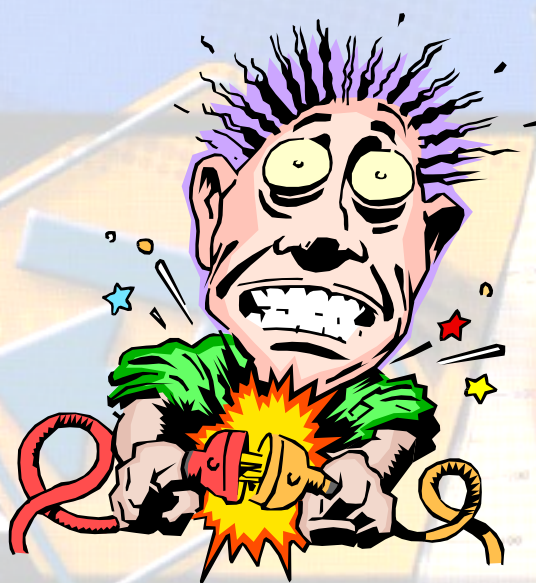


SEGURIDAD **CON LA ELECTRICIDAD**

MÓDULO 2: **EFFECTOS DE LA CORRIENTE EN EL** **CUERPO HUMANO**





"ALGUNAS DE LAS HAZAÑAS
MÁS GRANDES DE LA
HUMANIDAD HAN SIDO OBRA
DE PERSONAS QUE NO ERAN
LO BASTANTE LISTAS PARA
COMPRENDER QUE ERAN
IMPOSIBLES"
DOUG LARSON



INDICE

- 1) INTRODUCCIÓN
- 2) INTENSIDAD Y TIPO DE CORRIENTE
 - 2.1) Efectos de la Corriente
 - 2.2) Intensidad de la Corriente
 - 2.3) Corriente Alternada de Baja Frecuencia
 - 2.4) Corriente Alternada de Alta Frecuencia
 - 2.5) Cálculo de Umbrales para Frecuencias Superiores a los 100 hz
 - 2.6) Corriente Continua
- 3) DURACIÓN DEL CONTACTO ELÉCTRICO
- 4) IMPEDANCIA DEL CUERPO HUMANO
- 5) TENSIÓN APLICADA
 - 5.1) Influencia de la Tensión de Red en las Características de Accidentes Eléctricos
- 6) RECORRIDO DE LA CORRIENTE A TRAVÉS DEL CUERPO

1) INTRODUCCIÓN

Una falla de aislación en una instalación eléctrica provoca la circulación de una corriente llamada “de defecto”, mientras que la “corriente de contacto” es la que pasa a través del cuerpo humano cuando está sometido a una diferencia de potencial.

La intensidad de esta corriente de contacto produce distintos efectos sobre el cuerpo humano según sea su valor. En esta descarga eléctrica la persona deja pasar por su cuerpo una corriente eléctrica de mayor o menor intensidad, sufriendo un calambre o sacudida cuyas consecuencias pueden ser muy variadas; un simple cosquilleo, una quemadura grave o leve, una paralización total o parcial, tetanización o contracción muscular, asfixia y paro cardíaco por fibrilación ventricular del corazón y finalmente la muerte.

En cualquier contacto eléctrico que suframos, apreciaremos como mínimo un cosquilleo; será la señal de que nos invade una pequeña corriente, quizás de unos miliamperios (mA), por ejemplo, de 30 mA que es el límite tolerable para no sufrir consecuencias desagradables. Las intensidades superiores nos producirán un calambre más o menos fuerte y desagradable, sufriendo una conmoción nerviosa. Otras veces se producen pequeñas quemaduras con baja tensión (BT) que pueden dar lugar a que la carne se desprenda. La alta tensión genera elevadas temperaturas que producirán graves quemaduras. Las quemaduras suelen producirse en los puntos de contacto y en otros que ofrezcan una resistencia, como son la entrada y salida de la corriente, en especial en las manos y pies, con más gravedad cuando afectan a los órganos internos.

La tetanización de los músculos supone un agarrotamiento de los miembros, manos y pies, que se paralizan impidiendo su desprendimiento del contacto eléctrico. Esto supone un grave peligro por el factor tiempo. Al agarrar el conductor con la mano, el individuo puede quedar expuesto al paso de la corriente durante largo tiempo si no puede soltarse por sí mismo del conductor. Así sufre dolores y quemaduras de diferentes grados.

Hay que desconectar la corriente y separarle del contacto lo más urgentemente posible; pero sin olvidar de aislarse personalmente según las circunstancias del lugar del accidente. La ayuda en estos casos implica a su vez un peligro.

Ante una sacudida eléctrica importante se puede sufrir una contracción muscular que puede afectar al tórax y órganos respiratorios produciendo la asfixia. Si la fibrilación ventricular del corazón es irreversible, la consecuencia será la muerte y ésta se puede presentar cuando la intensidad es superior a los 30 mA y siempre en función del tiempo del contacto y la carencia de aparatos protectores; esto lo vemos en particular con el relé diferencial que corta la corriente instantáneamente al llegar al umbral de los 30 mA y en 0,2 segundos.

Si los valores de la intensidad o de tiempo son pequeños, del orden de los 30 mA y de 0,2 segundos respectivamente o más pequeños, no hay peligro de electrocución, ya que no afectan a los sistemas respiratorios y circulatorios, según experiencias realizadas por los investigadores.

En los accidentes pueden concurrir uno o más factores que en la protección influyen directa e indirectamente en causarlos.

En este apartado vamos a estudiar a aquellos que están íntimamente ligados de alguna forma, en función directa con la corriente I , la tensión V , la resistencia R y el tiempo t de circulación de dicha corriente, además del camino recorrido por ella.

Todos estos factores están relacionados directamente en las siguientes fórmulas:

$$\text{Intensidad } I = \frac{V}{R} \quad \text{Calor producido } Q = \frac{V^2 \times t}{R} \times 0,24$$

Examinando cada uno de ellos se verifica la influencia que tienen en un posible accidente y en su gravedad. Así, tenemos que la intensidad de corriente influye de forma directa por lo que es fundamental disminuirla en lo posible, puesto que a mayor valor,

Seguridad con la Electricidad – Módulo 2: Efectos de la Corriente en el Cuerpo Humano

mayor es el peligro. El tiempo de duración considerado como peligroso en el paso de la corriente es superior a 0,2 segundos.

La tabla siguiente suministra los valores experimentales que el investigador C. F. Dalziel obtuvo para corriente continua y alterna, entres frecuencias diferentes.

Efectos cuantitativos de la corriente electrica en el hombre

Efecto	Intensidad (mA)					
	Corriente Continua		Corriente alterna			
			60 Hz	50 Hz	10.000 Hz	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Ligera sensación en la mano	1	0,6	0,4	0,3	7	5
Umbral de percepción	5,2	3,5	1,1	0,7	12	8
Choque indoloro sin pérdida del control muscular	9	6	1,8	1,2	17	11
Choque doloroso sin pérdida del control muscular	62	41	9	6	55	37
Choque doloroso umbral de corriente límite	76	51	16	10,5	75	50
Choque doloroso y grave, contracciones musculares y dificultad de respiración. Fibrilación ventricular eventual	90	60	23	15	94	63
Choques de 3 segundos	500	500	100	100	---	---
Choques de corta duración (t en segundos)	---	---	$\frac{165}{\sqrt{t}}$	$\frac{165}{\sqrt{t}}$	---	---
Fuertes sobretensiones	50*	50*	13,6*	13,6*	---	---

* Energía en vatios-seg.

2) INTENSIDAD Y TIPO DE CORRIENTE

2.1) Efectos de la Corriente

Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo pueden ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.), hasta la muerte por fibrilación ventricular.

Una persona se **electriza** cuando la corriente eléctrica circula por su cuerpo, es decir, cuando la persona forma parte del circuito eléctrico, pudiendo, al menos, distinguir dos puntos de contacto: uno de entrada y otro de salida de la corriente.

La **electrocución** se produce cuando dicha persona fallece debido al paso de la corriente por su cuerpo.

La **fibrilación ventricular** consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual, deja de enviar sangre a los distintos órganos y, aunque esté en movimiento, no sigue su ritmo normal de funcionamiento.

Por **tetanización** entendemos el movimiento incontrolado de los músculos como consecuencia del paso de la energía eléctrica. Dependiendo del recorrido de la corriente perderemos el control de las manos, brazos, músculos pectorales, etc.

La **asfixia** se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria, ocasionando el paro respiratorio.

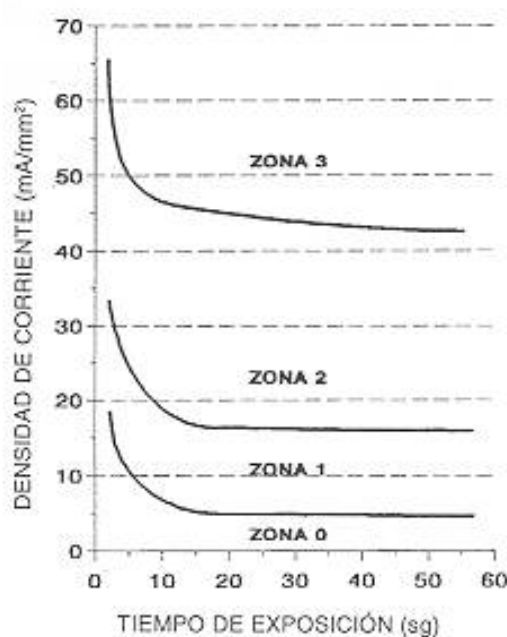
Otros factores fisiopatológicos tales como contracciones musculares, aumento de la presión sanguínea, dificultades de respiración, parada temporal del corazón, etc. pueden producirse sin fibrilación ventricular. Tales efectos no son mortales, son, normalmente, reversibles y, a menudo, producen marcas por el paso de la corriente. Las quemaduras profundas pueden llegar a ser mortales.

Seguridad con la Electricidad – Módulo 2: Efectos de la Corriente en el Cuerpo Humano

Para las **quemaduras** se han establecido unas curvas que indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de corriente que circula por un área determinada (mA/mm^2) y el tiempo de exposición a esa corriente. Se distinguen las siguientes zonas:

- **Zona 0:** habitualmente no hay alteración de la piel, salvo que el tiempo de exposición sea de varios segundos, en cuyo caso, la piel en contacto con el electrodo puede tomar un color grisáceo con superficie rugosa.
- **Zona 1:** se produce un enrojecimiento de la piel con una hinchazón en los bordes donde estaba situado el electrodo.
- **Zona 2:** se provoca una coloración parda de la piel que estaba situada bajo el electrodo. Si la duración es de varias decenas de segundos se produce una clara hinchazón alrededor del electrodo.
- **Zona 3:** se puede provocar una carbonización de la piel.

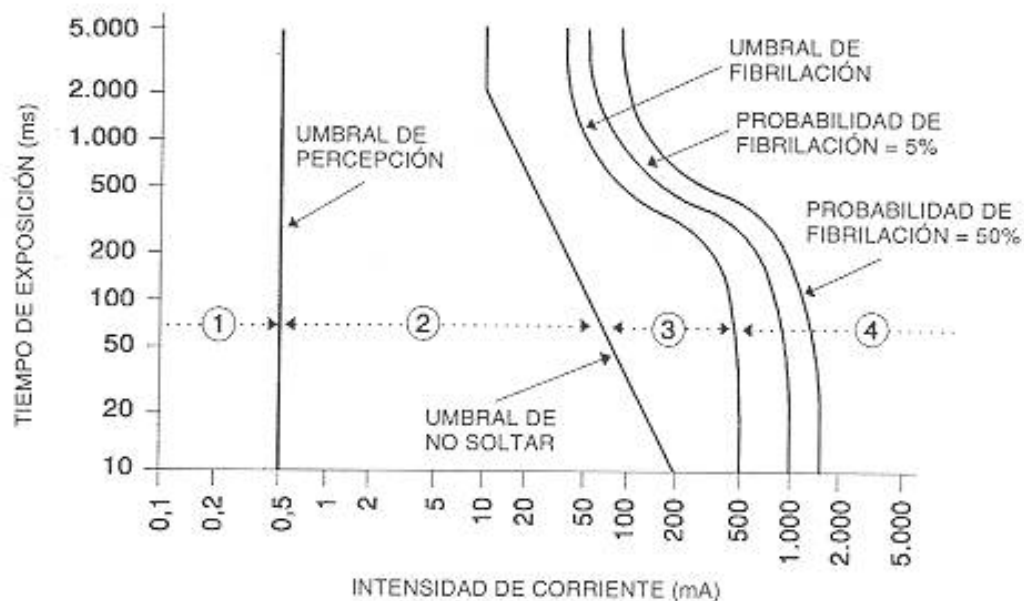
Es importante resaltar que con una intensidad elevada y cuando las superficies de contacto son importantes se puede llegar a la fibrilación ventricular sin ninguna alteración de la piel.



Efecto sobre la piel

En la siguiente gráfica se indican los efectos que produce una corriente alterna de frecuencia comprendida entre 15 y 100 Hz con un recorrido mano izquierda-los dos pies. Se distinguen las siguientes zonas:

- **Zona 1:** habitualmente ninguna reacción.
- **Zona 2:** habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.
- **Zona 3:** habitualmente ningún daño orgánico. Con duración superior a 2 segundos se pueden producir contracciones musculares dificultando la respiración, paradas temporales del corazón sin llegar a la fibrilación ventricular, etc.
- **Zona 4:** riesgo de parada cardíaca por: fibrilación ventricular, parada respiratoria, quemaduras graves, etc.



Corriente alterna, efecto en el organismo

2.2) Intensidad de la Corriente

Es uno de los factores que más inciden en los efectos y lesiones ocasionados por el accidente eléctrico. En relación con la intensidad de corriente, son relevantes los conceptos que se indican a continuación.

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, se 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.

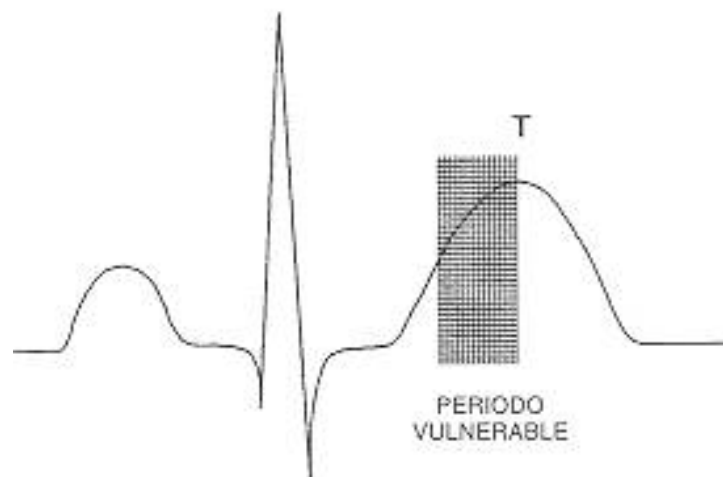
Umbral de fibrilación ventricular: es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. En corriente alterna, el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco. Adecuando los resultados 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

Seguridad con la Electricidad – Módulo 2: Efectos de la Corriente en el Cuerpo Humano

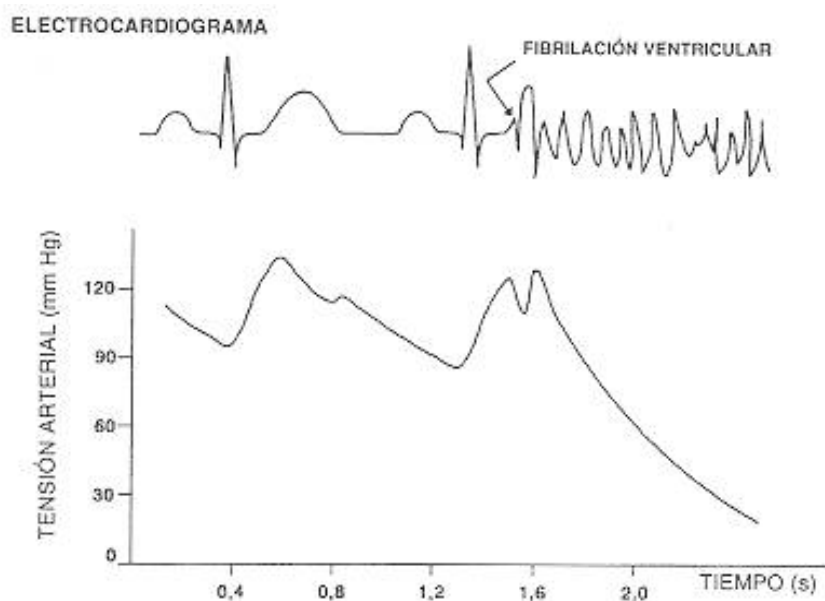
fuese una corriente transversal, la experiencia sobre animales hace suponer que, solo se producirá la fibrilación ventricular con intensidades considerablemente más elevadas.

Período vulnerable: afecta a una parte relativamente pequeña del ciclo cardiaco 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 cardiaco completo.



Periodo vulnerable del ciclo cardiaco

La figura siguiente 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.



Efecto de la fibrilación ventricular en el electrocardiograma y en la tensión arterial



2.3) Corriente Alternada de Baja Frecuencia

Las frecuencias industriales más comunes son de 50 a 60 Hz. La acción fisiológica de la corriente a esas frecuencias es prácticamente igual a la producida por corrientes comprendidas entre los 15 y los 100 Hz.

En todos los casos el efecto corresponde a una superposición de la frecuencia de la corriente con la propia de las células nerviosas o del corazón, dando como resultado distintas frecuencias que condicionan el comportamiento de los músculos excitados.

El umbral de percepción adoptado convencionalmente, es de 0,5 mA. Ese umbral puede ser mayor, 1 mA y hasta 2 mA según las características fisiológicas del sujeto y las condiciones eléctricas del contacto, es decir, magnitud de la superficie, grado de presión, estado de humedad, temperatura, etc.

El umbral de autoliberación, también denominado corriente límite, se ha fijado internacionalmente en los 10 mA para un alto porcentaje de la población.

El umbral de fibrilación es el valor mínimo de corriente capaz de provocar la fibrilación ventricular, causa del mayor porcentaje de los accidentes fatales provocados por la corriente alternada de baja frecuencia.

En corrientes de 50 a 60 Hz. las experiencias demuestran que el umbral de fibrilación decrece cuando el tiempo de pasaje de la corriente se prolonga por más de un ciclo cardíaco. En un choque eléctrico de 0,1 segundos coinciden con el período vulnerable del corazón, la fibrilación se produce con corrientes mayores a 500 mA. Para tiempos superiores a un segundo la corriente de fibrilación es de 50 mA, para 3 segundos o más es de 40 mA.

2.4) Corriente Alternada de Alta Frecuencia

Los niveles de seguridad aumentan considerablemente a medida que aumenta la frecuencia. Debido al efecto pelicular la corriente de alta frecuencia tiende a circular por la piel sin penetrar en el cuerpo. Este efecto se vuelve apreciable a partir de los 100.000 Hz.

La exposición del cuerpo humano a campos electromagnéticos da lugar a una acción termogénica consistente en el calentamiento de los tejidos por efecto Joule y resonancia celular, debidas al campo eléctrico. En estas condiciones se considera al cuerpo humano como una mezcla de células electrolíticas en una masa de agua con un número considerable de iones.

Este conjunto se orienta con el paso de la corriente y oscila según la frecuencia de la misma, produciéndose calor en los tejidos, aumentando el flujo sanguíneo y el metabolismo en la zona afectada. Si la energía y tiempo de exposición se incrementan, el calentamiento se vuelve cada vez más peligroso, provocando graves quemaduras que pueden llegar a producir la destrucción total de los tejidos involucrados.

Las corrientes de alta frecuencias no son percibidas por el cuerpo humano, no se manifiestan con efectos motrices, ni se excitan las estructuras nerviosas.

Hasta frecuencias de 10.000 Hz tienen un grado de peligrosidad similar al de la corriente continua. Por sobre los 10.000 Hz el riesgo principal lo constituyen las quemaduras de los tejidos, cuya gravedad se acrecienta a medida que se incrementan la energía y el tiempo de exposición.

2.5) Cálculo de Umbrales para Frecuencias Superiores a los 100 hz

2.5.1) Corriente Alterna de Frecuencia Superior a los 100 Hz

Normalmente para uso doméstico e industrial se utilizan frecuencias de 50 Hz, pero que cada vez es más frecuente la utilización de frecuencias superiores como por ejemplo la aeronáutica, la soldadura, la electroterapia y los alimentadores de potencia con frecuencias que van desde 400 Hz hasta 1 MHz.

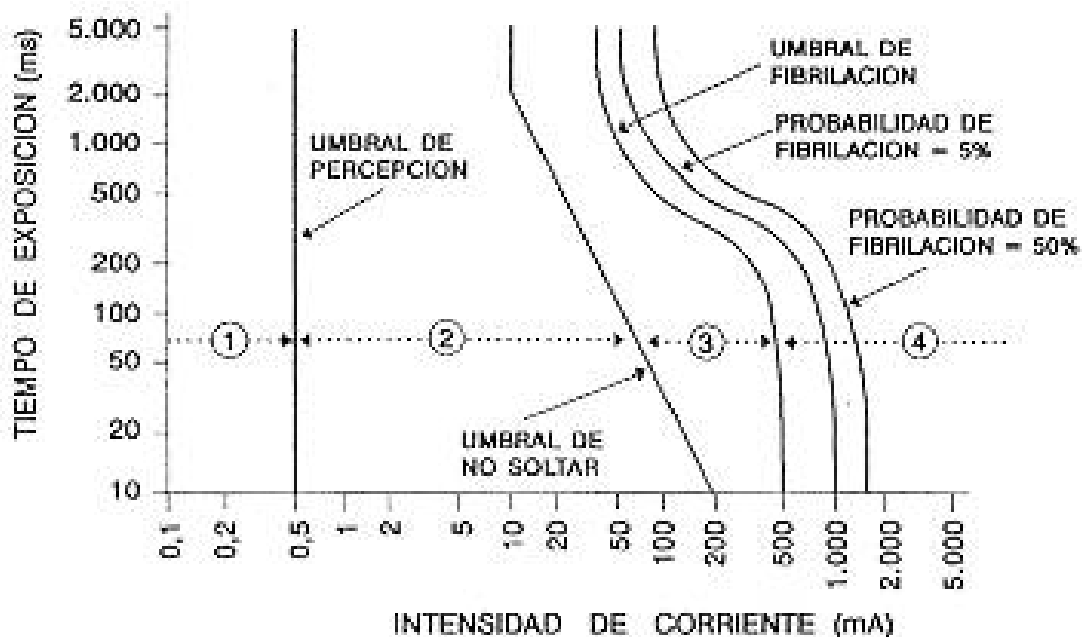
Seguridad con la Electricidad – Módulo 2: Efectos de la Corriente en el Cuerpo Humano

Para poder establecer los efectos que tiene la variación de la frecuencia se define el Factor de Frecuencia « F_f » como:

$$F_f = \frac{\text{Umbral a la frecuencia de la corriente estudiada}}{\text{Umbral a la frecuencia de 50 Hz}}$$

Debe tenerse en cuenta que los factores de frecuencia para los tres umbrales utilizados habitualmente (de percepción, de no soltar y de fibrilación ventricular) son diferentes entre sí.

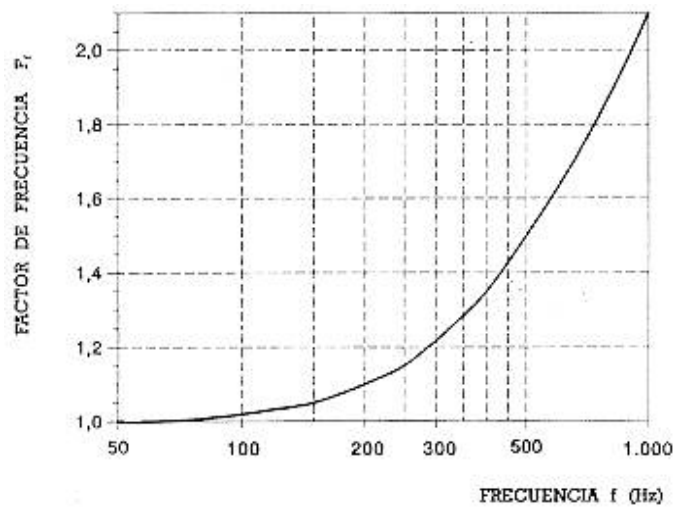
La determinación del efecto de la corriente eléctrica para adultos, con un trayecto mano izquierda-pies se determina por medio de la figura siguiente, que nos da los efectos de la intensidad en función del tiempo de aplicación de una corriente alterna de frecuencia 50 Hz. A esta figura hay que aplicarle una corrección cuando la frecuencia es superior a 50 Hz.



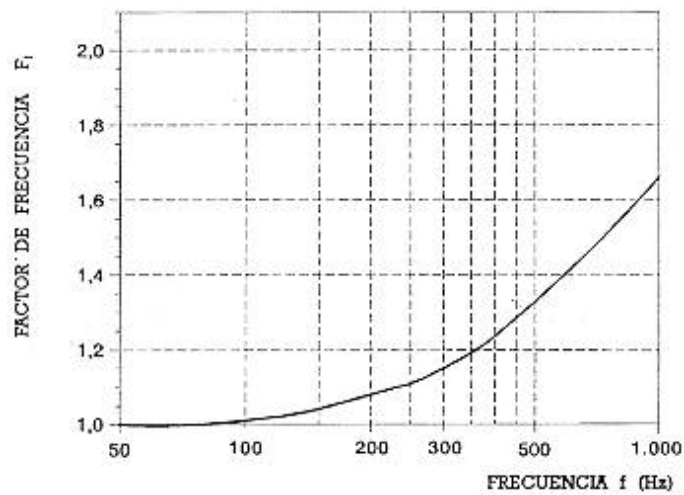
Efectos de la corriente eléctrica alterna de 50 Hz, en adultos, con trayectoria mano izquierda-los dos pies

2.5.2) Frecuencias Comprendidas entre 100 Hz y 1.000 Hz

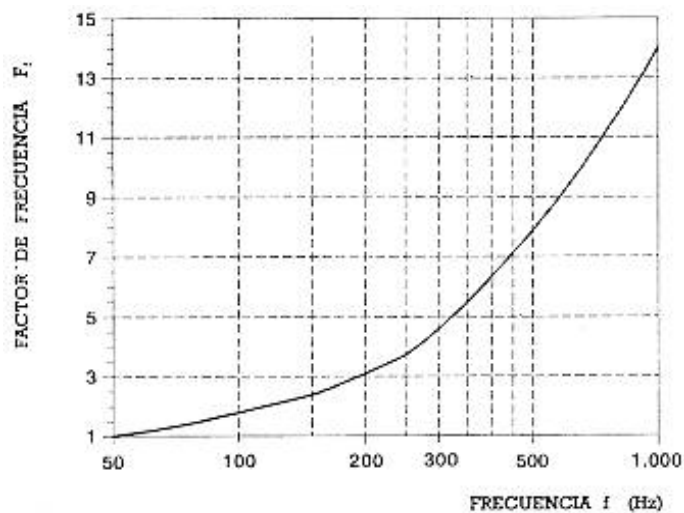
Los distintos umbrales se determinarán con las siguientes figuras:



Umbral de percepción. F_f para frecuencias comprendidas entre 50 y 1.000 Hz



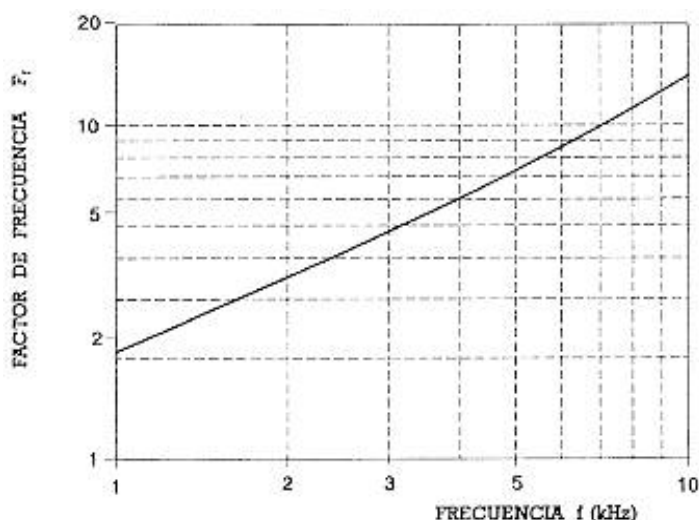
Umbral de no soltar. F_f para frecuencias comprendidas entre 50 y 1.000 Hz



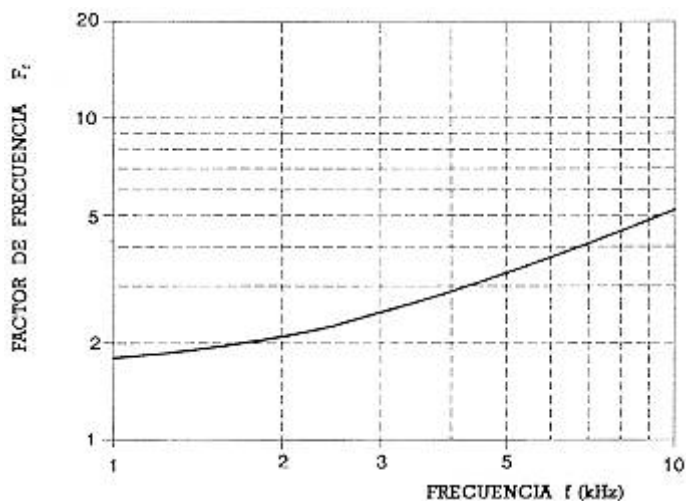
Umbral de fibrilación. F_f para frecuencias comprendidas entre 50 y 1.000 Hz

2.5.3) Frecuencias Comprendidas entre 1.000 Hz y 10.000 Hz

Los distintos umbrales se calculan igual que en el caso anterior pero con las siguientes figuras:



Umbral de fibrilación. F_f para frecuencias comprendidas entre 1.000 y 10.000 Hz



Umbral de no soltar. F_f para frecuencias comprendidas entre 1.000 y 10.000 Hz

2.5.4) Frecuencias Superiores a 10.000 Hz

Para frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 100 kHz, el umbral de percepción varía entre 10 mA y 100 mA (valores eficaces).

Para frecuencias superiores a 100 kHz y para corrientes de algunas centenas de miliamperios, el umbral de percepción, que a frecuencias inferiores se percibe como la clásica sensación de picoteo, se manifiesta como una sensación de calor.

Para valores superiores a 10 kHz, tanto para el umbral de no soltar como para el umbral de fibrilación no se disponen de valores experimentales; pero tampoco se conoce ningún incidente a frecuencias superiores a 100 kHz. Sin embargo, a estos valores de la



Seguridad con la Electricidad – Módulo 2: Efectos de la Corriente en el Cuerpo Humano

frecuencia, para intensidades de algunos amperios y en función de la duración del paso de la corriente, se pueden producir quemaduras.

2.6) Corriente Continua

La corriente continua es menos peligrosa que la alternada; para provocar igual efecto fisiológico requiere mayor intensidad de corriente. Es decir, que todos los umbrales son más elevados que en corriente alternada.

El umbral de autoliberación es difícil de fijar, dado que la corriente continua provoca efectos sobre músculos y nervios durante los regímenes transitorios, es decir, conexión y desconexión. Hasta 300 mA puede haber autoliberación.

El umbral de fibrilación ventricular varía según el sentido de circulación de la corriente. La corriente descendente debe duplicarse para producir igual efecto que una corriente ascendente, donde los pies corresponden al polo positivo.

Aplicando el factor de equivalencia entre corriente continua y alternada, y dividiendo el valor de corriente continua de fibrilación (300 mA), sobre el valor eficaz de la corriente alternada de fibrilación (80 mA), nos da 3,75. Es decir, que para producir fibrilación ventricular con corriente continua se necesita una intensidad de 3,75 veces mayor que la correspondiente en corriente alternada.

En corriente continua aparecen otros factores, aparte de los ya enunciados, que se deben tener en cuenta:

- El pasaje de una corriente continua de 300 mA en forma transversal, “mano a mano”, durante varios minutos, puede provocar arritmias cardíacas reversibles, marca de corriente, quemaduras, vértigos y, a veces, inconciencia.
- Al circular corriente continua a través de un electrolito durante cierto tiempo, se produce una electrólisis. Este efecto electrolítico en la sangre conlleva el riesgo de embolia y muerte.

3) DURACIÓN DEL CONTACTO ELÉCTRICO

Junto con la intensidad es el factor que más influye en el resultado del accidente. Por ejemplo, en corriente alterna y con intensidades inferiores a 100 mA, la fibrilación puede producirse si el tiempo de exposición es superior a 500 ms.

4) IMPEDANCIA DEL CUERPO HUMANO

Su importancia en el resultado del accidente depende de las siguientes circunstancias: de la tensión, de la frecuencia, de la duración del paso de la corriente, de la temperatura, del grado de humedad de la piel, de la superficie de contacto, de la presión de contacto, de la dureza de la epidermis, etc.

Las diferentes partes del cuerpo humano, tales como la piel, los músculos, la sangre, etc., presentan para la corriente eléctrica una impedancia compuesta por elementos resistivos y capacitivos. Durante el paso de la electricidad la impedancia de nuestro cuerpo se comporta como una suma de tres impedancias en serie:

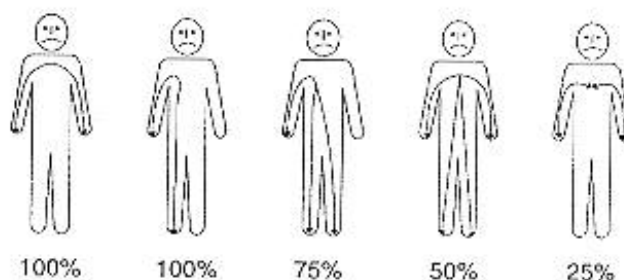
- Impedancia de la piel en la zona de entrada.
- Impedancia interna del cuerpo.
- Impedancia de la piel en la zona de salida.

Hasta tensiones de contacto de 50 V en corriente alterna, la impedancia de la piel varía, incluso en un mismo individuo, dependiendo de factores externos tales como la

Seguridad con la Electricidad – Módulo 2: Efectos de la Corriente en el Cuerpo Humano

temperatura, la humedad de la piel, etc.; sin embargo, a partir de 50 V la impedancia de la piel decrece rápidamente, llegando a ser muy baja si la piel está perforada.

La impedancia interna del cuerpo puede considerarse esencialmente como resistiva, con la particularidad de ser la resistencia de los brazos y las piernas mucho mayor que la del tronco. Además, para tensiones elevadas la impedancia interna hace prácticamente despreciable la impedancia de la piel. Para poder comparar la impedancia interna dependiendo de la trayectoria, en la figura siguiente se indican las impedancias de algunos recorridos comparados con los trayectos mano-mano y mano-pie que se consideran como impedancias de referencia (100%).



Impedancia interna del organismo

En las tablas 1 y 2 se indican unos valores de la impedancia total del cuerpo humano en función de la tensión de contacto, tanto para corriente alterna y continua, respectivamente.

Tabla 1: Impedancia del cuerpo humano frente a la corriente alterna

Tensión de Contacto (V)	Trayectoria mano-mano, piel seca, CA, frec. 50-60 Hz, superficie de contacto 50-100 cm ² Impedancia de total (Ω) del cuerpo humano que no son sobrepasados por el		
	5% de las personas	50% de las personas	95% de las personas
25	1.750	3.250	6.100
50	1.450	2.625	4.375
75	1.250	2.200	3.500
100	1.200	1.875	3.200
125	1.125	1.625	2.875
220	1.000	1.350	2.125
700	750	1.100	1.550
1.000	700	1.050	1.500
Valor asintótico	650	750	850

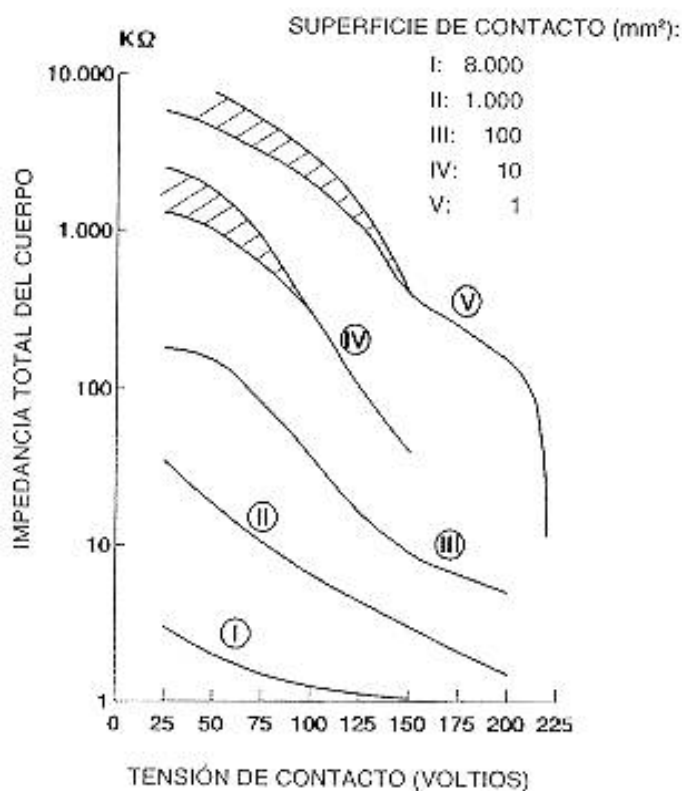
Tabla 2: Impedancia de cuerpo humano frente a la corriente continua

Tensión de Contacto (V)	Trayectoria mano-mano, piel seca, CC, superficie de contacto 50-100 cm ² Impedancia de total (Ω) del cuerpo humano que no son sobrepasados por el		
	5% de las personas	50% de las personas	95% de las personas
25	2.200	3.875	8.800
50	1.750	2.990	5.300
75	1.510	2.470	4.000
100	1.340	2.070	3.400
125	1.230	1.750	3.000

Seguridad con la Electricidad – Módulo 2: Efectos de la Corriente en el Cuerpo Humano

220	1.000	1.350	2.125
700	750	1.100	1.550
1.000	700	1.050	1.500
Valor asintótico	650	750	850

Las variaciones de la impedancia del cuerpo humano en función de la superficie de contacto, se representan en la figura siguiente, en relación con la tensión aplicada.



Impedancia del cuerpo en función de la superficie de contacto (50 Hz)

5) TENSIÓN APLICADA

En sí misma no es peligrosa pero, si la resistencia es baja, ocasiona el paso una intensidad elevada y, por tanto, muy peligrosa. El valor límite de la tensión de seguridad debe ser tal que aplicada al cuerpo humano, proporcione un valor de intensidad que no suponga riesgos para el individuo.

Como anteriormente se mencionó, la relación entre la intensidad y la tensión no es lineal debido al hecho de que la impedancia del cuerpo humano varía con la tensión de contacto. Ahora bien, por depender la resistencia del cuerpo humano, no solo de la tensión, sino también de la trayectoria y del grado de humedad de la piel, no tiene sentido establecer una única tensión de seguridad sino que tenemos que referirnos a infinitas tensiones de seguridad, cada una de las cuales se correspondería a una función de las distintas variables anteriormente mencionadas.

Las tensiones de seguridad aceptadas son 24 V para emplazamientos húmedos y 50 V para emplazamientos secos, siendo aplicables tanto para corriente continua como para corriente alterna de 50 Hz.

5.1) Influencia de la Tensión de Red en las Características de Accidentes Eléctricos

Se sabe por experiencia que en los accidentes ocurridos en redes de baja tensión 220/380 V la corriente de contacto recorre distintas partes del cuerpo afectando piel, músculos, vasos sanguíneos, nervios, órganos internos, etc., según el tipo de accidente. La gravedad es directamente proporcional a la cantidad de energía que atraviesa el cuerpo. Va desde la simple percepción, hasta contracciones musculares, fibrilación ventricular, quemaduras en piel y órganos internos y afecciones en el cerebro de diversa complejidad que, según el centro afectado, puede provocar desde edema hasta lesiones localizadas. Otros daños se producen en huesos, riñones, etc. En el caso particular de los ojos son dos los accidentes típicos: quemadura de córnea por arco eléctrico o proyección de material fundido, y lesiones de la retina por radiación ultravioleta. Otras veces, el calor generado por la corriente provoca cataratas en forma inmediata o después de cierto tiempo.

En todos los casos la gravedad del accidente está condicionada por la destrucción de la piel, dado que desde el punto de vista eléctrico ésta constituye la mayor parte de la resistencia del cuerpo.

En el caso de accidentes en instalaciones de media y alta tensión, la cantidad de energía puesta en juego es generalmente más alta que en baja tensión. La corriente de contacto tiende a circular por la periferia del cuerpo, es decir, piel y músculos, interesando en contadas ocasiones a los órganos internos.

Con la piel seca la resistencia del cuerpo puede valer 100.000 ohmios, en esas condiciones, un contacto con una red de 10.000 V provocaría una corriente de 100 mA.

Si el contacto es lo suficientemente prolongado como para quemar la piel, su resistencia desaparece. La resistencia que queda corresponde a los órganos internos, en cuyo caso la corriente de contacto vale 20 A, o sea, el resultado de dividir la tensión de 10.000 V por la resistencia interna, la que es igual a 500 ohmios.

Como consecuencia de lo expuesto es que en media y alta tensión los accidentes graves y muertes se deben en un gran porcentaje a:

- Quemaduras superficiales por corriente o arco que abarcan toda una gama de gravedad según la extensión y profundidad del área afectada.
- Quemaduras internas. La considerable energía disipada por efecto Joule en músculos y otros tejidos internos, produce graves quemaduras que pueden llegar a la carbonización de miembros y órganos.
- Manifestaciones renales. Los riñones pueden quedar bloqueados como consecuencia de las quemaduras de otras partes del cuerpo, puesto que se ven obligados a eliminar gran cantidad de mioglobina y hemoglobina producidas en las zonas afectadas, así como las sustancias tóxicas resultantes de la descomposición de los tejidos destruidos por las quemaduras.
- En los casos más graves, días después de producidas las lesiones, sobreviene la muerte a causa de un paro renal.

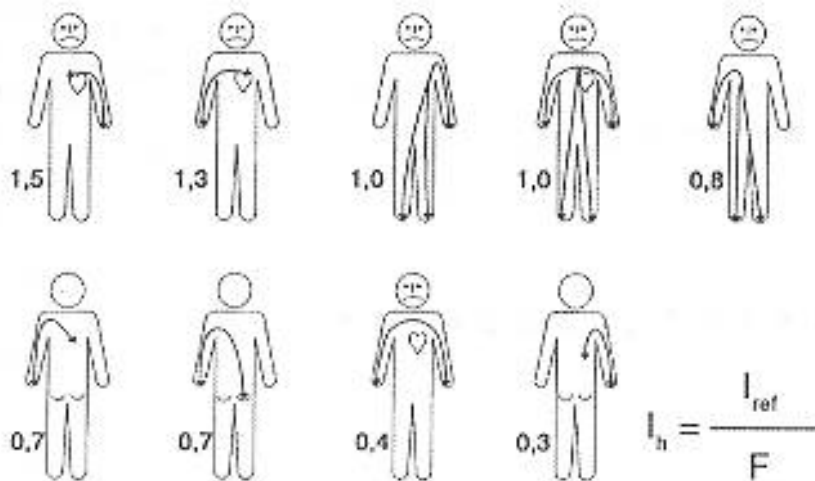
6) RECORRIDO DE LA CORRIENTE A TRAVÉS DEL CUERPO

La gravedad del accidente depende del recorrido de la misma a través del cuerpo. Una trayectoria de mayor longitud tendrá, en principio, mayor resistencia y, por tanto, menor intensidad; sin embargo, puede atravesar órganos vitales (corazón, pulmones, hígado, etc.) provocando lesiones mucho más graves. Aquellos recorridos que atraviesan el tórax o la cabeza ocasionan los mayores daños.

En puntos anteriores se indicaban los efectos de la intensidad en función del tiempo de aplicación; nos referíamos al trayecto de «mano izquierda a los dos pies». Para otros trayectos se aplica el llamado **factor de corriente de corazón «F»**, que permite calcular

Seguridad con la Electricidad – Módulo 2: Efectos de la Corriente en el Cuerpo Humano

la equivalencia del riesgo de las corrientes que teniendo recorridos diferentes atraviesan el cuerpo humano. Se representan en la figura.



Factor de corriente de corazón "F"

La mencionada equivalencia se calcula mediante la expresión:

$$I_h = \frac{I_{ref}}{F}$$

siendo,

I_h = corriente que atraviesa el cuerpo por un trayecto determinado.

I_{ref} = corriente «mano izquierda-pies».

F = factor de corriente de corazón.



**Trabajamos para que no
haya nada que perder**

**Mejor que
asegurar es
evitar,
y evitar es
proteger**

Prevenición de incendios, asesoramiento
integral de seguridad e higiene

info@redproteger.com.ar

www.redproteger.com.ar

Tel.: (0341) 156 420607 / (0341) 445-1251

RED
PROTEGER
HIGIENE, CONTROL
y SEGURIDAD