>	-	-
90	50% <sup>2</sup>	-	25% <sup>2</sup>	25% <sup>2</sup>
100	25% <sup>2</sup>	25% <sup>2</sup>	-	-

Tabla No. 1. Porcentajes de Sobre Vivencia en las Personas de Acuerdo a su Edad

Explicación: Una persona tiene posibilidad de sobrevivir al 100% si se encuentra en el rango de edad de 20-29.9 años y si sólo sufrió quemaduras del 25%. Una persona de edad avanzada, por ejemplo si tomamos el rango de 50-59.9 años, sólo tiene la probabilidad de sobrevivir del 60%, si en su caso sufrió quemaduras del 50%. Esto quiere decir, a mayor edad y con un porcentaje alto de quemaduras, menor será la probabilidad de sobrevivir.

## 7. Impactos del Arc Flash

Debido a las quemaduras producidas por el arco, la piel puede requerir años de tratamiento con medicamento y rehabilitación. La víctima podría no regresar a trabajar o no tener la misma calidad de vida. Algunos de los costos directos son:

- El tratamiento puede exceder de \$ 1, 000, 000 de dólares por caso.
- Litigación de honorarios
- Perdidas de producción

<sup>2</sup> Porcentaje de quemaduras en el cuerpo.



Figura No.2. Arc Flash en panel.<sup>3</sup>

Ejemplos de eventos de Arc Flash ocurridos en un panel directamente frente a un trabajador. Este sufrió quemaduras de tercer grado, quemándole el 28 % del cuerpo. Teniendo significantes pérdidas de la vista, del oído y del olfato.



Figura No.3.<sup>4</sup>

Ejemplo de cicatrices en una persona, causada por quemaduras debido a la ocurrencia del Arc Flash, en un circuito de bajo voltaje.

<sup>3</sup> Figuras tomadas de [5] y [2] respectivamente.

<sup>4</sup> Figuras tomadas de [2].



Figura No. 4 Ropa resistente a la Flama. (a) Chamarra; (b) Overall; (c) Traje completo.



Figura No. 5. Cascos



Figura No. 6. Guantes y Botas de Protección

## 8. Conclusiones

Con lo que respecta al trabajo realizado, podemos concluir que es indispensable realizar una evaluación del sistema eléctrico con los estudios de cortocircuito y coordinación de protecciones previamente, antes de abordar con el estudio de Arc Flash, ya que el estudio de cortocircuito proporciona la magnitud de corriente en condiciones de falla, así como en el estudio de coordinación de protecciones se determina el tiempo de operación de los equipos de protección y las condiciones de sobrecarga.

Es importante realizar el análisis de Arc Flash, ya que con esto se tiene una estimación correcta de la energía incidente y los límites de protección a los que se debe de trabajar, así como determinar la categoría y tipo de equipo de protección personal que se debe emplear de acuerdo al nivel de energía incidente y no sobre dimensionar el equipo de protección, ya que podría causar incomodidad propiciando accidentes que causarían la iniciación del arco.

Asimismo se evita en un 90% siniestros tales como quemaduras fatales que propiciarían un periodo largo de recuperación del personal afectado y en su caso hasta la muerte; significando pérdidas humanas, económicas y de producción para la empresa, además de sustitución de equipo que integra el sistema eléctrico en cuestión.

## 9. Referencias

- [1] **Practical Solution Guide to Arc Flash Hazard**, Published by ESA, Inc. 2003
- [2] **IEEE Std 1584**. IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations. 2002
- [3] **NFPA 70E**. Standard for Electrical Safety in the Workplace. 2004
- [4] **Salisbury**. [www.whsalisbury.com/arc\\_flash](http://www.whsalisbury.com/arc_flash).
- [5] **Maintenance Technology**. [www.mt-online.com](http://www.mt-online.com)
- [6] **Alliant Energy**. [www.alliantenergy.com](http://www.alliantenergy.com)