

LOS PROFESIONALES Y LAS FALLAS EN SU CAPACITACIÓN EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Por el Ing. Carlos A. Galizia

Consultor en Instalaciones Eléctricas de BT y MT

Consultor en Seguridad Eléctrica de BT y MT

Auditorías Eléctricas, Proyectos,

Asesoramientos y Dirección de Obra

Dictado de Cursos de Capacitación

En algunos artículos anteriores mencionaba sobre el atraso que tienen nuestras instalaciones y en esos trabajos indicaba, desde mi humilde opinión, que una de las causas es la falla en la educación técnica secundaria y la falla en la educación técnica universitaria. La formación de los ingenieros de la especialidad en nuestras Universidades arrastra muchas falencias, tanto por la falta de actualización de muchos docentes, como por la falta de actualización de los programas de estudio relacionados con las instalaciones eléctricas y con las normas de materiales eléctricos. Salvo honrosas excepciones, los docentes no conocen y por ende no enseñan la Reglamentación AEA 90364 Para la Ejecución de las Instalaciones Eléctricas en Inmuebles (**RAEA**) y tampoco entran en contacto con las normas IEC. Tanto la **RAEA** como las Normas IEC deberían ser documentos de cabecera de todo docente y profesional de la especialidad. Esta es una de las razones de porqué en nuestro país hay tantos muertos por causas eléctricas.

Si bien decir que en nuestro país hay muchos muertos por causas eléctricas parece una afirmación algo aventurada o temeraria ya que no disponemos de estadísticas confiables que lo reflejen, y porque además muchas muertes por electrocución quedan disimuladas o disfrazadas como muertes por paros cardiorespiratorios, puedo afirmar lo anterior por mi experiencia de más de 30 años en la realización de proyectos eléctricos y ejecución de instalaciones de **BT** y **MT**, actividad ampliada en los últimos quince años recorriendo todo el país auditando instalaciones de importantes empresas y capacitando profesionales de Higiene y Seguridad, de Mantenimiento, e Ingeniería de esas mismas empresas y de Consejos Profesionales (además de técnicos de la especialidad e instaladores electricistas). En esa actividad me ha llegado y me sigue llegando muchísima información en el sentido indicado, información que en el mejor de los casos es recogida por los medios gráficos, radiales y televisivos regionales pero no es tomada por los medios periodísticos nacionales, salvo excepciones.

Lo antedicho me permite afirmar que mueren muchas más personas por año por causas eléctricas que las que han muerto en la tragedia de Cromañon y en la de la estación Once del FC Sarmiento sumadas.

La pregunta que cabe hacerse entonces es ¿por qué ocurre esto?

Parte de la respuesta está dada en los párrafos iniciales: falta de preparación de los profesionales e instaladores, lo que lleva a que probablemente se proyecten y/o ejecuten instalaciones eléctricas en forma defectuosas y las que muchas veces son operadas o explotadas en forma incorrecta.

Si a esas falencias formativas que mencioné, los profesionales o instaladores le suman los errores que se observan en algunos libros de texto de instalaciones eléctricas, o de seguridad eléctrica o de riesgo eléctrico, que circulan por nuestro país, aquellos profesionales o instaladores que los lean se verán todavía más perjudicados ya que en varios capítulos de esos textos se cometen errores conceptuales garrafales.

Luego de esta introducción nos debemos preguntar ¿qué debemos tener en cuenta para considerar segura a una instalación eléctrica?

A una instalación eléctrica la podríamos considerar segura si su ejecución se apoya en cuatro pilares fundamentales:

- 1) Utilización de materiales normalizados (siempre) y certificados (en los casos que corresponda, cuando lo exige la Res. 92/98 de la ex. SICyM)
- 2) Empleo, para el proyecto y la ejecución, de la Reglamentación Para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA 90364.
- 3) Empleo de personal capacitado para la ejecución de las instalaciones eléctricas
- 4) Organismos de Control de las instalaciones eléctricas

Esto se podría reflejar en la siguiente figura N°1:

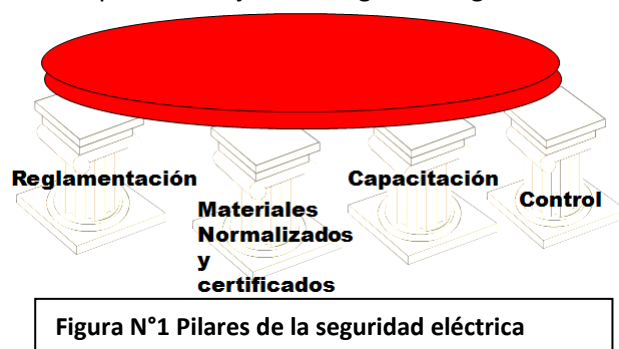


Figura N°1 Pilares de la seguridad eléctrica

De estos cuatro pilares, los dos más endeble, débiles o inexistentes son la **poca capacitación del personal** y la **escasa o nula participación de los organismos de control**.

Si estos cuatro pilares se conocieran y se aplicaran correctamente y si además se conocieran y se aplicaran otras dos normas de seguridad muy importantes (una de las cuales es un conjunto de cinco reglas), prácticamente deberían desaparecer los accidentes eléctricos.

Una de estas dos normas es la llamada "Regla Fundamental de Protección Contra los Choques Eléctricos" y la otra es la llamada "Las cinco Reglas de Oro".

¿Qué dice la Regla Fundamental de Protección Contra los Choques Eléctricos? Esta regla está tratada en la Reglamentación AEA en el Capítulo 41 artículo 410.3.49 y en la Sección 771, artículo 771.18 y tiene su origen en la Norma IEC 61140 y en la Norma AEA 91140, traducción de la anterior, y dice lo siguiente:

Las partes activas peligrosas

- *no deben ser accesibles*
- *ni se deben volver accesibles*

y las masas eléctricas

- *no serán activas peligrosas,*
- *ni se volverán activas peligrosas.....*
 - ✓ *ni en condiciones normales*
 - ✓ *ni en las condiciones de una primera falla de aislación (defecto simple)*

¿Qué son las **"5 Reglas de Oro"**? Son medidas de seguridad para trabajar "sin tensión" en forma segura en las instalaciones.

El profundo desconocimiento de estas cinco reglas forma parte de las mayores falencias en la capacitación que todavía existen en nuestro medio, y es una de las mayores fallas que se manifiesta en los instaladores y en el personal de mantenimiento eléctrico, incluyendo al personal de Higiene y Seguridad que debe exigir siempre su aplicación.

Las **"5 Reglas de Oro"**, dicen lo siguiente:

1ª regla: *Abrir con corte visible o con «corte efectivo», todas las posibles fuentes de tensión, mediante seccionadores, interruptores-seccionadores, interruptores enchufables, interruptores automáticos u otros medios.*

2ª regla: *Enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos que han realizado el corte visible o efectivo, y señalización en el comando de los mismos.*

3ª regla: *Comprobación de la ausencia de tensión.*

4ª regla: *Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión.*

5ª regla: *Colocar las señalizaciones de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.*

Este tema está incluido en los Decretos Reglamentarios de la Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo N° 19587. Por ejemplo, en el DR 351/79 se incorporan estos conceptos en el Anexo VI donde en el artículo 2.1.3. Ejecución de trabajos sin tensión, se indica:

a. En los puntos de alimentación de la instalación, el responsable del trabajo deberá:

a.1) Seccionar la parte de la instalación donde se va a trabajar, separándola de cualquier posible alimentación, mediante la apertura de los aparatos de seccionamiento más próximos a la zona de trabajo.

a.2) Bloquear en posición de apertura los aparatos de seccionamiento indicados en a.1. Colocar en el mando de dichos aparatos un rótulo de advertencia, bien visible, con la inscripción "PROHIBIDO MANIOBRAR" y el nombre del responsable del trabajo que ordenara su colocación, para el caso que no sea posible inmovilizar físicamente los aparatos de seccionamiento.

a.3) Verificar la ausencia de tensión en cada una de las partes de la instalación que ha quedado seccionada.

a.4. Descargar la instalación.

b. En el lugar de trabajo, el responsable del trabajo deberá a su vez repetir los puntos a.1., a.2., a.3. y a.4. como se ha indicado, verificando tensión en el neutro y el conductor de alumbrado público en el caso de líneas aéreas. Pondrá en cortocircuito y a tierra todas las partes de la instalación que puedan accidentalmente ser energizadas y delimitará la zona de trabajo, si fuera necesario.

c. La reposición del servicio después de finalizar los trabajos se hará cuando el responsable del trabajo compruebe personalmente:

c.1) Que todas las puestas a tierra y en cortocircuito por él colocadas han sido retiradas.

c.2) Que se han retirado herramientas, materiales sobrantes y elementos de señalización y se hizo el bloqueo de los aparatos de seccionamiento en posición de cierre.

c.3) Que el personal se ha alejado de la zona de peligro y que haya sido instruido en el sentido que la zona ya no está más protegida.

Una vez efectuados los trabajos y comprobaciones indicadas, el responsable del trabajo procederá a desbloquear y cerrar los aparatos de seccionamiento que había hecho abrir, retirando los carteles señalizadores.

En otros artículos previos del DR 351/79 se definen algunos conceptos vinculados con este tema:

1.1.3. Bloqueo de un aparato de corte o de seccionamiento.

*Es el conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato y mantenerlo en una posición determinada de apertura o de cierre, evitando su accionamiento intempestivo. Dichas operaciones concluyen la señalización correspondiente, para evitar que el aparato pueda ser operado por otra persona, localmente o a distancia. El bloqueo de un aparato de corte o de seccionamiento en posición de apertura no autoriza por sí mismo a trabajar sobre él. Para hacerlo deberá **consignarse** la instalación, como se detalla en el punto 1.1.4.*

1.1.4. Consignación de una instalación, línea o aparato.

Se denominará así al conjunto de operaciones destinadas a:

- Separar mediante **corte visible** la instalación, línea o aparato de toda fuente de tensión.
- Bloquear en posición de apertura los aparatos de corte o seccionamiento necesarios.
- Verificar la ausencia de tensión con los elementos adecuados.
- Efectuar las puestas a tierra y en cortocircuito necesarias, en todos los puntos por donde pudiera llegar tensión a la instalación como consecuencia de una maniobra o falla del sistema.
- Colocar la señalización necesaria y delimitar la zona de trabajo.

En estas últimas directivas del DR hay una que hoy es de **difícil o imposible cumplimiento** en el ámbito doméstico e industrial: es la mencionada en 1.1.4 a) donde dice "Separar mediante **corte visible** la instalación, línea o aparato de toda fuente de tensión."

Hoy, el **corte visible** no existe en los dispositivos de maniobra y protección empleados en las instalaciones domésticas y solo existe en una pequeña minoría de los aparatos de maniobra y de maniobra y protección de **BT empleados en instalaciones operadas por personal capacitado (personas BA4 y/o BA5)**. Por esa razón las normas de seguridad internacionales definieron el concepto de "**corte efectivo**" en varias normas de aparatos de maniobra y de maniobra y protección a partir de definir la **función de seccionamiento** en las normas IEC.

Los aparatos de maniobra (**interruptores-seccionadores**), y de maniobra y protección (**pequeños interruptores automáticos PIA, interruptores automáticos IA, interruptores diferenciales ID, interruptores seccionadores con fusibles**), que cumplen con los ensayos de un **seccionador**, es decir con la **función de seccionamiento** deben estar marcados con una línea recta horizontal (o vertical según sea la orientación del dibujo), además de los otros símbolos que identifican al aparato. Esa marcación define que el dispositivo cumple con el **corte efectivo (ver figuras 2 a 6 siguientes)**.

Un dispositivo de maniobra o de maniobra y protección que se proyecte para ser instalado en la cabecera de un tablero **debe cumplir** con la **función de seccionamiento** (condición de **corte efectivo**) para asegurar entre otras cosas que una vez abierto no existirá tensión aguas abajo (ni tensión normal ni proveniente de una sobretensión normalizada o tensión de impulso) y que los contactos móviles son solidarios con la manija o maneta de accionamiento de forma de asegurar que con la maneta en posición de abierta, los contactos móviles están abiertos.

Figura N° 2 - Símbolo del Interruptor Diferencial con corte efectivo (aptitud al seccionamiento)

Figura N° 3 - Símbolo del Interruptor Diferencial SIN corte efectivo (SIN aptitud al seccionamiento)

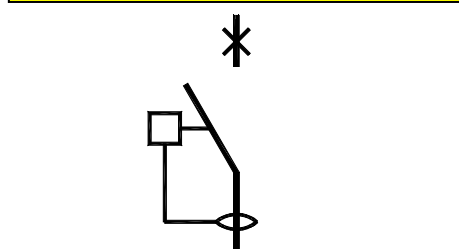
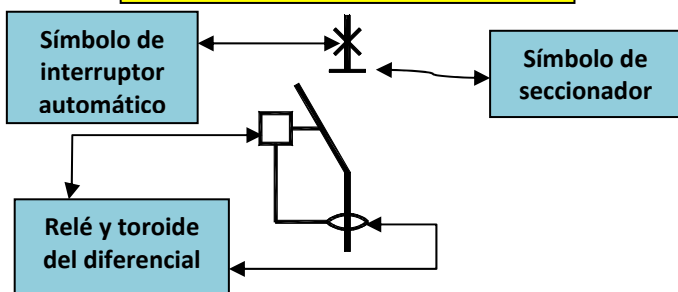
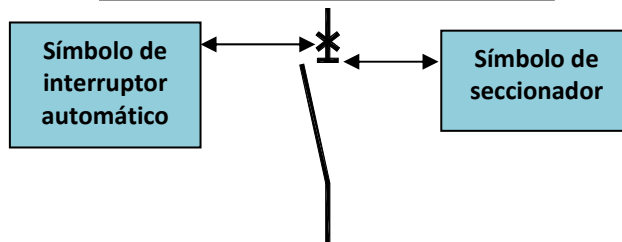
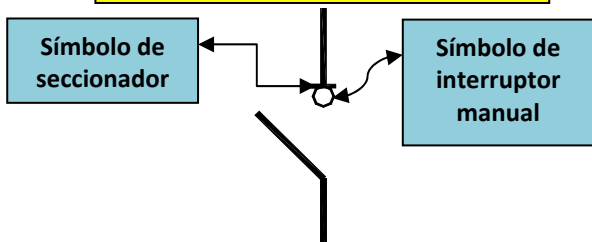


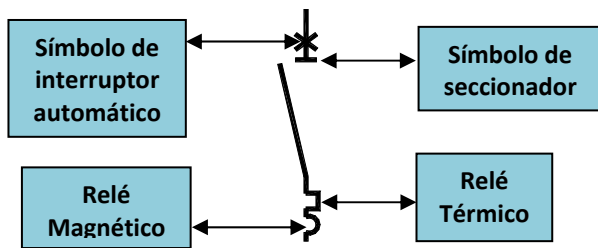
Figura N° 4 - Símbolo del Interruptor Seccionador con corte efectivo (aptitud al seccionamiento)

Figura N° 5 - Símbolo del Interruptor automático genérico con corte efectivo (aptitud al seccionamiento)



Tampoco deberá manifestar la circulación de corrientes de fuga más allá de los valores permitidos por las Normas. Para ello las normas IEC (entre otras la 60947-1, 60947-2, 60947-3, 60898-1, 61008-1) definen los ensayos específicos **que se deben realizar para garantizar la función de seccionamiento (corte efectivo)**. Si el dispositivo **no cumple con esos ensayos no cumple con la función de seccionamiento** y en esas condiciones **no se lo puede emplear en la cabecera de un tablero** ya que luego de abierto no garantiza ausencia de tensión y por ello tampoco garantiza ausencia de riesgo eléctrico aguas abajo, aún abierto.

Figura N° 6 - Símbolo del Interruptor Automático termomagnético con corte efectivo (aptitud al seccionamiento)



En nuestro mercado circulan libros de texto sobre Seguridad Eléctrica y Riesgo Eléctrico destinados entre otros a especialistas eléctricos y de Higiene y Seguridad. En ellos se mencionan en general las Cinco Reglas de Oro, pero no se aclaran los aspectos normativos que hemos indicado en párrafos anteriores, dando lugar a que se empleen en las instalaciones, en forma indebida y peligrosa, dispositivos no previstos para el corte efectivo. En alguno de esos mismos libros aparecen otros muy serios errores, como por ejemplo CONFUNDIR al interruptor diferencial con un interruptor de CORRIENTE DE FUGAS: el interruptor diferencial “ve o detecta” CORRIENTES RESIDUALES O DIFERENCIALES que pueden ser corrientes

provocadas por FALLAS DE AISLACIÓN O CORRIENTES PROVOCADAS POR FUGAS y no sólo corrientes de fuga, que es un concepto diferente a la corriente de falla de aislación.

Otro de los conceptos mal planteados es llamar corriente de cortocircuito a la corriente de falla en el ECT TT y mencionar que esas corrientes de falla pueden ser detectadas por interruptores termomagnéticos o por fusibles no siendo eso posible en el 99% de las instalaciones que operan con TT, por lo que el Reglamento AEA obliga a emplear en esos casos dispositivos diferenciales.

Otra cuestión que sorprende muy negativamente es la prácticamente nula mención al riesgo de destrucción de los interruptores diferenciales por su baja capacidad de ruptura y el riesgo de incendio que eso supone, riesgo que se suma a la pérdida de la función de protección que se produce al concluir el ID en ese evento, su vida útil. Un ID tiene un poder de corte de $500 A$ o $10xI_n$, lo que sea mayor. Una corriente de cortocircuito, sea en ECT TT o en ECT TN-S, que supere aquellos valores y que circule por el ID no protegido o mal protegido, lo daña o destruye, con el consabido riesgo de incendio (el ID no puede abrir corrientes de cortocircuito I_{cc} porque no está preparado para esa función pero es necesario y deseable que esté en condiciones de soportar ciertos valores de I_{cc} sin dañarse). Las corrientes de cortocircuito pueden ser de valores elevados tanto en el ECT TT como en el TN-S. En cambio los valores de las corrientes diferenciales provocadas por fallas de aislación (no por corrientes de fuga) SÍ DEPENDEN del ECT. Una corriente diferencial provocada por una falla de aislación, que supere aquellos valores, y que el ID intentará abrir, daña o destruye al diferencial y genera un elevadísimo riesgo de incendio. La destrucción por corrientes de falla de aislación se presenta prácticamente sólo en el ECT TN-S ya que en esas instalaciones la corriente de falla es equivalente en su magnitud, a una corriente de cortocircuito (cientos o miles de Amperes). Por ello es fundamental proteger a los ID de esas situaciones: elevadas corrientes de cortocircuito y elevadas corrientes diferenciales por fallas de aislación.

En el ámbito doméstico eso se logra por medio de PIA indicados por el fabricante. En el ámbito industrial ese mismo cometido se logra con los PIA, con IA y además con fusibles cuyas corrientes nominales también debe indicar el fabricante del ID en el mismo ID o en su catálogo o en la hoja técnica que debe acompañar al ID.

Otros temas con los que no termino de sorprenderme en alguno de estos textos es cuando hablan por un lado del tiempo y la corriente alterna que puede soportar el cuerpo humano y por otro lado de los efectos de la corriente continua en el ser humano.

En esos textos se indica con total ligereza que el cuerpo humano puede soportar 30 mA durante 30 ms y ESO ES TOTALMENTE ERRÓNEO agregando también ERRÓNEAMENTE que “..ese valor es utilizado para la determinación de los sistemas de protección en las instalaciones eléctricas”.

Y a continuación se agrega algo tan ERRÓNEO como lo anterior cuando se dice “que esa es la razón por la cual los fabricantes producen interruptores diferenciales que actúan en tiempos de 30 ms o menos cuando están recorridos por corrientes de 30 mA” Y esto es ABSOLUTAMENTE FALSO como también es ABSOLUTAMENTE FALSO lo que se ha transcripto en el párrafo anterior.

¿Y por qué puedo afirmar esto con este nivel de contundencia? Porque me respaldan, en un caso, la Norma IEC 61008-1 que trata de los ensayos que deben cumplir los ID y en otro caso, el documento IEC TS 60479-1 que indica cuáles son los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo de los seres humanos y de los animales domésticos.

La Norma IEC 61008-1 sobre interruptores diferenciales aclara y ratifica en forma clara y taxativa en su artículo 5.3.12 y en su Tabla 1 que se muestra en este trabajo, los tiempos máximos de disparo PERMITIDOS para los interruptores diferenciales INSTANTÁNEOS (cualquiera sea su valor de corriente diferencial $I_{\Delta n}$, desde 6 mA hasta 500 mA y cualquiera sea su corriente asignada o nominal I_n desde 10 A hasta 125 A). La Norma define cuales son los tiempos máximos permitidos en la apertura para tres valores de corriente diferencial de ensayo establecidos: $I_{\Delta n}$, $2xI_{\Delta n}$, $5xI_{\Delta n}$ (estos valores, entre otros, deben ser verificados en los ID cuando se auditan tableros e instalaciones).

Tabla 1 de IEC 61008-1

Corriente diferencial de ensayo en (mA) en $I_{\Delta n}$ instantáneos cualesquiera sean sus $I_{\Delta n}$ (6 mA hasta 500 mA) y sus I_n (10 A hasta 125 A)	$I_{\Delta n}$	$2xI_{\Delta n}$	$5xI_{\Delta n}$	5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 A
Tiempo máximo de operación o funcionamiento	300 ms	150 ms	40 ms	40 ms

Como se ve claramente un ID de $I_{\Delta n}$ 30 mA **puede disparar hasta en 300 ms y no está obligado a disparar en 30 ms** como se lee en algunos textos y con esos 300 ms de tiempo máximo de disparo la persona está totalmente protegida frente a un contacto directo ya que ese punto (30 mA/300 ms) queda dentro de la zona AC3 de **IEC 60479-1** como se observa en la figura N°7 (sin riesgo de fibrilación ventricular, riesgo que se manifiesta dentro de la zona AC4).

También se dice en alguno de estos textos que “...los efectos de la corriente continua a través del cuerpo humano no son muy distintos a los de la corriente alterna” y esto es **OTRO ERROR MONUMENTAL**. La corriente continua puede ser hasta cerca de cuatro veces menos dañina que la corriente alterna debido a la protección capacitiva que proporciona la piel (dermis más epidermis) mientras la piel permanezca intacta y no haya sido perforada por la descarga eléctrica. Por esta razón las Normas IEC diferencian los valores de tensión alterna y tensión continua soportados por el ser humano. Indican que una persona puede soportar (como **tensión convencional límite de contacto**) un contacto indirecto de **50VCA** o de **120 VCC** en un ambiente seco o con humedad normal, y que una persona puede soportar **25 VCA** o **60 VCC** en un ambiente mojado (y no se define en ningún lugar una tensión convencional límite de contacto de **12 VCA** o **30 VCC**).

Cuando en cambio, hablamos de **tensión de seguridad** (o sea una tensión de alimentación segura) que no es lo mismo conceptualmente que la tensión convencional límite de contacto (aunque sus valores en ciertos rangos concuerden), el Reglamento AEA y las normas IEC dicen por ejemplo que en una piscina se pueden emplear como tensiones seguras de alimentación hasta **12 VCA** o hasta **30 VCC**, obtenidas esas tensiones a partir de fuentes de seguridad.

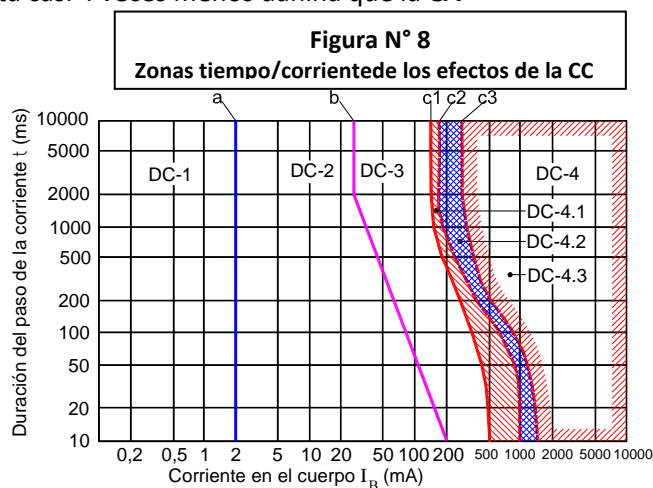
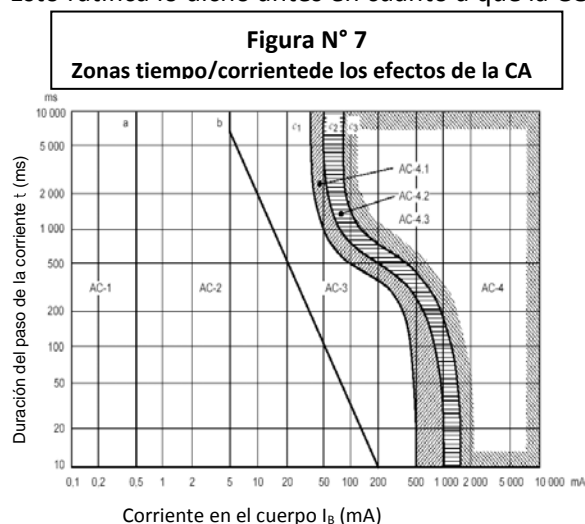
Por otra parte en el mismo documento **TS IEC 60479-1** se define un factor de equivalencia entre la corriente continua y la corriente alterna y se indica que es la **RELACIÓN** entre la **CC** y el **VALOR EFICAZ EQUIVALENTE DE LA CA** que presenta la **MISMA PROBABILIDAD DE PROVOCAR FIBRILACIÓN VENTRICULAR**. Para ello esa IEC define el siguiente ejemplo

Ejemplo: para duraciones de choque superiores a la duración de un ciclo cardíaco (800 ms) y una probabilidad de fibrilación ventricular del 50 %, el factor k de equivalencia es para 10 s aprox. igual a

$$k = \frac{I_{CC \text{ FIBR. VENTRIC.}}}{I_{CA \text{ v.ef. FIBR. VENTRIC.}}} = \frac{300 \text{ mA}}{80 \text{ mA}} = 3,75$$

Estos valores de 300 mA en 10 s para la **CC** y 80 mA en 10 s para la **CA** surgen de los gráficos siguientes de **IEC 60479-1** (intersección de las curvas C3, que definen el 50% de probabilidad de fibrilación ventricular, en el tiempo de 10000 ms).

Esto ratifica lo dicho antes en cuanto a que la **CC** es hasta casi 4 veces menos dañina que la **CA**



La pregunta del final es

¿Por qué se cometen estos errores? **PORQUE NO SE LEEN NI ESTUDIAN NI LAS NORMAS NI LOS REGLAMENTOS.**

¿Y quiénes se perjudican con estas equivocaciones? Los profesionales y los instaladores que, confiando en esos textos, ejecutan instalaciones defectuosas e inseguras dejando desprotegidos a los usuarios y a sus bienes.

Esos libros de texto, escritos muchas veces por docentes universitarios con buenas intenciones pero con preparación insuficiente, seguramente han sido escritos con el sano objetivo de ayudar a mejorar la interpretación del **RAEA**, pero no solo no lo logran sino que empeoran la capacitación y el conocimiento de aquel que invirtió, con esfuerzo, en la compra de esos libros.