

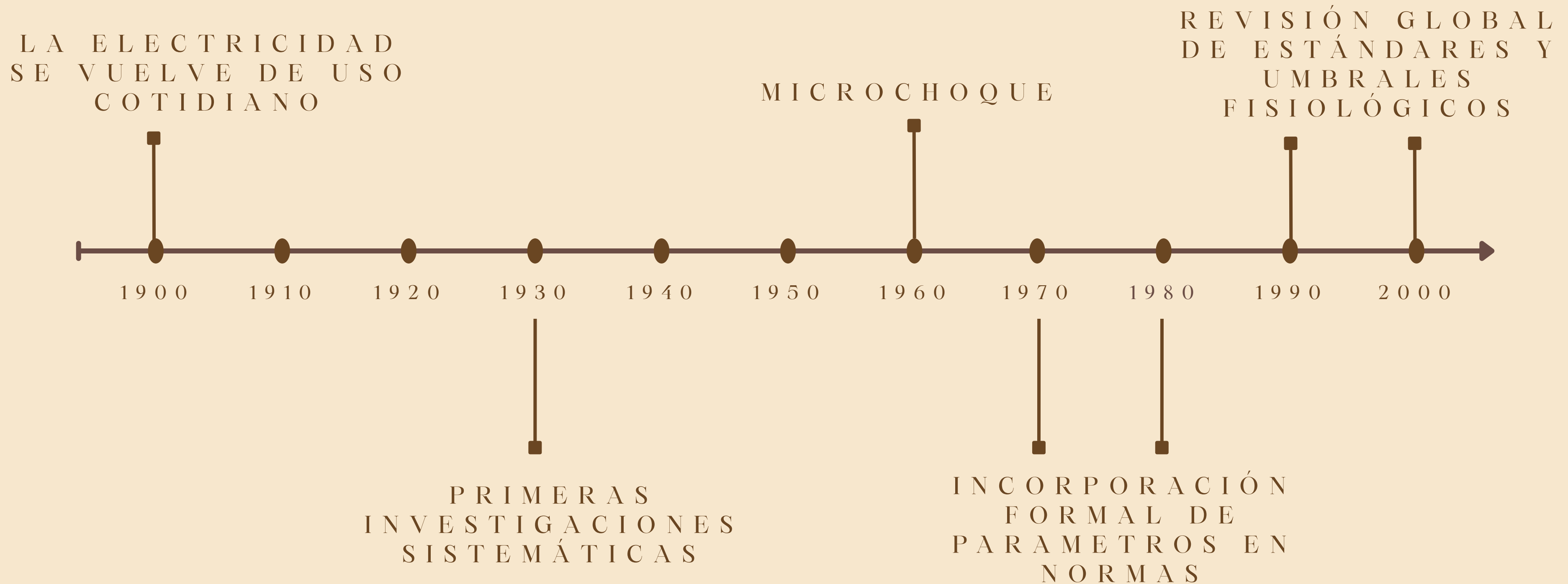
EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE RIESGOS ELÉCTRICOS EN INSTITUCIONES DE SALUD

Un viaje cronológico desde la llegada de la electricidad hasta los desafíos modernos en entornos de salud.

LEONES, AILÉN
RIOS, TOMÁS



¿CÓMO EVOLUCIONARON HISTÓRICAMENTE LOS RIESGOS ELÉCTRICOS EN INSTITUCIONES DE SALUD?



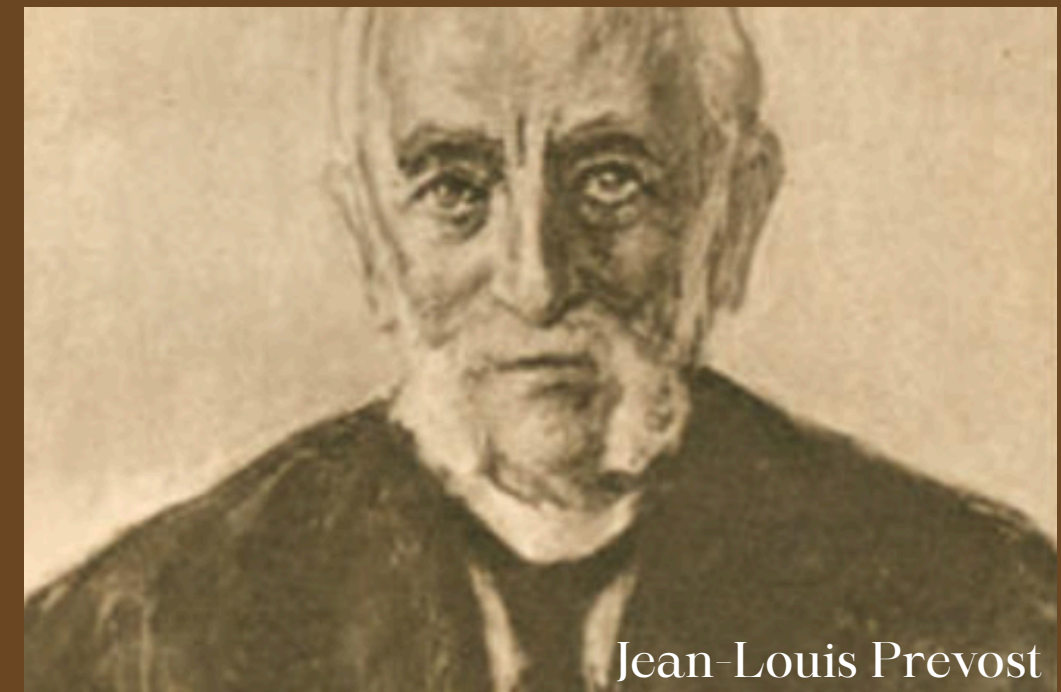
FINES DEL SIGLO XIX

LOS ORÍGENES DEL RIESGO ELÉCTRICO Y EL DESCUBRIMIENTO DE LA FIBRILACIÓN VENTRICULAR

- Comercialización de la Electricidad
- Código Eléctrico Nacional (1897)
 - Aislamiento de conductores
 - Fusibles contra sobrecorrientes
- Cuestionamiento de la Asfixia (H. L. Jones, 1895; Oliver y Bolam, 1898)
- Descubrimiento de la Fibrilación Ventricular y de su Reversión (Prevost, Batelli 1899)



Hospital Guy's, Southwark, Londres, c. 1880



Jean-Louis Prevost



Federico Battelli

1900 - 1960

CONSOLIDACIÓN DEL MACROCHOQUE Y PRIMEROS PASOS EN RESUCITACIÓN

- Tres mecanismos letales (Jex-Blake 1913):
 - Contracción tetánica prolongada de los músculos respiratorios que conduce a la asfixia
 - Muerte por fallo respiratorio
 - Insuficiencia cardíaca primaria por FV
- Estudios de Umbrales Letales (Kouwenhoven y colaboradores 1933, 1959)

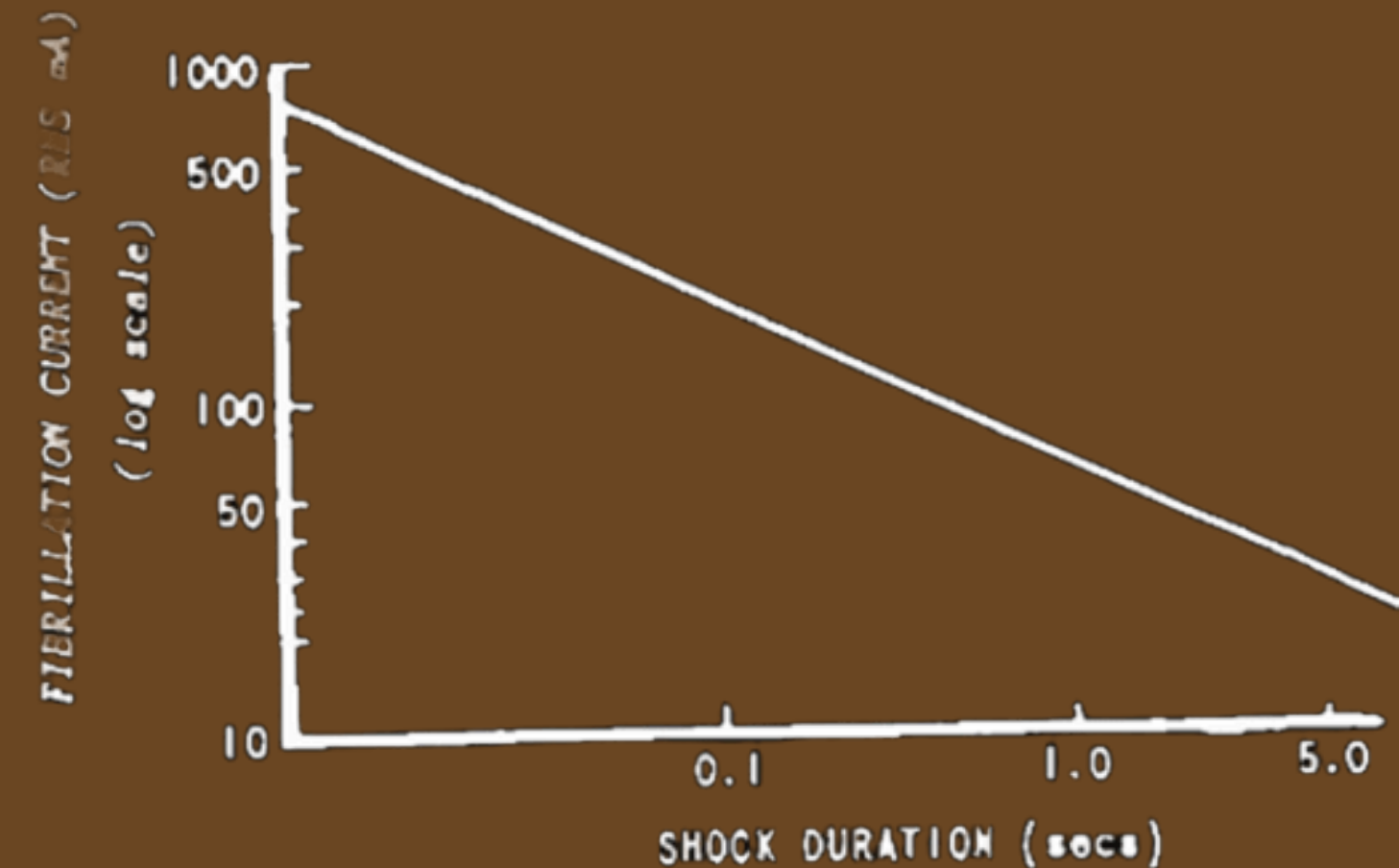


FIG. 1

Relationship of shock duration to threshold fibrillating current. (After Dalziel, based on Kouwenhoven et al. (1959).)

- Umbrales Fisiológicos No Letales (Dalziel, Lagen y Thurston 1941-1943)
 - Percepción: 1.1mA hombres y 0.7mA mujeres
 - No soltar: 16mA hombres y 10mA mujeres

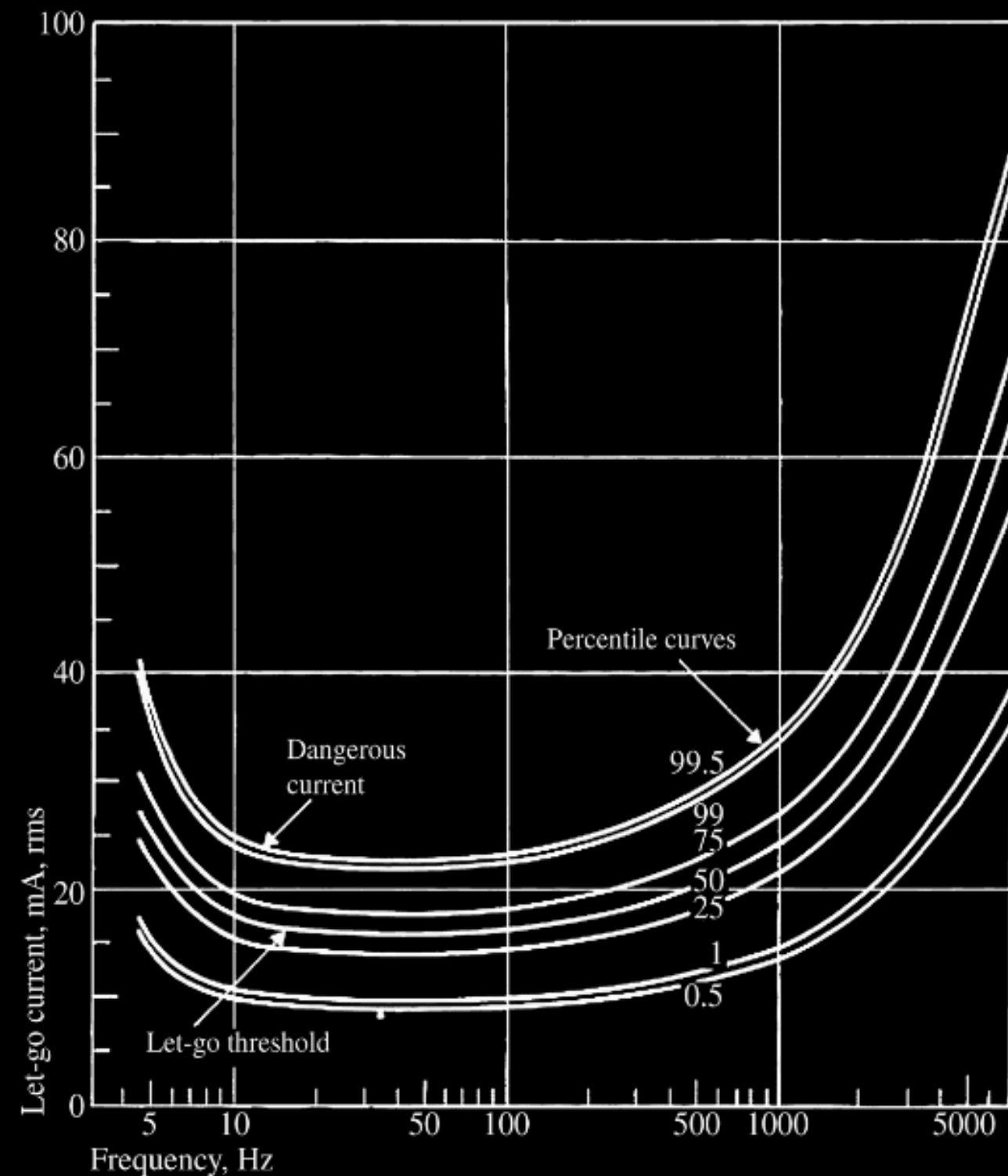


Figure 14.3 Let-go current versus frequency Percentile values indicate variability of let-go current among individuals. Let-go currents for women are about two-thirds the values for men. (Reproduced, with permission, from Dalziel, "Electric Shock," *Advances in Biomedical Engineering*, edited by L. U. Brown and J. F. Dickson III, 1973, 3, 223-248.)

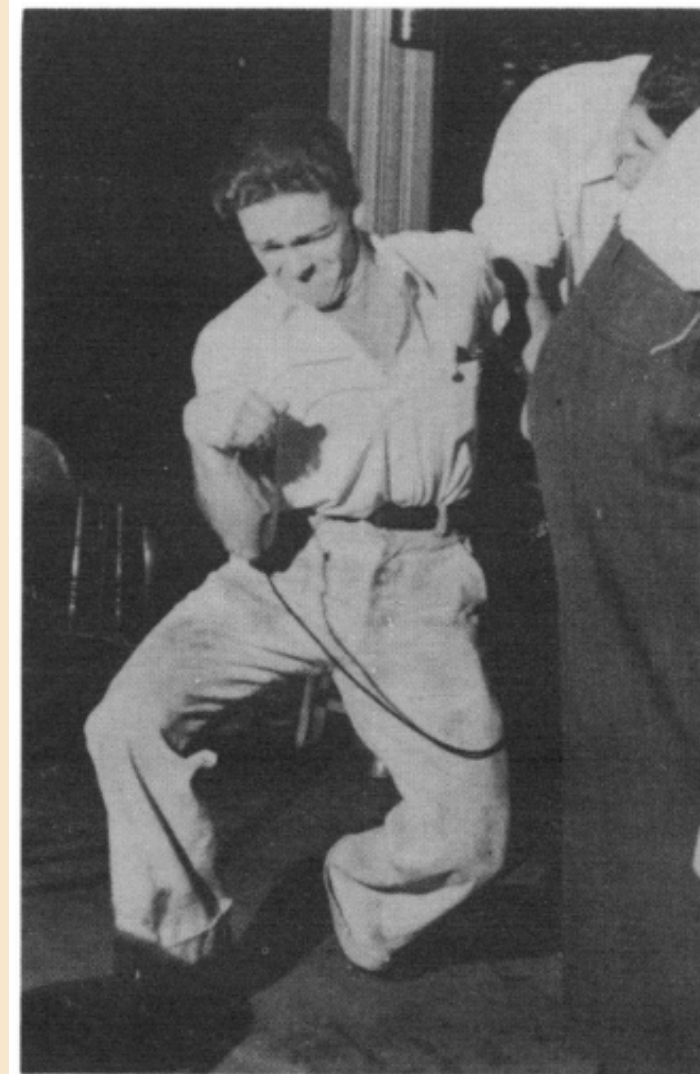


Fig. 10a - Determination of let-go current.

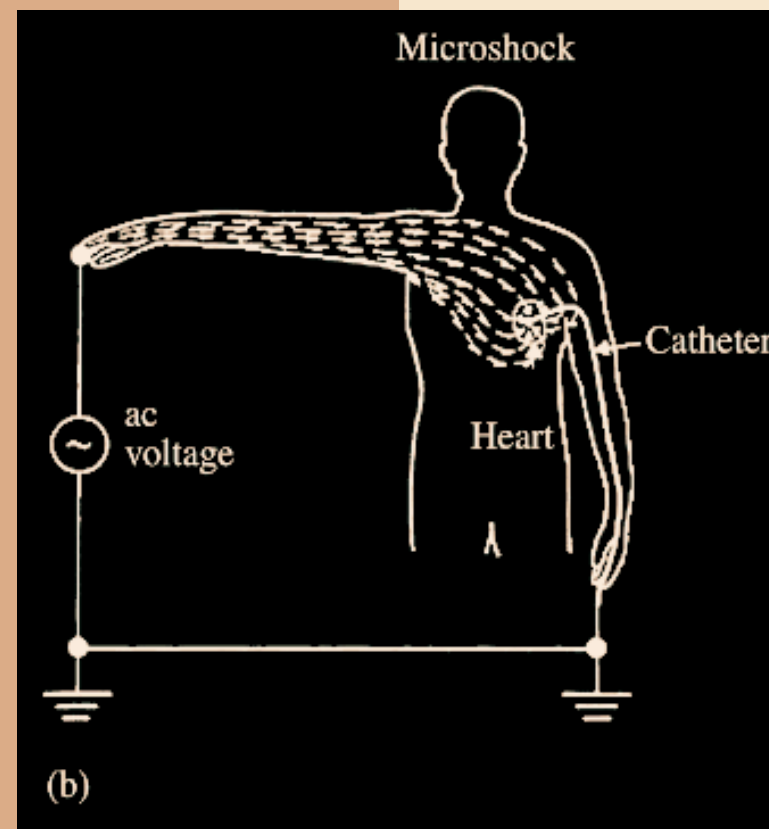
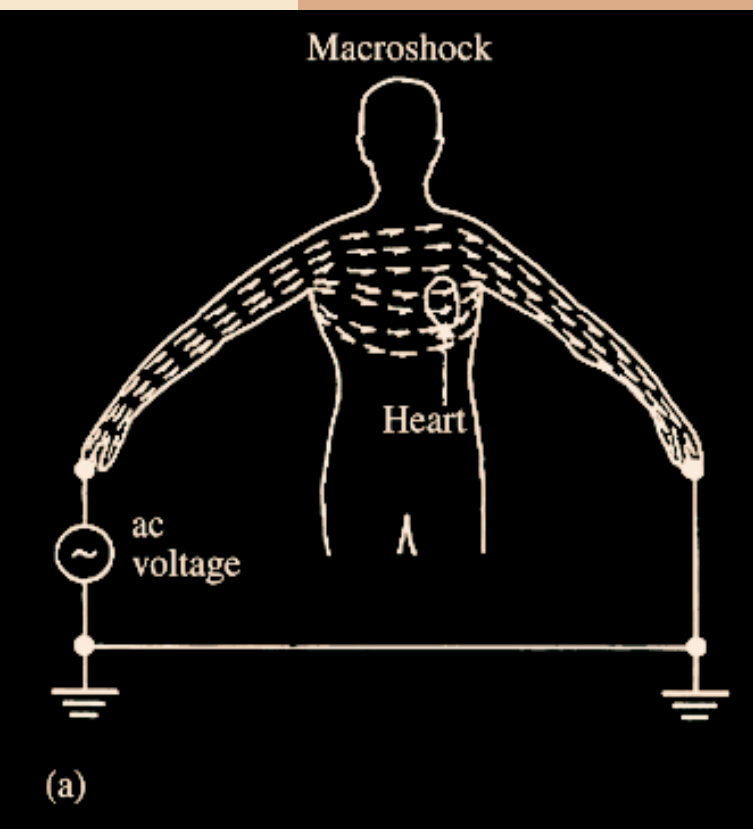


Fig. 3 - Determination of perception current on the hands.

REPORTES DE INCIDENTES POR MICROCHOQUE

1960 – 1970

El Nacimiento del Microchoque



Investigadores (Año)	Contexto del Incidente	Corriente Estimada o Calculada
Bousvaros, Don & Hopps (1962)	Angiocardigrafía	415 μ A -270 μ A
Furman y colegas (1961)	Muerte de tres pacientes por FV mientras se medía el gasto cardíaco durante la estimulación cardíaca	Fugas mínimas de 60Hz
Rowe & Zarnstorff (1965)	Siete casos de FV durante angiocardigrafía	2msec -130 μ A
Weinberg y colegas (1962)	Estudios en perros con un electrodo en el ventrículo izquierdo.	40 μ A
Burchell & Sturm (1967)	Estudios de FV con un electrodo en el ventrículo izquierdo	12 μ A

RED IT

INCENDIOS Y EXPLOSIONES

- Evitar chispas y arcos en quirófanos con anestésicos inflamables (ej: éter).
- El NEC requiere sistemas aislados en áreas donde se usen o almacenen sustancias inflamables.

MICROCHOQUE

- Limita la corriente de falla

¿CÓMO FUNCIONA?

- Mecanismo de Aislamiento
- Margen de Seguridad
- Monitor de Aislamiento

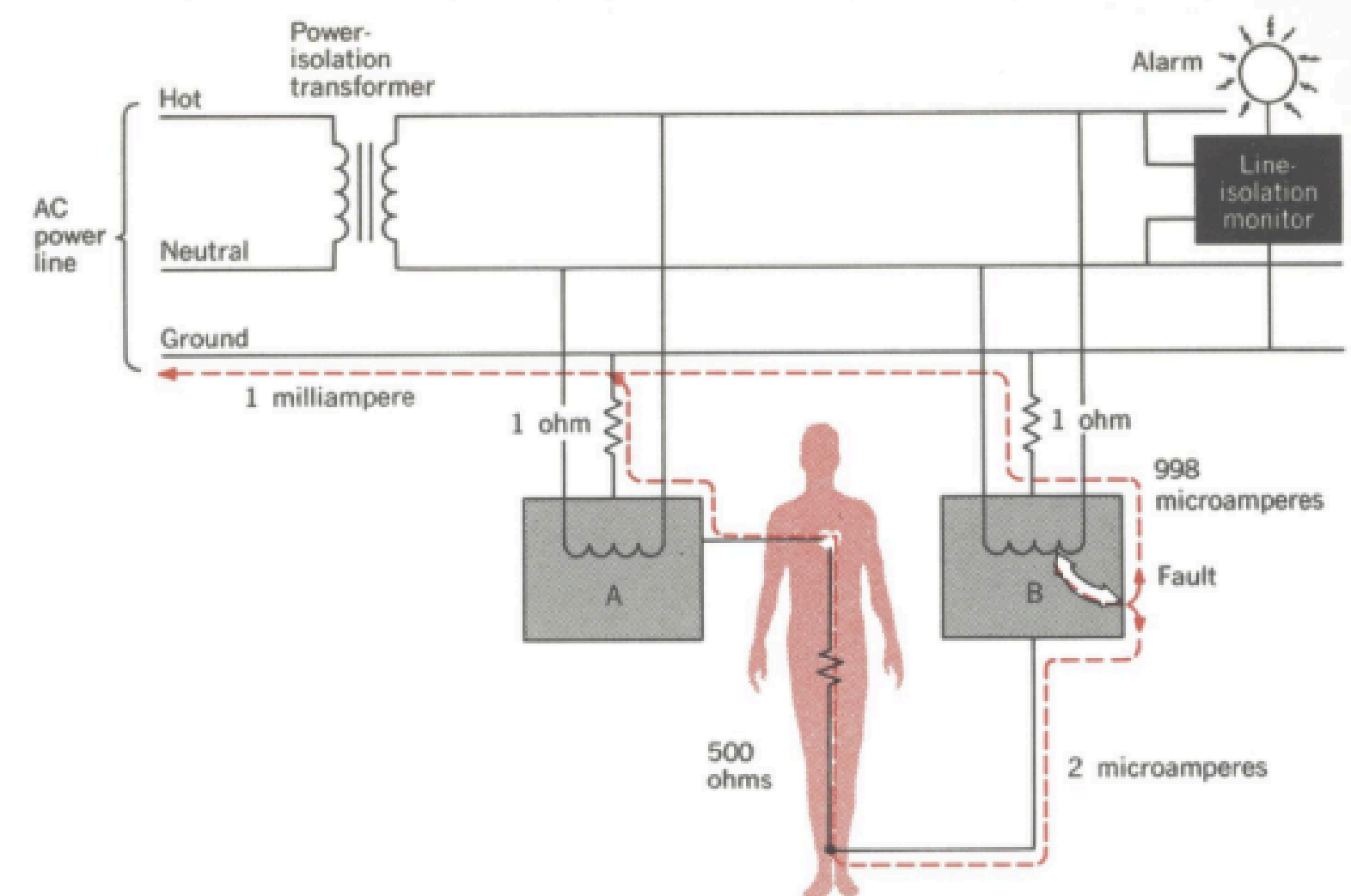


FIGURE 8. Situation in which a single insulation failure occurs in one device when a patient is electrically connected between two devices. Note the system is equipped, as in Fig. 6, with a power-isolation transformer and line-isolation monitor.

TIERRA EQUIPOTENCIAL

PUESTA A TIERRA

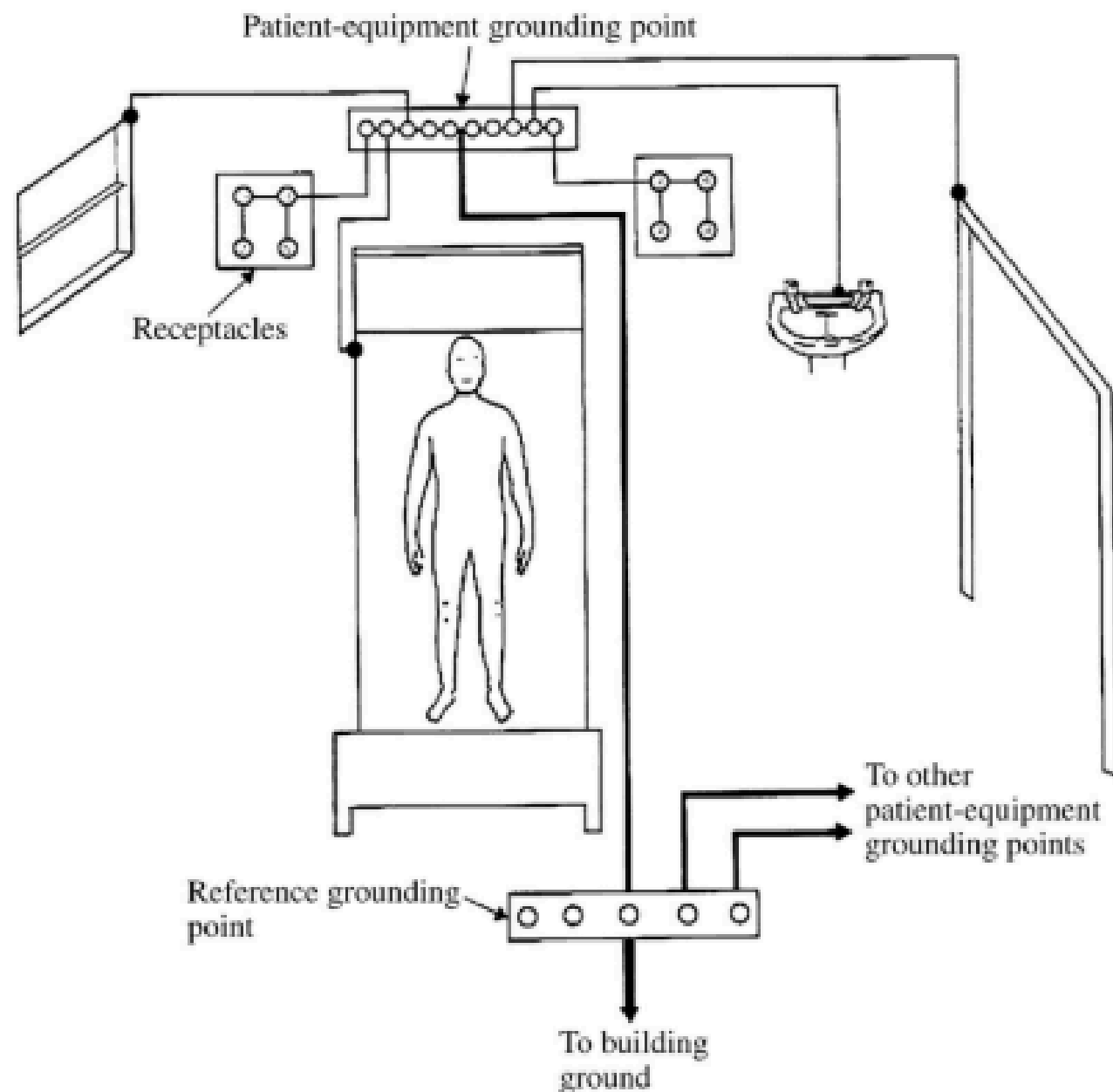


Figure 14.14 Grounding system All the receptacle grounds and conductive surfaces in the vicinity of the patient are connected to the patient-equipment grounding point. Each patient-equipment grounding point is connected to the reference grounding point that makes a single connection to the building ground.

PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN

- Conecta todas las carcasas metálicas a una barra común.
- Evita tensiones de contacto y descargas.
- El entorno del paciente está al mismo potencial eléctrico.
- Previene microcorrientes entre dos superficies metálicas.

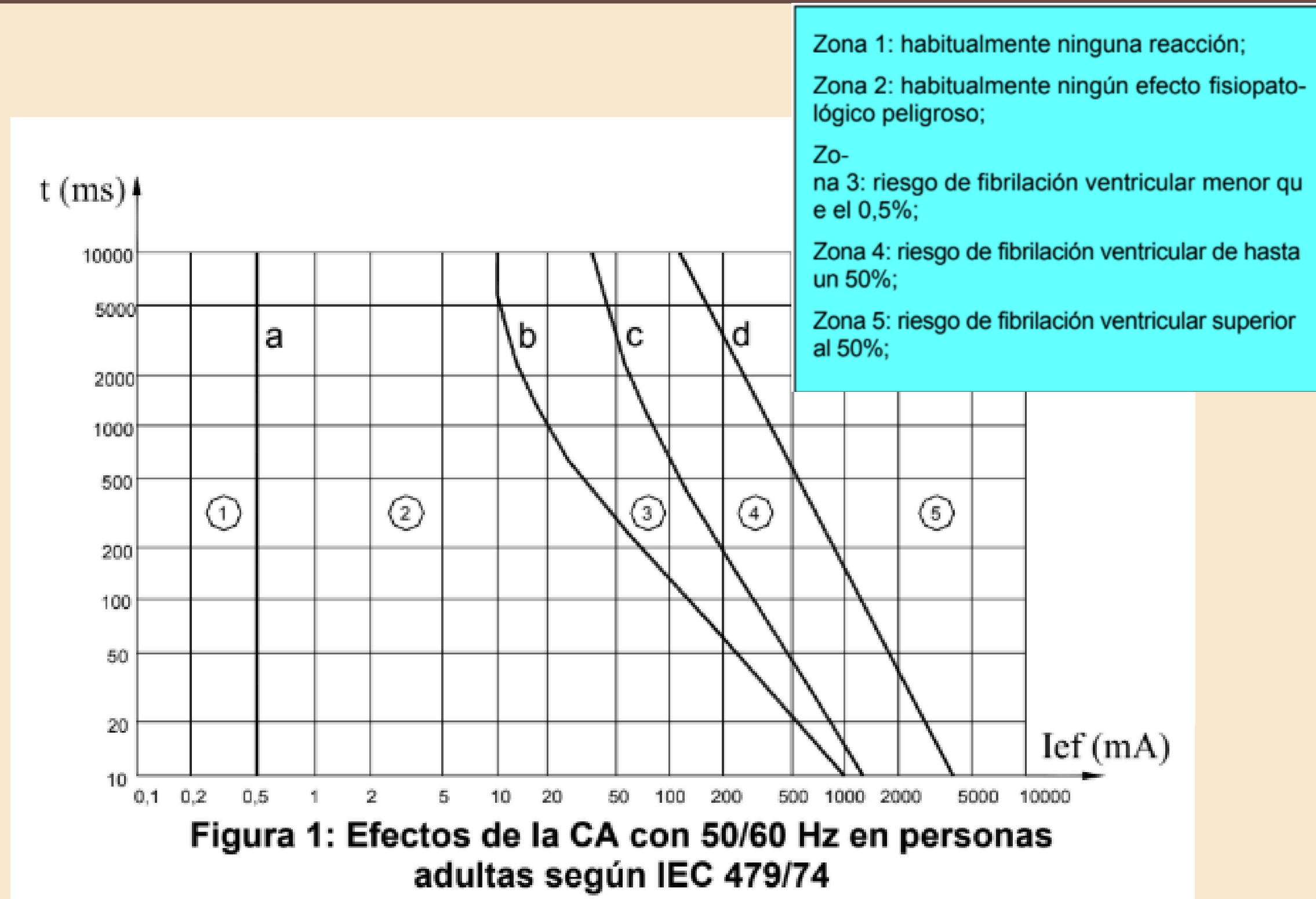
HISTORIA

- En principio: uso del suelo como retorno
- 1887: Edison corrige su patente
- 1915: Uso del neutro multigrounded (NM)
- 1932: Incidentes con pararrayos
- 1950 - 1960: 3er conductor
- 2012 a actualidad: Sustitución NM

1970-1980

INCORPORACIÓN FORMAL DE PARÁMETROS EN NORMAS

- El Uso Seguro de la Electricidad en Hospitales (NFPA - 1971)
 - Naturaleza de los Peligros Eléctricos
 - Cableado y Circuitos de Energía Eléctrica
 - Equipos Eléctricos
 - Mantenimiento y Administración
- Informe IEC 479 (1974)
 - Introduce el umbral de “let-go”
 - Define curvas y zonas de riesgo en CA y CC
 - Inexistencia de accidentes con 50V CA o menos



EL DISYUNTOR DIFERENCIAL

HISTORIA

- Estudios previos a desarrollo
 - Dalziel, 1940
 - Ferris, King, Spence, 1936
 - Kouwenhoven, 1959
- Umbral de fibrilación a 40 mA.
 - Incorporación(1974) y modificación a 30mA (1996) por IEC.
- Invencion(1960) y patente(1965) por Dalziel
- Uso generlizado en (1970-1980)

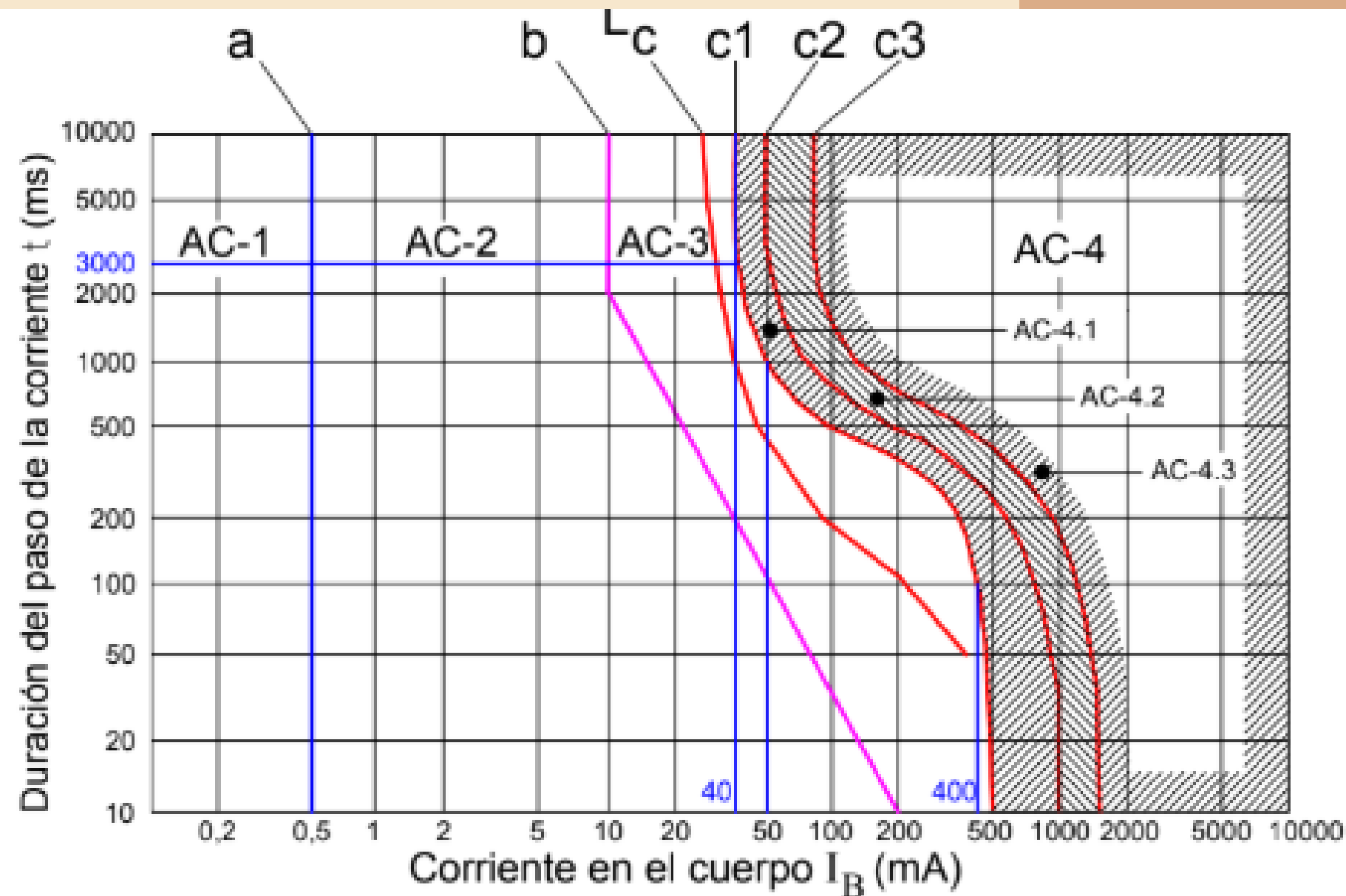
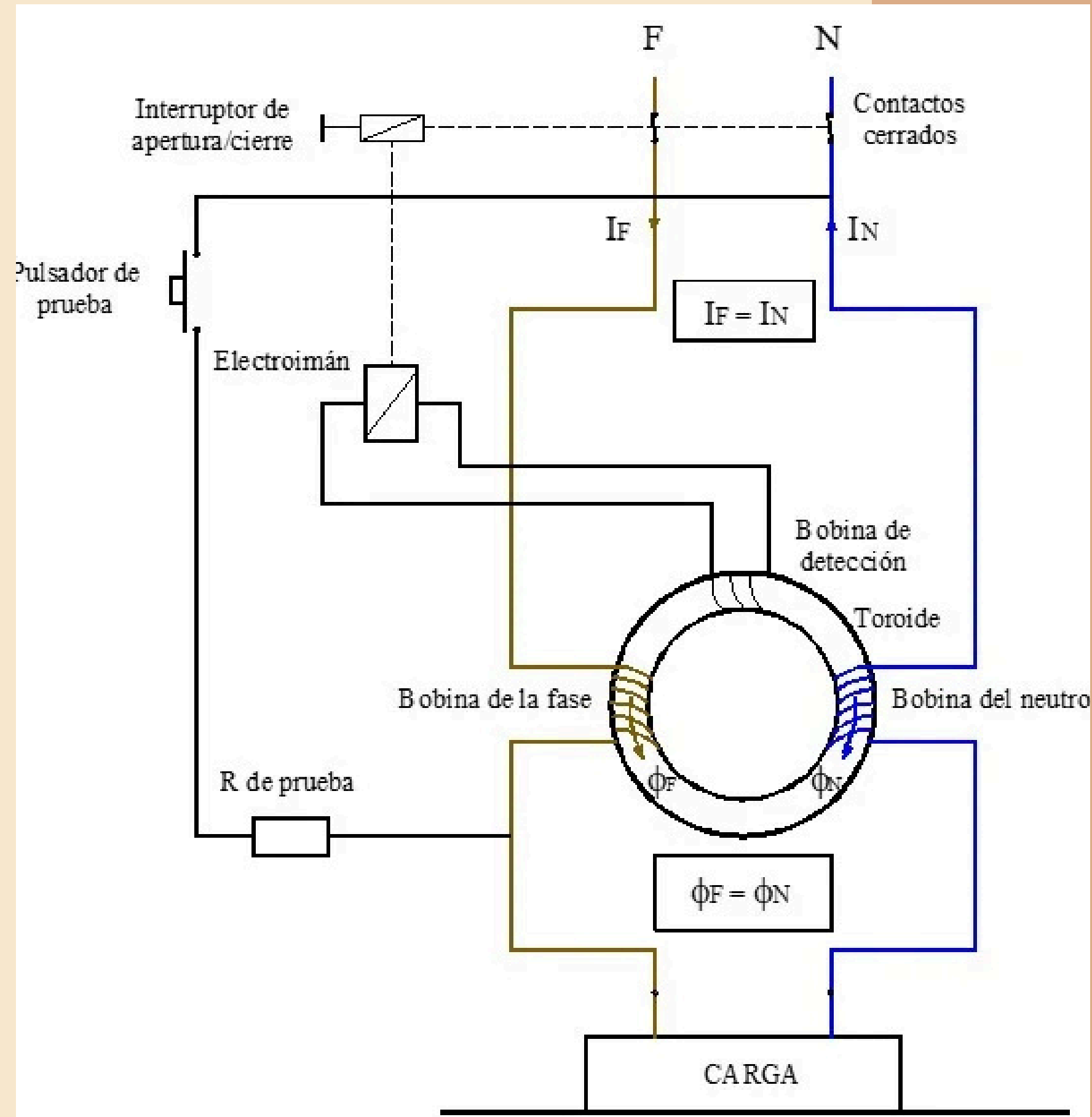


Figura 21 (Figura 14 de IEC 479-1 de 1994 con el agregado de la curva L_c de seguridad) Zonas Tiempo/corriente de los efectos de la CA de 15 Hz a 100 Hz mano izquierda a dos pies

EL DISYUNTOR DIFERENCIAL

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



- Detecta la diferencia entre la corrientes de entrada y retorno con un transformador toroidal
- Si la corriente de salida es distinta a la de entrada (30mA):
 - Se induce una corriente en la bobina de detección
 - Esta corriente activa un electroimán
 - Se acciona el interruptor
- Su función es proteger a las personas de corrientes de fuga.

1980-1990

INCORPORACIÓN FORMAL DE PARÁMETROS EN NORMAS

- IEC 479 (1984)
 - Impedancia del cuerpo humano:
 - Z_{p1} Z_{p2} : Impedancia de la piel
 - Z_i : Impedancia interna
 - Z_T : Impedancia total
 - Efectos de CA (15-100 Hz)
 - A mayor frecuencia, disminuye la impedancia.
 - A mayor tensión, disminuye la impedancia
 - A mayor duración, disminuye la impedancia
 - Función del camino de la corriente
 - Umbral de percepción: 0.5mA
 - Umbral de no soltar: 10mA
 - Umbral de fibrilación ventricular

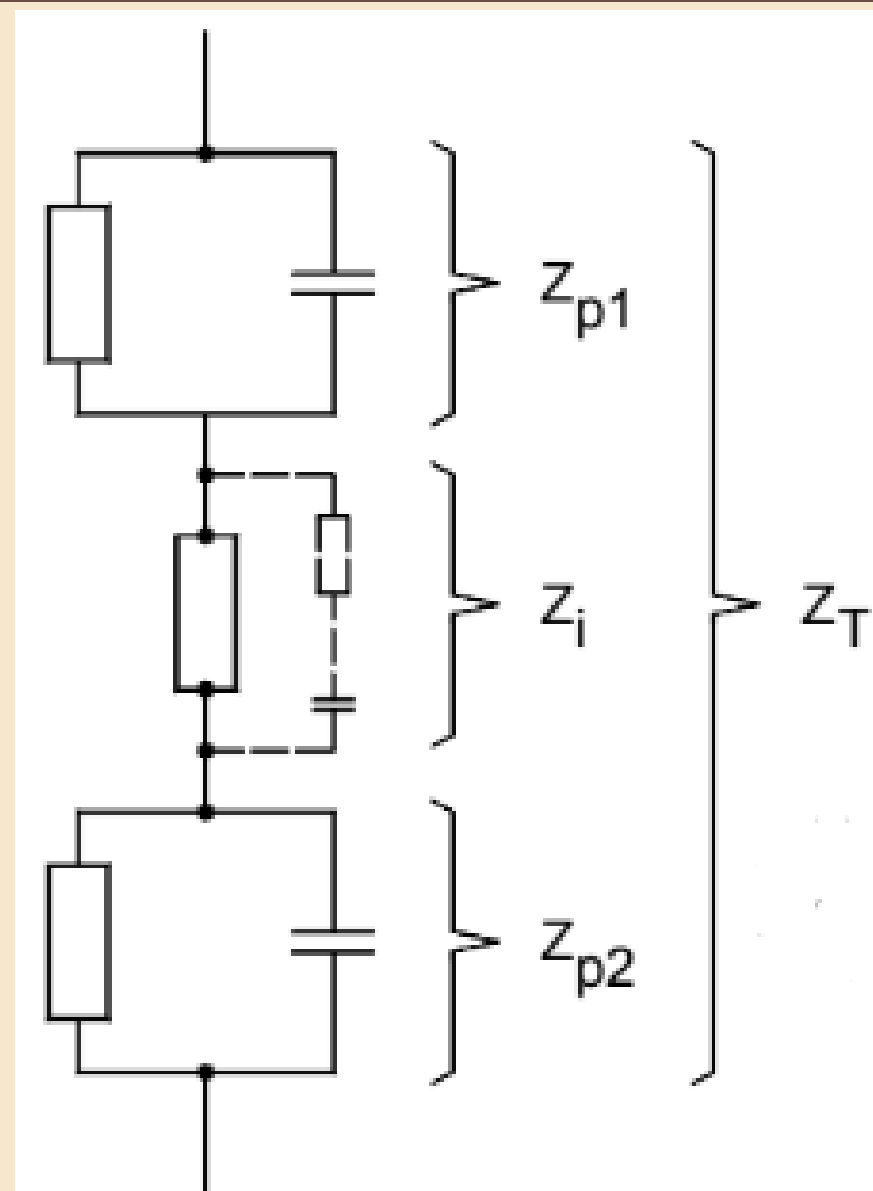


Figura 1- Impedancia Total del Cuerpo Humano

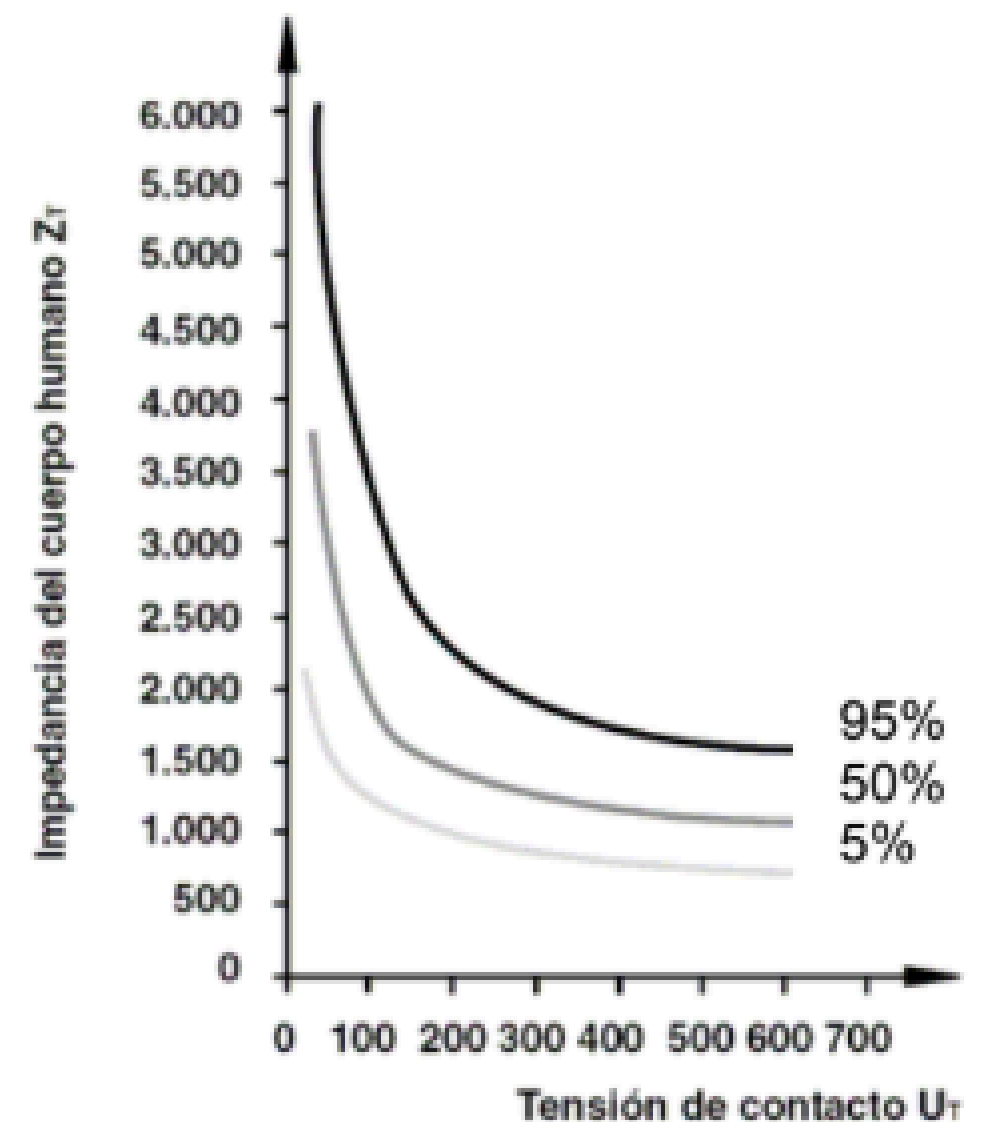


Figura 4 (Figura 4 de IEC 479-1 de 1984)
Valores estadísticos de la impedancia total del cuerpo humano válidos para seres vivos para un trayecto de la corriente mano a mano o mano a pie, con tensiones de contacto de hasta 700 V.

1980-1990

INCORPORACIÓN FORMAL DE PARAMETROS EN NORMAS

- IEC 479 (1984)
 - Impedancia del cuerpo humano:
 - ZP1 ZP2: Impedancia de la piel
 - Zi: Impedancia interna
 - ZT: Impedancia total
 - Efectos de CA (15-100 Hz)
 - A mayor frecuencia, disminuye la impedancia.
 - A mayor tensión, disminuye la impedancia
 - A mayor duración, disminuye la impedancia
 - Función del camino de la corriente
 - Umbral de percepción: 0.5mA
 - Umbral de no soltar: 10mA
 - Umbral de fibrilación ventricular

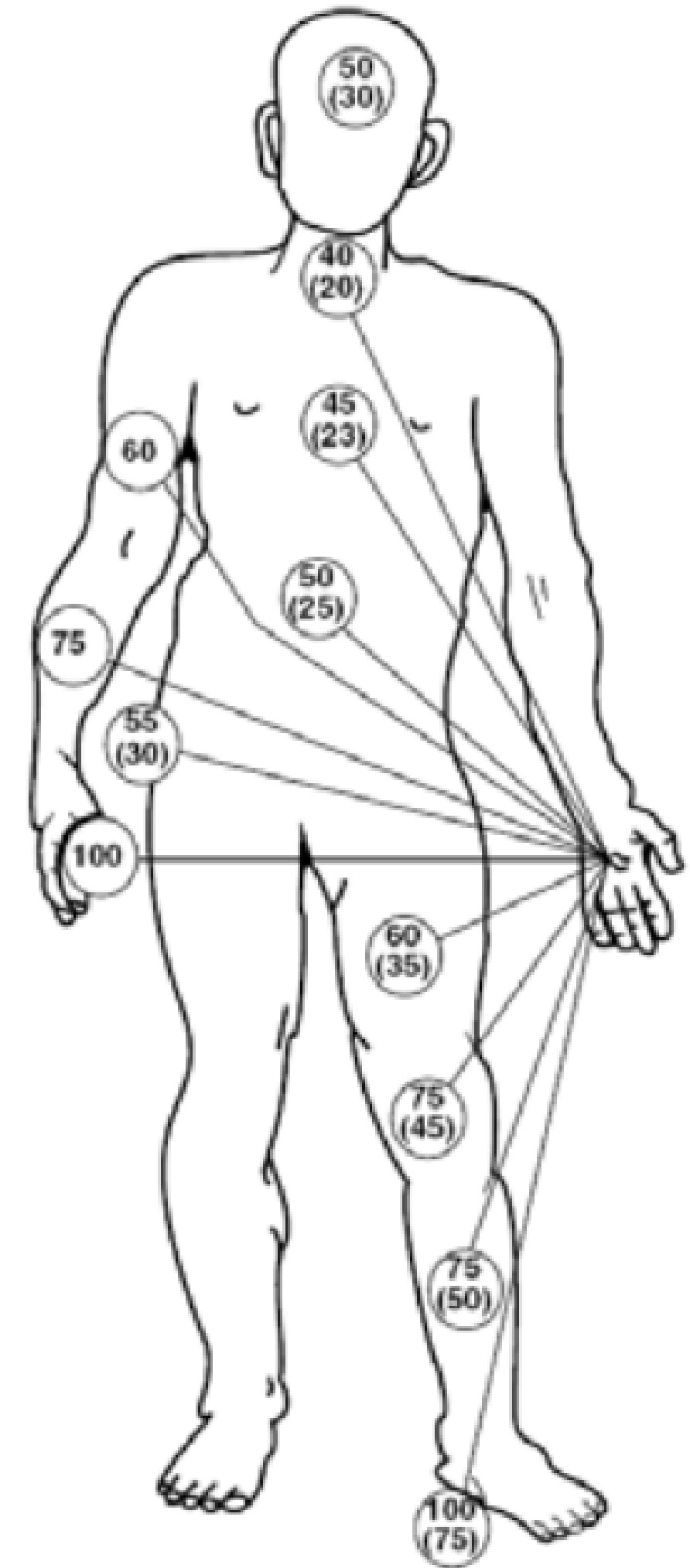


Figura 2-(Figura 2 de IEC 479-1 de 1984)
Impedancia interna del cuerpo en función
del camino de la corriente

1990-2000

REVISIÓN GLOBAL DE ESTÁNDARES Y UMBRALES FISIOLÓGICOS

- IEC 479-1 ed. 3.0(1994)
 - Reemplazo de umbral de percepción por el de reacción (0,5 mA CA y 2 mA CC).
 - Determinación de dependencia de la impedancia corporal a la frecuencia.
- Adopción de la Curva de Referencia L_c para tiempos de corte (1996).
- Investigación del Umbral de Fibrilación Intracardiaca con catéter de marcapasos ventricular (1999).

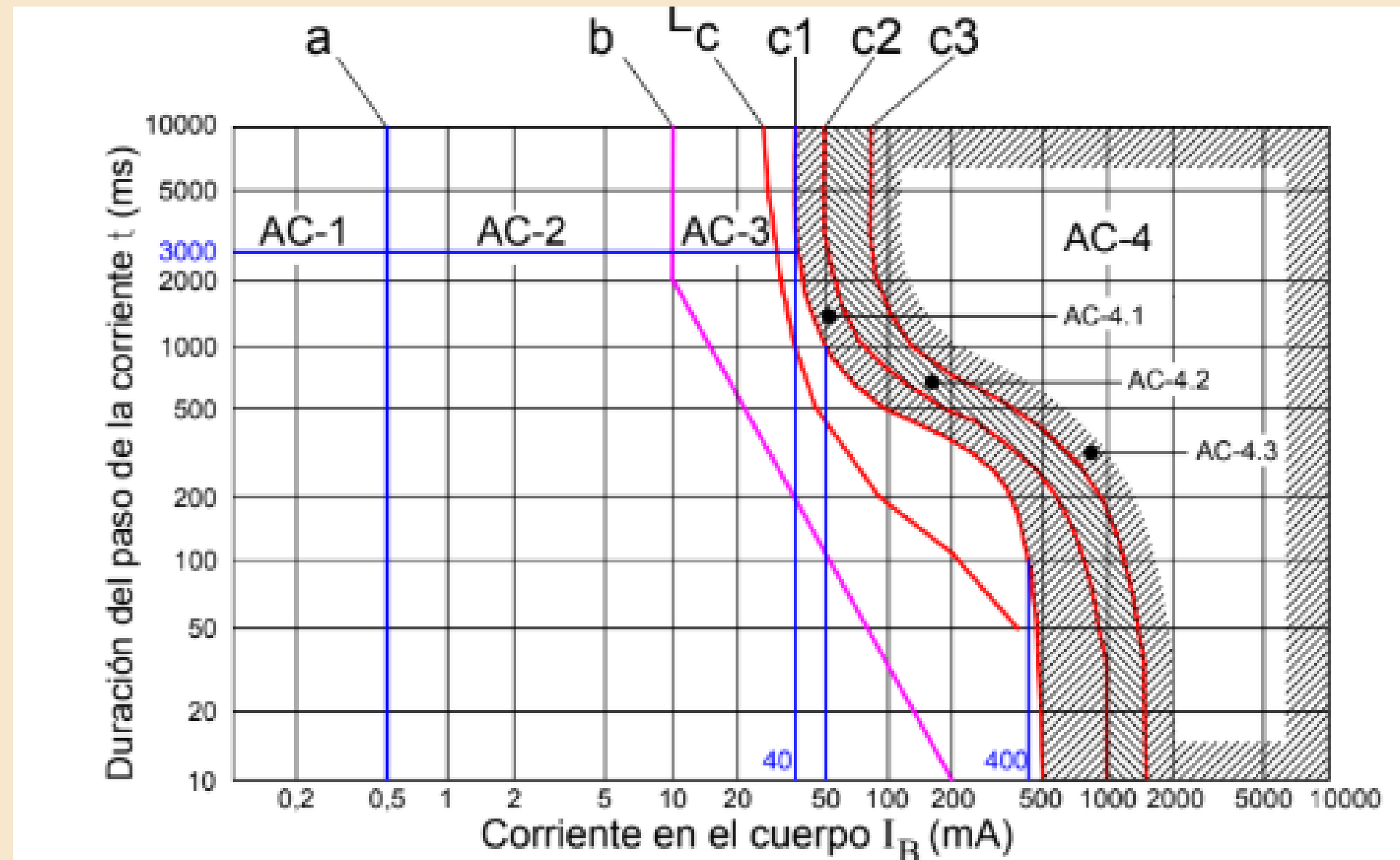


Figura 21 (Figura 14 de IEC 479-1 de 1994 con el agregado de la curva L_c de seguridad) Zonas Tiempo/corriente de los efectos de la CA de 15 Hz a 100 Hz mano izquierda a dos pies

SIGLO XXI

REVISIÓN GLOBAL DE ESTÁNDARES Y UMBRALES FISIOLÓGICOS

- IEC 479-1 ed. 4.0(2005)
 - Cambios del percentil de la población para cálculos de impedancia total del cuerpo (de 5% a 50%)
 - Reajuste del umbral de "no soltar" a 5mA
- Requisitos del NEC y adopción de la IEC (2006)
 - NEC exige tomacorrientes de Grado Hospitalario
 - Límites máximos de potencial entre superficies conductoras (40mV áreas críticas, 500mV no críticas)
 - Uniformidad de límites de corriente de fuga al adoptar la IEC 60601-1



¡GRACIAS!

LEONES, AILÉN
RÍOS, TOMÁS

BIBLIOGRAFÍA

Artículos de Revistas/Transacciones

- C. F. Dalziel y T. H. Mansfield, "Effect of frequency on perception currents" (Efecto de la frecuencia en las corrientes de percepción), *Electrical Engineering*, vol. 69, pp. 794–800, Sept. 1950. (También en *AIEE Transactions*, vol. 69, no. 11, 1950).
- C. F. Dalziel, "The threshold of perception currents" (El umbral de las corrientes de percepción), *Electrical Engineering*, vol. 73, pp. 625–630, July 1954. (También en *AIEE Transactions, Power Apparatus and Systems*, pp. 990–996).
- C. F. Dalziel, J. B. Lagen, y J. L. Thurston, "Electric shock" (Choque eléctrico), *AIEE Transactions*, vol. 60, pp. 1073–79, Dec. 1941.
- C. F. Dalziel, E. Ogden, y C. E. Abbott, "Effect of frequency on let-go currents" (Efecto de la frecuencia en las corrientes de no soltar), *AIEE Transactions (Electrical Engineering)*, vol. 62, pp. 745–750, Dec. 1943.
- C. F. Dalziel, "Effect of wave form on let-go currents" (Efecto de la forma de onda en las corrientes de no soltar), *AIEE Transactions (Electrical Engineering)*, vol. 62, pp. 739–744, Dec. 1943.
- L. P. Ferris, B. G. King, P. W. Spence, y H. B. Williams, "Effect of electric shock on the heart" (Efecto del choque eléctrico en el corazón), *AIEE Transactions (Electrical Engineering)*, vol. 55, pp. 98–515, May 1936,.
- C. F. Dalziel, "Dangerous electric currents" (Corrientes eléctricas peligrosas), *AIEE Transactions (Electrical Engineering)*, vol. 65, pp. 579–585, Aug.-Sept. 1946,.
- C. F. Dalziel, "A study of the hazards of impulse currents" (Un estudio de los peligros de las corrientes de impulso), *AIEE Transactions, Part III, Power Apparatus and Systems*, vol. 72, pp. 1032–43, 1953.
- C. F. Dalziel y W. R. Lee, "Re-evaluation of lethal electric currents" (Reevaluación de las corrientes eléctricas letales), *IEEE Trans. Industry General Appl.*, vol. IGA-4, no. 5, p. 467, 1968.
- E. J. Fagan y R. H. Lee, "The use of concrete-encased reinforcing rods as grounding electrodes" (El uso de varillas de refuerzo revestidas de concreto como electrodos de puesta a tierra), *IEEE Trans. Industry General Appl.*, vol. IGA-6, pp. 337–348, July 1970.
- O. Z. Roy, J. R. Scott, y G. C. Park, "60 Hz ventricular fibrillation and pump failure thresholds versus electrode area" (Umbrales de fibrilación ventricular y fallo de bomba a 60 Hz versus área del electrodo), *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 23, pp. 45–48, 1976.

Guías y Estándares

- IEEE Std 80-2000, *Guide for Safety in AC Substation Grounding* (Guía para la Seguridad en la Puesta a Tierra de Subestaciones de CA), 2000,.

Ponencia en Conferencia

- D. W. Zipse, "Equipotential planes: a figment of the imagination" (Planos equipotenciales: una invención de la imaginación), en *Proc. IEEE Industrial and Commercial Power Systems Tech. Conf.*, May 2006, pp. 1–17.