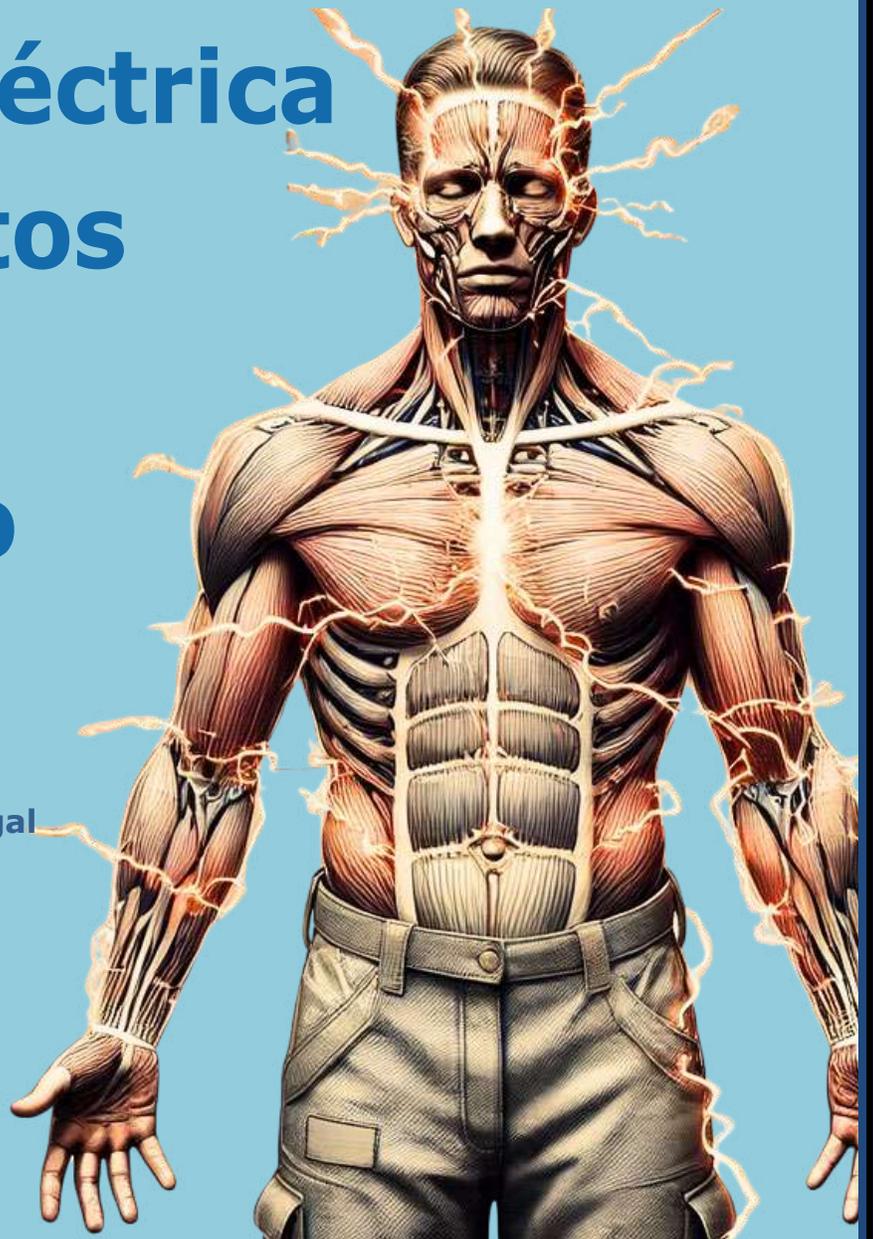


Guía para Bomberos

Energía Eléctrica y sus efectos en el Organismo Humano:

Compilación / Adaptación / Ajustes

Carlos Armando Oviedo Sabogal



Contenido

INTRODUCCIÓN:	3
NUESTRO CUERPO, UN CONDUCTOR.....	4
EL CUERPO HUMANO ESTA COMPUESTO DE 60-70% DE AGUA	4
EL CHOQUE ELÉCTRICO	5
FACTORES QUE INTERVIENEN EN UN ACCIDENTE ELÉCTRICO	5
FLUIDO DE LA CORRIENTE EN EL CUERPO	6
TETANIZACIÓN	8
QUEMADURAS	9
FIBRILACIÓN VENTRICULAR.....	9
LESIONES PERMANENTES.....	10
SISTEMA RESPIRATORIO.....	10
SISTEMA NERVIOS	10
SISTEMA LOCOMOTOR	11
SISTEMA DIGESTIVO	11
SISTEMA URINARIO	12
PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL EFECTO ELÉCTRICO.....	12
Intensidad de la corriente	12
Umbral de percepción:	12
Umbral de reacción:	13
Umbral de fibrilación ventricular:.....	13
Período vulnerable:	14
DURACIÓN DEL CONTACTO ELÉCTRICO	16
EFFECTOS DE LA CORRIENTE SOBRE LA PIEL.....	16
EFFECTOS DE LA CORRIENTE VS TIEMPO	17
LA IMPEDANCIA DEL CUERPO HUMANO - IEC 60479	19
LA IMPEDANCIA DEL CUERPO CORRIENTE CONTINUA.....	20
Bibliografía:	21

INTRODUCCIÓN:

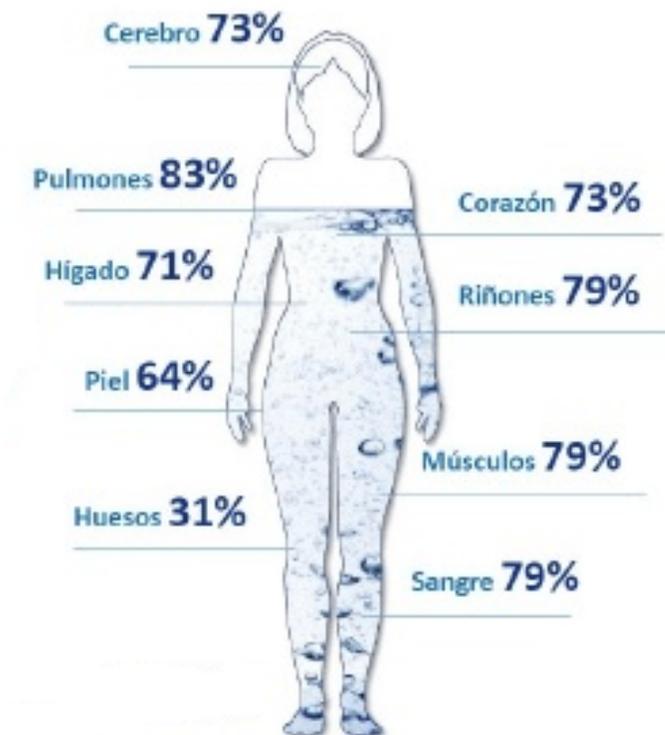
La norma IEC 60479-1 es esencial para cualquier bombero que desee entender cómo la electricidad afecta al cuerpo humano. Este estándar internacional detalla cómo la corriente eléctrica, dependiendo de su intensidad y duración, puede provocar desde leves molestias hasta lesiones mortales. Es una guía vital que nos permite evaluar y mitigar los riesgos eléctricos, especialmente en entornos industriales y de emergencias, protegiendo tanto nuestras vidas como las de nuestros compañeros.

La comprensión de la IEC 60479-1 es crucial para nuestra seguridad en situaciones donde estamos expuestos a riesgos eléctricos. Esta norma no solo nos ayuda a identificar los factores críticos que influyen en los accidentes eléctricos, sino que también nos proporciona las herramientas necesarias para prevenirlos. Como bomberos, nuestra prioridad es proteger vidas, y el conocimiento detallado de cómo actúa la corriente eléctrica en el cuerpo humano es fundamental para evitar tragedias y asegurar un entorno de trabajo más seguro para todos.

NUESTRO CUERPO, UN CONDUCTOR

Recordemos que los materiales, frente al paso de la electricidad, se clasifican en conductores y aislantes. Los conductores son aquellos que permiten el paso de la electricidad con facilidad; los aislantes por el contrario se oponen al paso de la misma.

EL CUERPO HUMANO ESTA COMPUESTO DE 60-70% DE AGUA



El alto contenido de agua en el cuerpo , facilita la conducción de electricidad , aumentando el riesgo de lesiones graves . La corriente fluye fácilmente a través de órganos y músculos , incrementando la vulnerabilidad.

EL CHOQUE ELÉCTRICO

Cuando una corriente eléctrica atraviesa el cuerpo humano, experimentamos lo que llamamos un choque eléctrico. Esto puede ir desde una leve sensación de hormigueo hasta disfunciones circulatorias y respiratorias tan graves que podrían llevar a la muerte. En ese caso, hablamos de electrocución. Además, el paso de la corriente puede causar quemaduras severas.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN UN ACCIDENTE ELÉCTRICO

Un accidente eléctrico depende de diversos factores que interactúan entre sí. Los más relevantes son:

- **Tensión:** La diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determina la fuerza con la que los electrones fluyen a través de un conductor, en este caso, el cuerpo humano.
- **Tiempo de exposición:** Cuanto más tiempo esté expuesto el cuerpo a la corriente eléctrica, mayores serán los daños.
- **Resistencia del cuerpo:** La resistencia que ofrece el cuerpo humano al paso de la corriente varía según factores como la humedad de la piel y la trayectoria de la corriente.

- **Trayectoria de la corriente:** El camino que sigue la corriente eléctrica dentro del cuerpo influye en la gravedad de las lesiones. Por ejemplo, si pasa por el corazón, puede causar fibrilación ventricular.
- **Naturaleza de la corriente:** La corriente alterna (CA) y la corriente continua (CC) tienen efectos diferentes en el cuerpo humano.
- **Frecuencia:** En el caso de la corriente alterna, la frecuencia también influye en los efectos.
- **Capacidad de reacción:** La capacidad de una persona para reaccionar ante una descarga eléctrica puede determinar la gravedad de las lesiones.
- **Intensidad de corriente:** Este es el factor más crítico. La intensidad de la corriente eléctrica determina la gravedad de las lesiones y puede causar desde una simple sensación de hormigueo hasta la muerte.

La resistencia del cuerpo humano es un factor clave. La humedad de la piel, por ejemplo, influye significativamente en la resistencia. Cuando la piel está seca, la resistencia es mayor, pero disminuye considerablemente cuando está húmeda.

FLUIDO DE LA CORRIENTE EN EL CUERPO

El fluido de la corriente eléctrica al atravesar nuestro cuerpo busca siempre el camino de menor resistencia hacia tierra. Este flujo de electrones puede causar daños internos y externos, dependiendo de la intensidad de la corriente, el tiempo de exposición y el camino que recorra dentro del organismo."

PRINCIPALES TRAYECTORIAS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA SOBRE EL CUERPO HUMANO



Contacto entre brazo
y brazo

Contacto entre brazo
derecho y la pierna
izquierda (la mas peligrosa)

Contacto entre brazo
derecho y la pierna
derecha

Contacto entre brazo
y cabeza

Podemos desglosar los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano de la siguiente manera:

- **Efectos térmicos:** Quemaduras externas e internas por el calor generado por la corriente eléctrica.
- **Efectos mecánicos:** Desgarros musculares, fracturas óseas debido a contracciones musculares involuntarias.
- **Efectos fisiológicos:** Alteraciones en el ritmo cardíaco (fibrilación ventricular), paros respiratorios, daños en el sistema nervioso.
- El accidente eléctrico ⚡ se produce cuando nuestro cuerpo pasa a formar parte de un circuito eléctrico cerrado  , existiendo entre el punto de entrada y el de salida una diferencia de potencial ΔV ."

Si la corriente supera 0,01 A ⚡ es peligrosa, y si supera 0,1 A, mortal ☠️. Factores clave: duración del contacto ⌚, resistencia del cuerpo (contacto, propia y salida) □, tensión aplicada ⚡ y frecuencia de la corriente 🌐.

EL CONSECUENCIAS SOBRE LA PIEL

La gravedad de estos efectos depende de la intensidad de la corriente, de las partes del cuerpo por las que circula, y la duración del paso de la corriente.

Algunos de los efectos de la corriente en el cuerpo son:



TETANIZACIÓN

relajarse).

También llamada contracción muscular. Consiste en la anulación de la capacidad de reacción muscular que impide la separación voluntaria del punto de contacto (los músculos de las manos y los brazos se contraen sin poder

Normalmente este efecto se produce cuando se superan los 10 mA.

QUEMADURAS

Internas o externas por el paso de la intensidad de corriente a través del cuerpo por Efecto Joule o por la proximidad al arco eléctrico. Se producen zonas de necrosis (tejidos muertos), y las quemaduras pueden llegar a alcanzar órganos vecinos profundos, músculos, nervios e incluso a los huesos.

La considerable energía disipada por efecto Joule, puede provocar la coagulación irreversible de las células de los músculos estriados e incluso la carbonización de las mismas.

FIBRILACIÓN VENTRICULAR

Se produce cuando la corriente pasa por el corazón y su efecto en el organismo se traduce en un paro circulatorio por rotura del ritmo cardíaco. El corazón, al funcionar no coordinadamente, no puede bombear sangre a los diferentes tejidos del cuerpo humano. Ello es particularmente grave en los tejidos del cerebro donde es imprescindible una oxigenación continua de los mismos por la sangre.

Se presenta con intensidades del orden de 100 mA y es reversible si el tiempo de contacto es inferior a 0.1 segundo. La fibrilación se produce cuando el choque eléctrico tiene una duración superior a 0.15 segundos.

LESIONES PERMANENTES

Producidas por destrucción de la parte afectada del sistema nervioso (parálisis, contracturas permanentes, etc.)

SISTEMA RESPIRATORIO

El aparato respiratorio es controlado por el cerebro, quien se encarga de controlar los músculos de este sistema, estos se contraen y se expanden permitiendo la entrada de aire y la salida de monóxido de carbono. Por ello cuando una corriente eléctrica circula por el cuerpo puede afectar el cerebro o directamente puede afectar al sistema respiratorio ocasionando parálisis respiratoria, asfixia, aspiración pulmonar o contusión pulmonar.

SISTEMA NERVISOS

El sistema nervioso es otro de los afectados, pues sus impulsos están hechos de propulsiones eléctricas, así que cuando una corriente eléctrica externa interfiere con este sistema, genera alteraciones en las que se pueden presentar casos de “parálisis y trastornos visuales, auditivos, de la conciencia y del sentido del equilibrio”². También con el paso de la corriente se puede provocar una impresión de pánico generando movimientos involuntarios.

Este sistema además de verse afectado, también afecta al sistema respiratorio, ya que cuando el centro nervioso que regula la función respiratoria, pueden ocasionarse daños tan perjudiciales como un paro respiratorio.

SISTEMA LOCOMOTOR

El aparato locomotor está compuesto por el sistema óseo y el muscular, permitiendo realizar todo tipo de movimiento, por ello también se conoce como sistema osteoarticulomuscular.

A causa de un choque eléctrico, los músculos pueden presentar movimientos involuntarios muy fuertes conocido como tetanización, en la cual dependiendo del recorrido de la corriente, se pierde el control de manos, brazos, músculos pectorales, entre otros; también se pueden presentar contracciones musculares afectando otros organismos y, destrucción de la masa muscular.

SISTEMA DIGESTIVO

El aparato digestivo es el encargado de la digestión, el cual también se puede ver afectado en caso de interferencia por una corriente eléctrica generando dilatación gástrica, vómitos, hemorragia digestiva, úlcera o complicaciones metabólicas con las que se puede sufrir una arritmia cardíaca o un estado de shock.

SISTEMA URINARIO

El aparato urinario es el sistema encargado de producir la orina y así expulsar los desechos que se establecen en la sangre y el intestino. Al verse afectado por una corriente eléctrica se puede presentar necrosis o muerte cerebral tubular renal por hemoglobinuria que es cuando se descomponen los glóbulos rojos que aparecen en la orina.

PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL EFECTO ELÉCTRICO

Intensidad de la corriente

Uno de los factores más críticos en los efectos y lesiones causadas por un accidente eléctrico es la intensidad de la corriente. A continuación, explico algunos conceptos clave relacionados.

Umbral de percepción:

Es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en una persona, a través de la que pasa esta corriente. En corriente alterna esta sensación de paso de la corriente se percibe durante todo el tiempo de paso de la misma; sin embargo, con corriente continua solo se percibe cuando varía la intensidad, por ello son fundamentales el inicio y la interrupción del paso de la corriente, ya que entre dichos instantes no se percibe el paso de la corriente, salvo por los efectos

térmicos de la misma. Generalizando, la Norma CEI 479-11994 considera un valor de 0,5 mA en corriente alterna y 2 mA en corriente continua, cualquiera que sea el tiempo de exposición.

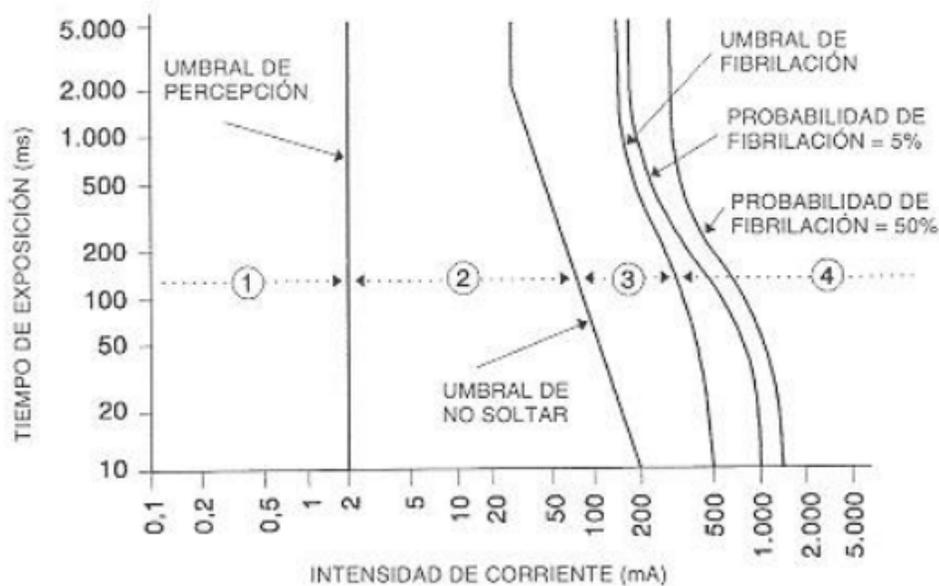
Umbral de reacción:

Es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular. Umbral de no soltar: cuando una persona tiene sujetos unos electrodos, es el valor máximo de la corriente que permite a esa persona soltarlos. En corriente alterna se considera un valor máximo de 10 mA , cualquiera que sea el tiempo de exposición. En corriente continua, es difícil establecer el umbral de no soltar ya que solo el comienzo y la interrupción del paso de la corriente provoca el dolor y las contracciones musculares.

Umbral de fibrilación ventricular:

Es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. En corriente alterna, el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco. Adecuando los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales a los seres humanos, se han establecido unas curvas, por debajo de las cuales no es susceptible de producirse. La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico. En corriente continua, si el polo negativo está en los pies (corriente descendente), el umbral de fibrilación es de aproximadamente el doble de lo que sería si el polo positivo estuviese en los pies (corriente ascendente).

Si en lugar de las corrientes longitudinales antes descritas fuese una corriente transversal, la experiencia sobre animales hace suponer que, solo se producirá la fibrilación ventricular con intensidades considerablemente más elevadas.

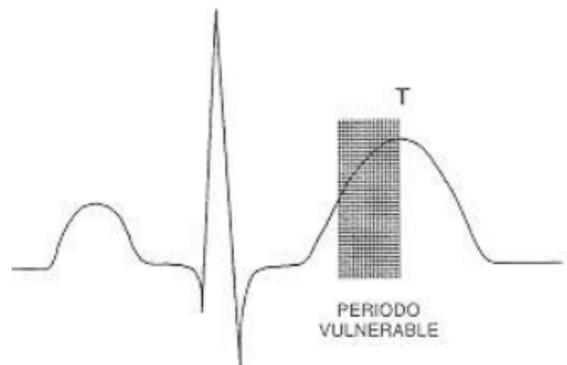


En la figura se representan los efectos de una corriente continua ascendente con trayecto mano izquierda-los dos pies; se puede apreciar que para una

duración de choque superior a un ciclo cardíaco el umbral desfibrilación en corriente continua es muy superior que en corriente alterna.

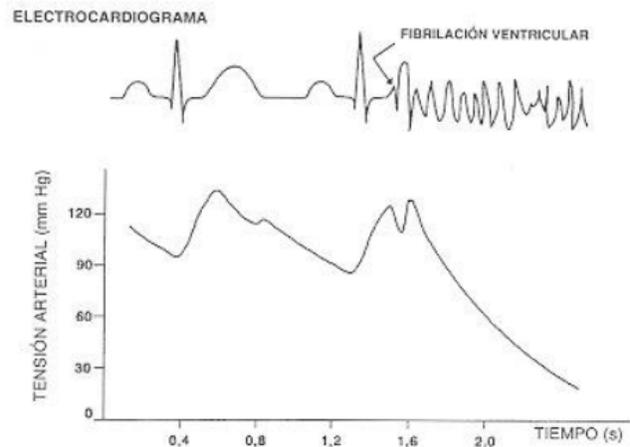
Período vulnerable:

Afecta a una parte relativamente pequeña del ciclo cardíaco durante el cual las fibras del corazón están en un estado no homogéneo de excitabilidad y la fibrilación ventricular se produce si ellas son excitadas por una corriente eléctrica de intensidad suficiente.

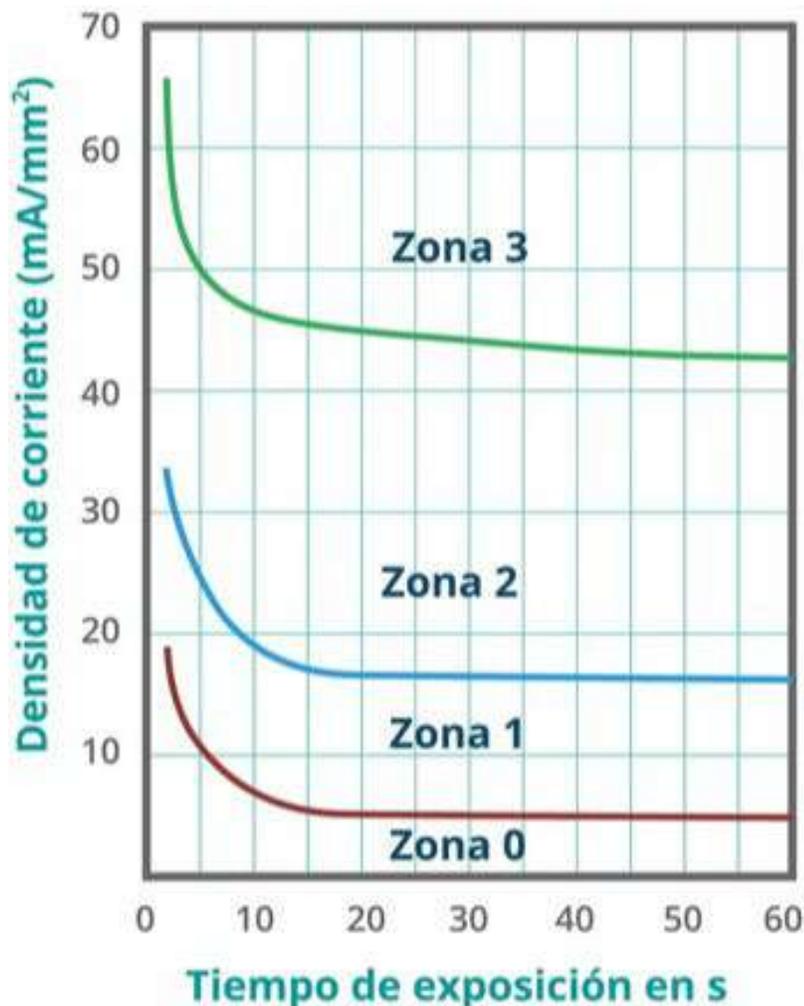


Corresponde a la primera parte de la onda T en el electrocardiograma y supone aproximadamente un 10% del ciclo cardíaco completo

La figura reproduce un electrocardiograma en el cual se representan los efectos de la fibrilación ventricular, indicándose las variaciones que sufre la tensión arterial cuando se produce la fibrilación, la tensión arterial experimenta una oscilación e inmediatamente, decrece, en cuestión de un segundo, hacia valores mortales.



DURACIÓN DEL CONTACTO ELÉCTRICO



Junto con la intensidad es el factor que más influye en el resultado del accidente.

EFFECTOS DE LA CORRIENTE SOBRE LA PIEL

"Existen unas curvas  que permiten visualizar los efectos sobre la piel humana  basadas en la densidad de corriente  que atraviesa un área

específica y el tiempo de contacto  con esa intensidad."

Zona 0: En esta zona no suele haber perjuicio en la piel del organismo , siempre y cuando la exposición no sea prolongada

 . En ciertos casos, puede aparecer un color sombreado  y superficie rugosa.

Zona 1: En la zona de contacto entre el conductor y la piel, aparece un color rojizo acompañado de una hinchazón.

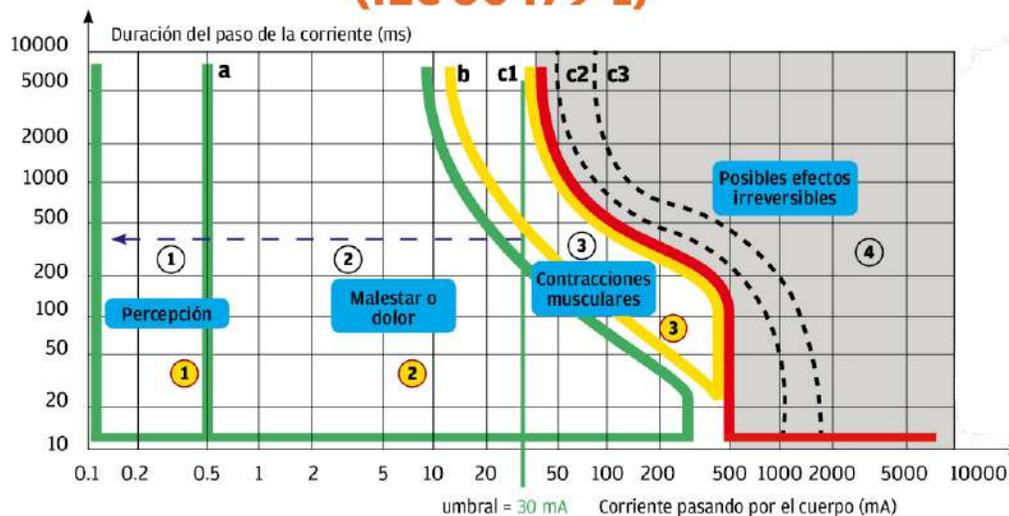
Zona 2: El color de la piel que se encuentra en contacto con el conductor, torna a parda, pudiendo provocar una hinchazón en caso de contacto prolongado (decenas de segundos).

Zona 3: En este caso, la piel puede ser carbonizada

EFFECTOS DE LA CORRIENTE VS TIEMPO

Efectos (para $t < 10$ s)	Intensidad de la corriente (mA)		
	continua	50/60 Hz	10 kHz
Ligero cosquilleo, umbral de percepción	3,5	0,5	8
Choque molesto, pero sin perder el control muscular	41	6	37
Umbral de no poder soltar	51	10	50
Gran dificultad respiratoria	60	15	61
Umbral de parálisis respiratoria	-	30	-

Efectos de la Corriente vs. Tiempo (IEC 60479-1)



Zonas	Efectos Fisiológicos
1	Normalmente, sin reacción.
2	Usualmente sin efectos fisiológicos.
3	Usualmente no se esperan daños orgánicos. Aparecen contracciones musculares y dificultad en la respiración, disturbios reversibles de impulsos en el corazón. Paros cardiacos transitorios sin fibrilación ventricular se incrementan con la corriente y el tiempo.
4	En adición a los efectos de la Zona 3, la probabilidad de fibrilación ventricular se incrementa 5% según la curva C2 y hasta 50% (curva C3), y arriba de 50% por encima de la curva C3. Los efectos de paros cardiacos, respiratorios y quemaduras pueden ocurrir con el incremento de la corriente y el tiempo.

El Comité Electrotécnico Internacional (CEI)  estudió el problema para unificar globalmente diferentes puntos de vista , que reflejaban y defendían prácticas, costumbres y normas nacionales . Se ha comprobado que los efectos de la corriente eléctrica  en el cuerpo humano dependen de la frecuencia  y la intensidad .

LA IMPEDANCIA DEL CUERPO HUMANO - IEC 60479

La impedancia del cuerpo humano Z es la resistencia total que el cuerpo ofrece al paso de la corriente eléctrica I . Incluye la resistencia de la piel, tejidos internos y capacitancia, variando según la humedad

S , superficie de contacto A

y frecuencia f .

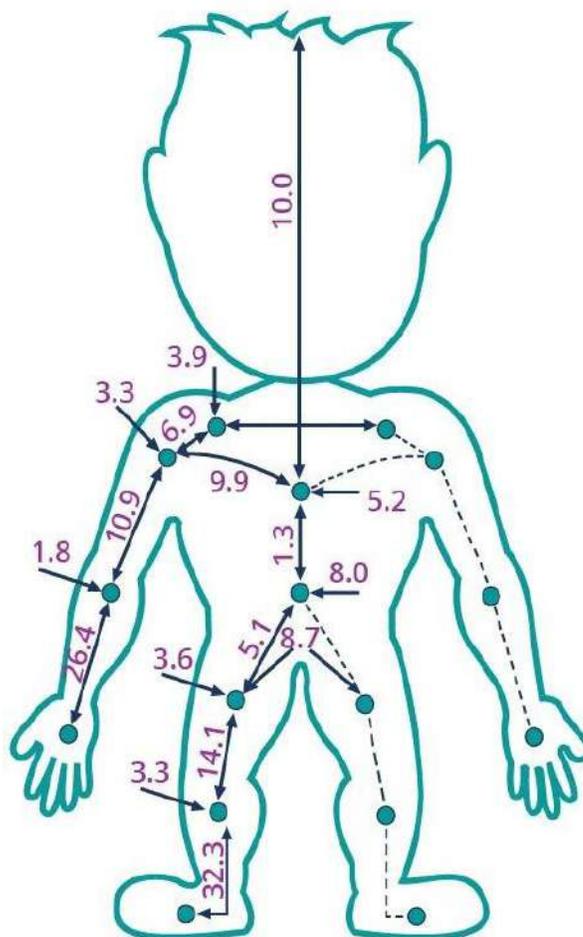
Las partes del cuerpo humano presentan impedancias resistivas y capacitivas Z . Estas incluyen:

Z_{in} Impedancia de la piel en la entrada, afectada por temperatura T y humedad H .

Z_{int} Impedancia interna

(músculos, sangre) Z_{int} .

Z_{out} Impedancia de la piel en la salida Z_{out} .



LA IMPEDANCIA DEL CUERPO CORRIENTE ALTERNA

"Trayectoria mano-mano A , piel seca, **corriente alterna** I , frecuencia 50-60 Hz f , superficie de contacto 50-100 cm² S ."

Impedancia total en Ω del cuerpo humano que no son superados por el valor límite Z_{lim} ."

Tensión de contacto (V)	Impedancia total en Ω del cuerpo humano que no son superados por el		
	5% de las personas	50% de las personas	95% de las personas
25	1750	3250	6100
50	1450	2625	4375
75	1250	220	3500
100	1200	1875	3200
125	1125	1625	2875
220	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1000	700	1050	1500
Valor asintótico	650	750	850

LA IMPEDANCIA DEL CUERPO CORRIENTE CONTINUA

"Trayectoria mano-mano   , piel seca, corriente continua  , frecuencia 50-60 Hz  , superficie de contacto 50-100 cm²  ."

Impedancia total en Ω del cuerpo humano que no son superados por el valor límite  ."

Tensión de contacto (V)	Impedancia total en Ω del cuerpo humano que no son superados por el		
	5% de las personas	50% de las personas	95% de las personas
25	2200	3875	8800
50	1750	2990	5300
75	1510	2470	4000
100	1340	2070	3400
125	1230	1750	3000
220	1000	1350	2125
700	750	1100	1550
1000	700	1050	1500
Valor asintótico	650	750	850

Bibliografía:

- **EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL CUERPO HUMANO**

Instituto superior de la calidad y la prevención de Riesgos Laborales – IPRL

- **Quemaduras mayores: Parte 1. Epidemiología, fisiopatología y manejo inicial.**

C. McCann, A. Watson* y D. Barnes

- **Efecto de los rayos en las personas y en los animales domésticos - (IEC/TR 60479-4:2011 MOD)**

Juan Carlos Arcioni

- **NTP 400: Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano**

Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales de España

- **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.**

Energía Eléctrica: Efectos sobre el organismo. Disponible en:
https://www.sprl.upv.es/IOP_ELEC_02.htm

- **EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL CUERPO HUMANO.** Disponible en: <http://www.utp.edu.co/~hsj/laboratorio/EfectoCorrienteCuerpoHumano.pdf>

- **PÉREZ, Luis. Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano.**

SIAFA – SEGURIDAD HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE. Disponible en:
<http://www.siafa.com.ar/notas/nota176/efectos.htm>