



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

K.64

(02/2004)

SERIE K: PROTECCIÓN CONTRA LAS
INTERFERENCIAS

**Métodos seguros de trabajo en equipos
exteriores instalados en entornos especiales**

Recomendación UIT-T K.64

Recomendación UIT-T K.64

Métodos seguros de trabajo en equipos exteriores instalados en entornos especiales

Resumen

En esta Recomendación se describen métodos de trabajo seguros para el personal que se ocupa del mantenimiento de instalaciones de telecomunicaciones en tres entornos especiales.

Los entornos especiales que se tratan en esta Recomendación se caracterizan por ser húmedos o estar muy próximos a partes metálicas al descubierto.

Los métodos de trabajo se aplican a plantas de telecomunicaciones cuyos niveles de tensión son superiores a los límites definidos para los circuitos RTPC analógicos, por ejemplo, RFT-C o RFT-V.

Orígenes

La Recomendación UIT-T K.64 fue aprobada el 29 de febrero de 2004 por la Comisión de Estudio 5 (2001-2004) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

La UIT agradece a la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) por su autorización para reproducir información del Informe técnico CEI 60479-1. Todos estos extractos son propiedad intelectual de la CEI, Ginebra (Suiza). Todos los derechos reservados. Información sobre la CEI en el sitio <http://www.iec.ch/>. La CEI no es responsable de la inserción de los extractos y del contenido, ni del contexto en el que los reproduce el UIT-T, y tampoco es responsable de ninguna manera del resto del contenido ni de su exactitud.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2004

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
3 Definiciones.....	1
4 Abreviaturas.....	3
5 Lugares de trabajo de telecomunicación con peligro de descarga eléctrica	3
6 Niveles de tensión en las instalaciones TLC	4
7 Métodos de trabajo en plantas TLC en entornos especiales.....	5
7.1 Desconexión de la fuente de alimentación	5
7.2 Métodos para trabajar sobre circuitos de telecomunicaciones con conexión eléctrica.....	6
8 Trabajo en instalaciones de telecomunicaciones con peligro de descarga eléctrica.....	8
8.1 Trabajos sobre equipos o dispositivos (cajas terminales, etc.).....	8
8.2 Trabajos sobre los cables.....	9
Apéndice I – Justificación de los valores límite de seguridad de la tensión en lugares de trabajo con un gran riesgo de descarga eléctrica	10
I.1 Casos de operaciones.....	10
I.2 Hipótesis de cálculo.....	10
I.3 Cálculo de la corriente límite	12
I.4 Cálculo del límite de tensión	15

Introducción

En la infraestructura de telecomunicaciones de los operadores de red se utilizan equipos que se alimentan a través de cables simétricos o coaxiales. Las tensiones y corrientes que alimentan estos sistemas son distintas y cumplen con los valores límite definidos en las normas CEI 60950-1 y CEI 60950-21 para cables de par simétricos y en la norma CEI 60728-11 para cables coaxiales. Los límites especificados en estas normas se han establecido para que el personal de mantenimiento trabaje de modo seguro sobre estas líneas sin tener que desconectar la alimentación de los circuitos.

No obstante, en ciertos entornos de telecomunicaciones es necesario tomar precauciones adicionales para que el personal de mantenimiento pueda trabajar sin peligros sobre los circuitos que normalmente se consideran seguros al tocarlos. Estos entornos se caracterizan por ser húmedos, y algunas veces contienen agua estancada. En esta Recomendación se describen tres situaciones prácticas en las que es necesario tomar precauciones adicionales y se describe la forma en la que el personal de mantenimiento debe realizar su trabajo para reducir el riesgo que existe en estas situaciones.

Los métodos descritos en esta Recomendación están sujetos a modificaciones o medidas de seguridad adicionales en función de la aplicación específica, las condiciones locales o la reglamentación.

Recomendación UIT-T K.64

Métodos seguros de trabajo en equipos exteriores instalados en entornos especiales

1 Alcance

El objetivo de esta Recomendación es describir métodos de trabajo para el mantenimiento de plantas de telecomunicaciones instaladas en entornos especiales y cuyos niveles de tensión son superiores a los límites definidos para los circuitos de la RTPC analógicos. Los entornos especiales que se tratan en esta Recomendación se caracterizan por ser húmedos o por estar muy próximos a partes metálicas al descubierto.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] CEI 60950-1 (2001-10), *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*.
- [2] Directrices del UIT-T (Volumen VI, 1989), *Peligros y perturbaciones*.
- [3] Directrices del UIT-T (Volumen VII, 1989), *Medidas de protección y precauciones por razones de seguridad*.
- [4] CEI/TR2 60479-1 (1994-09), *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*.
- [5] Recomendación UIT-T K.50 (2000), *Límites de seguridad para tensiones y corrientes de explotación en sistemas de telecomunicación alimentados por la red*.
- [6] Recomendación UIT-T K.51 (2000), *Criterios de seguridad para equipos de telecomunicación*.
- [7] CEI 60728-11 (WIP), *Cable networks for television signals, sound signals and interactive services – Part 11: Safety requirements*.
- [8] CEI 60950-21 (2002-12), *Information technology equipment – Safety – Part 21: Remote power feeding*.

3 Definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

3.1 circuito CATV: Circuito interfaz para un SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN POR CABLE destinado a la transmisión de señales de vídeo, datos y/o audio, entre edificios separados o entre antenas exteriores y edificios.

NOTA – En esta Recomendación sólo se tienen en cuenta los circuitos CATV cuya alimentación eléctrica se hace a distancia, es decir circuitos alimentados entre la unidad del nodo óptico y el último amplificador de línea.

3.2 ambiente seco: Entorno en el que la resistencia de la piel y del cuerpo no se ve reducida con respecto al valor definido en la norma CEI 60479-1.

3.3 clasificación ambiental: Los entornos que se estudian en esta Recomendación se clasifican del modo siguiente:

- Entorno de tipo 1: entorno en que el suelo está húmedo, a veces con agua estancada (por ejemplo, cámara subterránea, sótanos, trincheras).
- Entorno de tipo 2: entorno con paredes húmedas y espacio de trabajo reducido (por ejemplo sótanos) de modo que las personas pueden tocar las paredes húmedas, lo que puede dar lugar (en caso de que la mano toque una parte con energía eléctrica) a un trayecto de corriente diferente al que va de la mano a los pies.
- Entorno de tipo 3: entorno en un espacio de trabajo reducido y en el que existen partes metálicas ajenas (por ejemplo instalaciones de otros servicios); durante las operaciones de mantenimiento el cuerpo está en contacto continuo con una superficie extensa de partes metálicas (por ejemplo una torre metálica de un enlace radioeléctrico).

3.4 utensilio aislante: Utensilio, por ejemplo un destornillador, unas tijeras o unos alicates, con el mango aislante, que utiliza el personal de mantenimiento durante su trabajo en los equipos o cables de telecomunicaciones.

3.5 circuito RTPC analógico: Circuito TNV (véase 3.9) que funciona a tensiones iguales o inferiores a 90 V c.c. con señales acústicas conformes con CEI 60950-1.

3.6 circuito RFT-C: Circuito de telecomunicación telealimentado que está diseñado y protegido para que las corrientes del circuito no sobrepasen unos valores definidos durante su funcionamiento normal y en caso de que se produzcan fallos sencillos.

NOTA – Los valores límites de la corriente durante el funcionamiento normal o en caso de que se produzca un fallo sencillo se especifican en la Rec. UIT-T K.50 o en la norma CEI 60950-21.

3.7 circuito RFT-V: Circuito de telecomunicación telealimentado que está diseñado y protegido para que las tensiones estén limitadas durante su funcionamiento normal y en caso de producirse un fallo sencillo, y que tienen una superficie de contacto accesible reducida.

NOTA – Los valores límites de la tensión durante el funcionamiento normal o en caso de que se produzca un fallo sencillo se especifican en la Rec. UIT-T K.50 o en la norma CEI 60950-21.

3.8 personal de mantenimiento: Personas con la capacitación técnica adecuada y la experiencia necesaria para ser conscientes de los peligros a los que pueden verse expuestas durante su trabajo, y que conocen las medidas que hay que tomar para minimizar los riesgos para ellas y para las demás personas.

3.9 circuito TNV: Circuitos en el equipo cuya superficie de contacto accesible es pequeña y que están diseñados y protegidos para que las tensiones no sobrepasen unos ciertos valores límite durante su funcionamiento normal y en caso de producirse un fallo sencillo.

3.10 usuario: Toda persona distinta del personal de mantenimiento.

3.11 ambiente húmedo: Ambiente en el que la resistencia de la piel y del cuerpo es inferior al valor definido en CEI 60479-1.

3.12 sótano: Una cámara subterránea (pozo de inspección, foso, central telefónica o entrada de cables a edificios muy altos), pedestal elevado con respecto al nivel de tierra o armario que se utiliza para instalar equipos de comunicaciones, por ejemplo cajas de empalmes, cajas protectoras y/o equipos electrónicos instalados en la planta exterior.

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

CATV	Televisión por cable (<i>cable TV</i>)
c.c.	Corriente continua (<i>direct current</i>)
CCP	Punto de conexión cruzada (<i>cross-connection point</i>)
MDF	Repartidor principal (<i>main distribution frame</i>)
RFT-C	Sistema de telecomunicación telealimentado – circuito de corriente (<i>remote feeding telecommunication – current circuit</i>)
RFT-V	Sistemas de telecomunicación telealimentado – circuito de tensión (<i>remote feeding telecommunication – voltage circuit</i>)
rms	Valor cuadrático medio (<i>root mean square</i>)
RTPC	Red telefónica pública conmutada
SELV	Tensión baja suplementaria de seguridad (<i>safety extra low voltage</i>)
TLC	Telecomunicación (<i>telecommunication</i>)
TNV	Tensión de red de telecomunicación (<i>telecommunication network voltage</i>)

5 Lugares de trabajo de telecomunicación con peligro de descarga eléctrica

En las normas de seguridad se reconoce que los niveles de tensión que se consideran seguros en condiciones normales pueden convertirse en peligrosos para el personal de mantenimiento si hay humedad. Por ejemplo, es bien sabido que los mismos límites de circuito SELV pueden presentar peligros de descarga eléctrica cuando se utilizan en entornos húmedos; por esta razón, el límite de tensión de las partes que puede tocar una persona es igual a la mitad del que se aplica en un entorno seco.

Evidentemente, las tensiones que se utilizan en las líneas de telecomunicaciones no se pueden reducir para obtener las mismas condiciones de seguridad en un entorno húmedo que pueda tocar el personal de seguridad. En tales casos, y dado que existen fuentes de energía peligrosas, el modo más eficaz de impedir que se produzca una desgracia es el comportamiento del personal de mantenimiento. Por consiguiente, es necesario cumplir los métodos de trabajo seguros al realizar el mantenimiento de equipo cuando no sea posible hacerlo en un entorno seco. Esta solución es posible gracias a los conocimientos y la experiencia del personal de mantenimiento.

Un ejemplo de lo anterior es el mantenimiento que se lleva a cabo desde una cámara subterránea, o en general, un sótano, donde la presencia de agua en el suelo es tan probable como la infiltración de agua en las paredes internas. Algunas veces, el espacio reducido del lugar de trabajo no facilita el mantenimiento del equipo y aumenta la probabilidad de que el trayecto de corriente a través de cuerpo de la persona sea diferente del trayecto de corriente entre la mano y los pies. Por último, el personal de mantenimiento puede tocar por accidente una extensa superficie de conductores conectados a la alimentación. Esto podría suceder si, por ejemplo, con una mano mantiene un utensilio en contacto con el conductor conectado a la corriente eléctrica mientras que con la otra, u otra parte del cuerpo, está tocando un conductor puesto a tierra.

En resumen, hay tres entornos especiales que pueden representar peligro para el personal de mantenimiento que está trabajando en una planta TLC:

- 1) Entorno de tipo 1: ambiente húmedo (véase 3.3).
- 2) Entorno de tipo 2: lugar de trabajo reducido y con humedad (véase 3.3).

- 3) Entorno de tipo 3: lugar de trabajo reducido que contiene partes metálicas ajenas (véase 3.3).

Para reducir el peligro de descarga eléctrica durante las actividades de mantenimiento que se realizan en un entorno de este tipo, el personal de mantenimiento debe seguir los métodos de trabajo eficaces y sencillos que se describen en la cláusula 7.

6 Niveles de tensión en las instalaciones TLC

La CEI 60950-1 estipula que los niveles de tensión en los cables de par simétrico de las redes de telecomunicaciones no deben ser superiores a 70,7 V (cresta) o 120 V en c.c. Los circuitos de TNV, a los cuales sólo tiene acceso el personal cualificado, son seguros en condiciones ambientales ordinarias (ambiente seco), pero en ambientes húmedos el contacto con estos circuitos de TNV a tensiones mayores que las tensiones de la RTPC analógica (véase 3.5), puede resultar peligroso para el personal de mantenimiento debido a la reducción de la impedancia de contacto.

Los niveles de tensión utilizados en las redes de distribución de cable coaxial se definen en CEI 60728-11, en la cual se estipula que los niveles de tensión entre el conductor interno y el externo no deben rebasar los 65 Vrms, o los 120 V c.c. Cabe tener en cuenta que estos niveles de tensión son completamente inaccesibles por el usuario y que el personal de mantenimiento sólo tiene acceso a los mismos después de sacar, con una herramienta, el recubrimiento del equipo.

En CEI 60950-21 se han definido los circuitos de telecomunicación tellalimentado limitados por corriente (RFT-C) o por tensión (RFT-V). El personal de mantenimiento puede tocar con la mano al descubierto estos dos tipos de circuitos aunque estén conectados a la alimentación, de acuerdo con la Rec. UIT-T K.50.

En el cuadro 1 se resumen los niveles de tensión que pueden tener las líneas de telecomunicaciones en condiciones normales para los diferentes tipos de circuito en la red [1], [5], [7] y [8]. En estos niveles de tensión se supone que la superficie de contacto no es mayor que 1 cm² para que la impedancia del cuerpo entre la mano y el pie sea > 5 kΩ.

Cuadro 1/K.64 – Tensiones en la línea TLC en condiciones normales para los diferentes tipos de circuitos en el equipo de alimentación eléctrica de la red

Tipo de circuito	V c.c. máx [V]	V c.a. máx [V]
TNV	120	70,7 (valor de cresta)
RFT-C	± 400 (nota 1)	n.a.
RFT-V	± 140 (nota 2)	n.a.
CATV	120	65 (rms)
NOTA 1 – Si no se especifica el valor del cableado en la red de telecomunicación. Si éste se especifica, la tensión de la fuente de alimentación se limitará a este valor o a un valor máximo de 1500 V (véase el anexo B/K.50). NOTA 2 – O ± 200 V si la corriente de cortocircuito se limita a 10 mA c.c. (véase el anexo A/K.50).		

Básicamente, la corriente que pasa a través del cuerpo determina la respuesta humana a los estímulos eléctricos. La tensión es importante porque junto con la impedancia del cuerpo, determina la corriente que pasa a través del cuerpo.

Los anteriores límites de tensión y corriente se han calculado utilizando el umbral "pérdida de control muscular", el cual se define como el umbral en el cual se pierde la capacidad de soltar el conductor electrificado. En el caso de los circuitos de tensión limitada, por ejemplo circuitos TNV y RFT-V, los límites de tensión se han definido utilizando una impedancia del cuerpo de 5 kΩ. De este modo

se introduce un margen de seguridad en el límite en caso de que el trayecto de corriente pase a través del cuerpo, dado que en la práctica es muy posible que los valores de la impedancia del cuerpo sean superiores, como se indica en CEI 60479-1 (superficie de contacto pequeña).

Los trabajos que se realizan sobre conductores electrificados afectan a la probabilidad de que se produzca una respuesta fisiológica. La probabilidad de una determinada respuesta del cuerpo a un cierto nivel de tensión depende de las precauciones que se adopten mientras se trabaja sobre dichas partes. Las precauciones son muy sencillas para tensiones bajas, pero en algunos casos puede ser necesaria la desconexión de la fuente de alimentación del cable o del equipo antes de iniciar los trabajos.

Las precauciones de seguridad descritas a continuación permiten que el personal de mantenimiento trabaje de manera segura en los entornos especiales definidos en esta Recomendación.

NOTA – Los posibles efectos de las tensiones inducidas en la línea de telecomunicación se están estudiando.

7 Métodos de trabajo en plantas TLC en entornos especiales

Los trabajos que se realicen en las instalaciones de telecomunicaciones tanto en condiciones normales como en los entornos especiales descritos en esta Recomendación (ambientes de tipo 1, 2 ó 3) deberá realizarlos únicamente personal de mantenimiento cualificado siguiendo los procedimientos de trabajo seguros que se definen a continuación.

Según esta Recomendación, lo primero que se ha de hacer es clasificar la instalación de telecomunicaciones en la que se va a trabajar; en la práctica, se han de indicar las instalaciones con tensiones TNV, RFT-C, RFT-V o circuitos de cable coaxial. Antes de iniciar los trabajos, el personal de mantenimiento tiene que evaluar el riesgo, para lo cual determinará la clasificación de las tensiones en las instalaciones de telecomunicación (por ejemplo, consultando los registros/mapas (planos) del TLC, en los que figura la información sobre el tipo de servicio).

Para los conductores con tensiones superiores a las del servicio RTPC analógico, se deben instalar etiquetas o marcadores aislados (por ejemplo, fundas de plástico de colores) en el MDF y en los puntos de conexión cruzada (CCP) accesibles a lo largo de la ruta que indiquen claramente la tensión y el servicio de que se trata. En estos casos, se deberán seguir las precauciones de seguridad descritas en 7.1 y 7.2 (figura 1).

7.1 Desconexión de la fuente de alimentación

Los trabajos eléctricos en las instalaciones de TLC en entornos de tipo 1, 2 ó 3 deben realizarse, en la medida de lo posible, con la fuente de alimentación apagada o utilizando dispositivos de aislamiento, desconexión o de puesta en cortocircuito en el MDF y demás CCP correspondientes en los conductores que tienen niveles de tensión peligrosa dentro del alcance de esta Recomendación.

Cuando sea posible, en el MDF se deberá poner una nota temporal que indique claramente que no se deben desconectar los dispositivos de aislamiento o desconexión o cambiar su posición porque se están realizando trabajos en la línea.

No obstante, el mensaje deberá considerar una medida de precaución suficiente solamente si los dispositivos deshabilitadores están en lugares en los que sólo tiene acceso el personal de mantenimiento; de lo contrario será necesario bloquear los dispositivos deshabilitadores en su posición "apagado".

Una vez terminados los trabajos, la fuente de alimentación se volverá a conectar solamente después de que el personal de mantenimiento haya terminado la instalación de la protección de seguridad.

Se deben poner etiquetas en aquellos conductores del MDF cuyos niveles de tensión sean los de los circuitos RFT-V o RFT-C. El contacto no deliberado entre conductores de diferentes circuitos de alimentación eléctrica, aun cuando sean del mismo tipo, debe evitarse, por ejemplo mediante recubrimientos de apantallamiento y aislantes.

Antes de empezar a trabajar, el personal de mantenimiento tiene que verificar, utilizando el instrumento de medición adecuado, que las tensiones no sobrepasan los límites de la RTPC analógica (véase 3.5) en todos los conductores en los que sea necesario realizar operaciones.

7.2 Métodos para trabajar sobre circuitos de telecomunicaciones con conexión eléctrica

Cuando no sea posible desconectar la fuente de alimentación de las partes que el personal de mantenimiento puede llegar a tocar con la mano en un determinado entorno, se deben utilizar utensilios con mangos aislantes u otros dispositivos de protección aislantes eficaces (por ejemplo, guantes aislantes y/o, en entorno de tipo 1, botas de goma).

En los diferentes tipos de entornos definidos en esta Recomendación, es necesario adoptar las siguientes precauciones de seguridad¹:

- Entorno de tipo 1: si las tensiones de los circuitos TNV o RFT-V sin limitación de corriente son mayores que 105 V c.c., es necesario utilizar conectores aislantes o utensilios con mangos aislantes para que no se puedan tocar con la mano los conductores y/o botas aislantes para evitar el contacto húmedo con los pies o las piernas.
- Entornos de tipo 2 y 3: si las tensiones de los circuitos TNV o RFT-V sin limitación de corriente son mayores que 90 V c.c., es necesario utilizar conectores aislantes o instrumentos con mangos aislantes, botas aislantes o guantes aislantes.

Entornos de tipo 2 y 3: si las tensiones de los cables coaxiales son mayores que 60 Vrms es necesario utilizar conectores aislantes o utensilios con mangos aislantes.

Cuando se trabaje en las partes electrificadas es fundamental detectar mediante medición las fallas de tierra o las corrientes de derivación a tierra que probablemente puedan ocurrir (véase B.3/K.50) en particular en los sistemas de alimentación flotantes que al tocarlos pueden generar corrientes muy peligrosas (circuitos RFT-C) y eliminar antes de empezar a trabajar las impedancias bajas conectadas a tierra del conductor de una línea.

En el cuadro 2 se resumen las precauciones de seguridad que hay que tomar durante los trabajos con elementos electrificados en los diferentes tipos de entornos.

Si el personal de mantenimiento no tiene la posibilidad de utilizar dispositivos de protección especiales durante los trabajos que se realicen cerca de otras partes electrificadas de telecomunicación distintas de los circuitos RTPC, el trabajador deberá tener mucho cuidado de mantener alejadas las manos de esas partes electrificadas.

¹ Los valores indicados se calculan en el apéndice I.

Cuadro 2/K.64 – Precauciones de seguridad que hay que tomar al trabajar en entornos electrificados en diferentes tipos de entornos

Entorno	Circuito TNV	Circuito RFT-C	Circuito RFT-V sin limitación de corriente	Circuito CATV
Entorno de tipo 1: humedad	Si la tensión es mayor que 105 V c.c., se deberá utilizar conectores aislantes o utensilios con mangos aislantes.	Tocar solamente un conductor a la vez y comprobar las fallas a tierra de la línea.	Si la tensión es mayor que 105 V c.c., se deberá utilizar conectores aislantes o utensilios con mangos aislantes.	No es necesario tomar precauciones especiales.
Entorno de tipo 2: espacio de trabajo reducido en un ambiente húmedo	Si la tensión es mayor que 90 V c.c., se deberá utilizar conectores aislantes o utensilios con mangos aislantes.	Tocar solamente un conductor a la vez y comprobar las fallas a tierra de la línea.	Si la tensión es mayor que 90 V c.c., se deberá utilizar conectores aislantes o utensilios con mangos aislantes, o guantes aislantes.	Si la tensión es mayor que 60 Vrms, se deberá utilizar conectores aislantes o utensilios con mangos aislantes.
Entorno de tipo 3: espacio de trabajo reducido en contacto con partes metálicas ajenas	Si la tensión es mayor que 90 V c.c., se deberá utilizar conectores aislantes o utensilios con mangos aislantes.	Tocar solamente un conductor a la vez y comprobar las fallas a tierra de la línea.	Si la tensión es mayor que 90 V c.c., se deberá utilizar conectores aislantes o utensilios con mangos aislantes, o guantes aislantes.	Si la tensión es mayor que 60 Vrms, se deberá utilizar conectores aislantes o utensilios con mangos aislantes.

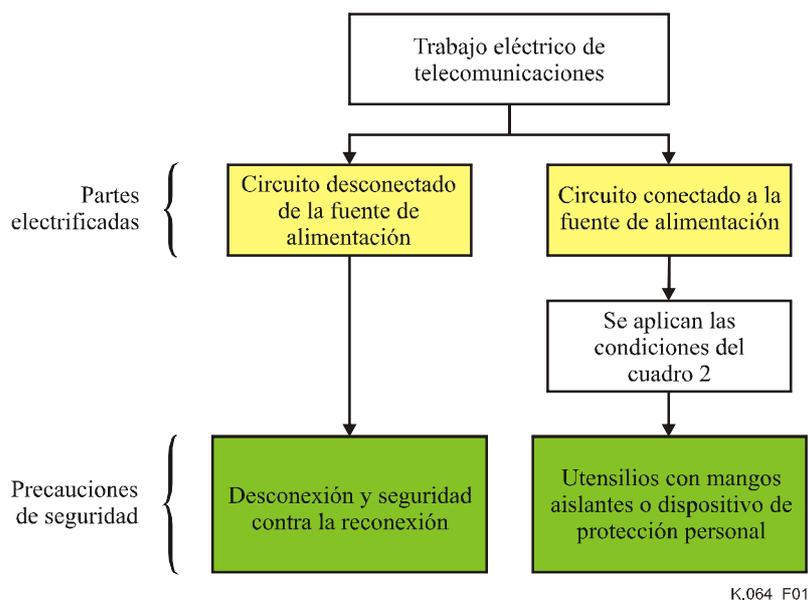


Figura 1/K.64 – Diagrama de los procedimientos de seguridad en entornos especiales (véase 3.3)

8 Trabajo en instalaciones de telecomunicaciones con peligro de descarga eléctrica

Normalmente, los trabajos que se realizan en una planta de telecomunicación consisten en una de las siguientes actividades:

- mantenimiento o sustitución del equipo;
- operaciones sobre los cables.

NOTA – En esta Recomendación se tratan únicamente los dos puntos anteriores porque se considera que la planta está desconectada antes de la primera activación y no hay peligro en el sentido de esta Recomendación.

8.1 Trabajos sobre equipos o dispositivos (cajas terminales, etc.)

Los equipos instalados en entornos con peligro de descarga eléctrica deberán tener una etiqueta de advertencia claramente visible en su caja para recordar al personal de mantenimiento que necesita adoptar los procedimientos de seguridad adecuados.

En un entorno de trabajo como por ejemplo una cámara subterránea, la instalación y fijación del equipo debe hacerse teniendo en cuenta la necesidad de realizar actividades de mantenimiento. En la medida de lo posible, en la instalación y fijación del equipo se deberá tratar de facilitar las futuras operaciones en el lugar de trabajo. Como ejemplo puede citarse la utilización de cables lo suficientemente largos para que los equipos ubicados en la cámara subterránea se puedan:

- mover temporalmente de la cámara subterránea y colocarlos sobre la superficie;
- elevarse a un nivel por encima del suelo de la cámara subterránea de modo que el mantenimiento se pueda realizar desde el exterior.

A no ser que la superficie esté húmeda, la operación en estas condiciones es comparable a las de un entorno ordinario.

Cuando sea necesario realizar operaciones de mantenimiento en un entorno, como por ejemplo un sótano, los procedimientos de trabajo deberán estar subordinados a la naturaleza de la operación, habida cuenta de la poca libertad de movimiento que probablemente existirá.

A tal fin, y en cuanto a las actividades de mantenimiento de la línea o el equipo terminal se refiere, es posible distinguir los siguientes casos:

- 1) Mediciones eléctricas: es obligatorio que los instrumentos de medición y sus accesorios tengan un nivel de aislamiento adecuado para las tensiones previstas que habrá en la línea de telecomunicación.
- 2) Mantenimiento sacando o insertando componentes que son directamente extraíbles.
- 3) Mantenimiento manual directamente sobre los componentes sin que éstos tengan partes accesibles con tensiones peligrosas.
- 4) Mantenimiento manual sobre componentes que tienen partes accesibles con tensiones peligrosas.

La utilización de utensilios con mangos aislantes sólo es obligatoria cuando el mantenimiento se realiza sobre partes accesibles del equipo electrificado. Para los demás casos, el personal de mantenimiento no corre ningún riesgo y es posible hacer los trabajos con la mano.

La sustitución de los equipos se realizará solamente después de que se haya desconectado la fuente de alimentación.

8.2 Trabajos sobre los cables

Por lo general, los trabajos sobre los cables se pueden llevar a cabo de manera segura si el recubrimiento del cable no se abre o, una vez abierto, no sea posible tocar los conductores internos que tengan tensiones de alimentación superiores a los límites de la RTPC analógica.

Durante los trabajos no se deberá dañar el conductor externo de los cables coaxiales o el aislamiento de plástico de los conductores de un par de cables.

Normalmente, durante los trabajos que se realizan sobre los cables, por ejemplo empalmes, puede ocurrir que se toque el cable con la palma de la mano o incluso con las dos manos. Se debe tratar de evitar la posibilidad de que esto suceda. Por consiguiente, se recomiendan las técnicas de empalmado en las que no se saca el aislamiento de los conductores.

Los empalmes pueden ser de dos tipos:

- 1) La realización de un nuevo empalme en la que entran en juego todos los conductores del cable.
- 2) Volver a realizar un empalme con sólo algunos de los conductores del cable.

El primer tipo corresponde al caso en que, por ejemplo, se ha cortado un cable en el campo y, dado que todo el servicio telefónico ha dejado de funcionar, podría resultar conveniente desconectar la fuente de alimentación de todos los conductores con tensiones superiores a los límites analógicos (servicios RTPC) para proteger al personal de mantenimiento mientras hace el empalme en un entorno en el que hay peligro de descarga eléctrica.

En el segundo caso, pueden utilizarse dos métodos:

- 1) Identificar los pares en el empalme cuyas tensiones sobrepasan los límites de la RTPC analógica, utilizando instrumentos como por ejemplo "detector de pares" o mediante métodos tradicionales que consisten en que el personal de servicio proceda por ensayo y error, es decir, tocando uno por uno los conductores para identificarlos en la central telefónica del lado de red. Hay que etiquetarlos para evitar contactos indeseados. Éste quizá sea el método más fácil con conductores aislantes de papel.
- 2) Utilizar utensilios aislantes para evitar derivaciones a tierra. Éste quizá sea el método más práctico cuando se trata de conductores aislados mediante plástico.

Los conductores cuyos niveles de tensión sean superiores a los límites analógicos (servicios RTPC) deberán desconectarse en el MDF/CCP utilizando dispositivos aislantes/desconectores o de puesta

en cortocircuito a no ser que sea muy poco probable que al realizar el empalme haya un contacto de la piel con conductores al descubierto, para lo cual se utilizarán dispositivos de protección de personal adecuados y los métodos descritos en 7.2.

De igual manera que para los equipos, el personal de mantenimiento deberá garantizar, en primer lugar, que los conductores del cable no están conectados a la alimentación. Toda operación sobre el cable antes de verificar que se ha desconectado la fuente de alimentación, deberá hacerse utilizando utensilios aislantes.

Apéndice I

Justificación de los valores límite de seguridad de la tensión en lugares de trabajo con un gran riesgo de descarga eléctrica

En este apéndice se justifican los valores límite de seguridad de la tensión mostrados en el cuadro 2 para la seguridad de las personas cuando se está trabajando sobre circuitos TNV, RFT-V y CATV en lugares de trabajo con alto riesgo de descarga eléctrica.

El cálculo se realiza de conformidad con CEI 60479-1 mediante la cual se determinan los valores de la tensión y la corriente que, en el caso de que un cuerpo humano entre en contacto con partes activas de la planta de telecomunicaciones, no sean peligrosos para el personal cualificado.

I.1 Casos de operaciones

De acuerdo con la clasificación del tipo de entorno en cuanto al peligro de descarga eléctrica definida en 3.3, se han identificado diferentes condiciones de operación que podrían tener diferentes efectos sobre el cuerpo humano.

Los efectos dependen en gran medida del tipo de contacto del cuerpo con la planta de comunicaciones y el suelo, así como de las condiciones del ambiente del lugar.

Las partes del cuerpo que pueden entrar en contacto con la planta de telecomunicaciones y el suelo son:

- las manos;
- la espalda;
- las nalgas;
- los pies.

I.2 Hipótesis de cálculo

Se trata de determinar el límite de tensión de contacto que se presenta al tocar la planta de telecomunicaciones que, en función del valor de la impedancia del cuerpo humano a través del trayecto de contacto (Z), genera una corriente que no llega a ser peligrosa para las personas.

Esta impedancia, según la norma CEI 60479-1, es:

$$Z = Z_b + Z_c$$

siendo:

Z_b la parte de la impedancia del cuerpo humano, que es función de la superficie de contacto y de la tensión, correspondiente al trayecto de corriente considerado

Z_c la impedancia a tierra

En la figura I.1 se representa la impedancia del cuerpo humano en función de la superficie de contacto y de la tensión Z_T , entre las dos manos.

Para obtener el valor de Z_b es necesario calcular la parte de la impedancia del cuerpo humano, correspondiente al contacto, con respecto a esa impedancia Z_T .

Esta componente de impedancia se puede obtener mediante la figura I.2.

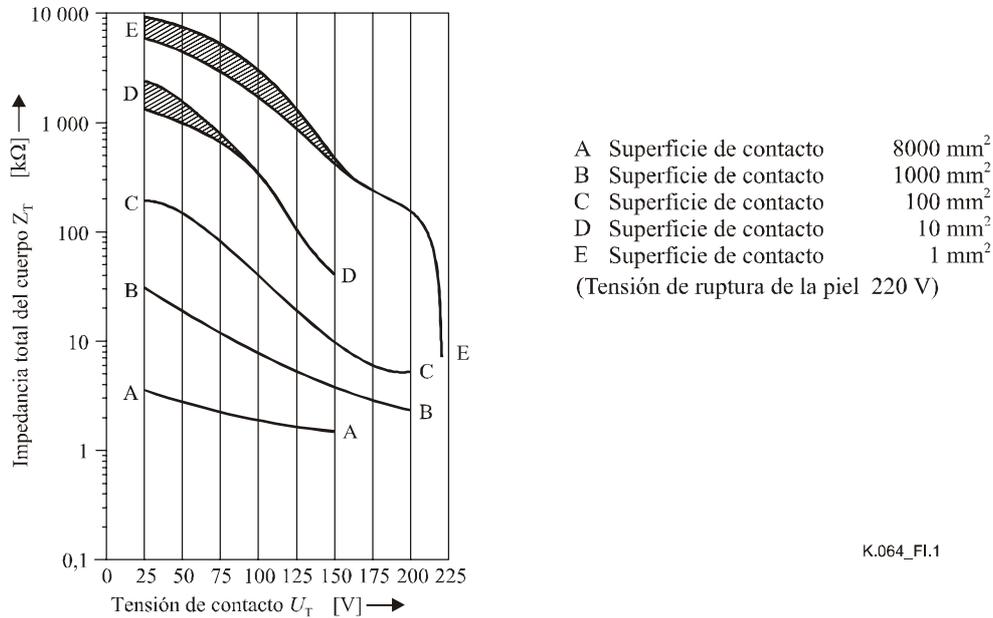
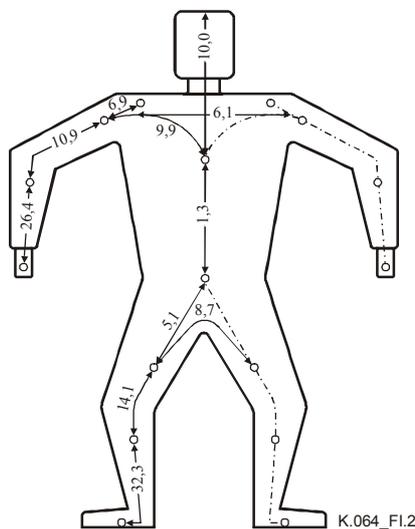


Figura I.1/K.64 – Impedancia del cuerpo humano para el trayecto entre las dos manos



Los números indican el porcentaje de la impedancia interna del cuerpo humano correspondiente a la parte del cuerpo considerada, en relación con el trayecto mano pie.

NOTA 1 Para calcular la impedancia total del cuerpo Z_T para un determinado trayecto de corriente, se suman las impedancias internas de todas las partes del cuerpo del trayecto de corriente así como la impedancia de la piel en las zonas de contacto.

NOTA 2 La impedancia interna desde una mano hasta los dos pies es aproximadamente el 75% de la impedancia entre las dos manos o entre la mano y el pie, la impedancia entre las dos manos y los dos pies es del 50% y la impedancia entre las dos manos y el tronco del cuerpo es del 25%.

Figura I.2/K.64 – Porcentaje de la impedancia interna del cuerpo humano en relación con el trayecto mano pie

Por consiguiente:

$$Z_b = k \times Z_T$$

siendo k la suma de los porcentajes correspondientes al trayecto considerado.

Aunque de acuerdo con CEI 60950-1 la superficie de contacto que se ha de tomar para los cálculos es de 100 mm² (la dimensión de la yema del dedo) hay que tener en cuenta la posibilidad de que el operador, utilizando utensilios aislantes, pueda tocar por accidente partes del equipo de telecomunicación activas con todo el dedo. Por consiguiente, se supondrá una superficie de 1000 mm², lo que corresponde a la curva B de la figura I.1.

Los valores de la impedancia del cuerpo en lo que respecta al contacto con el suelo Z_c , se supondrán los siguientes:

- Si el suelo y las paredes están siempre húmedas o mojadas, su impedancia no será mayor que 200 Ω .
- Si los zapatos están mojados o húmedos la impedancia será de 1000 Ω [ref. norma HD637 CENELEC].
- La impedancia en las partes metálicas se supone igual a 0 Ω .

Por consiguiente, los casos que se han de analizar son los que se muestran en el cuadro I.1 en el cual se considera despreciable la diferencia del trayecto entre la espalda y las nalgas (1,3%).

Cuadro I.1/K.64 – Análisis de casos

Caso	Tipo de entorno	Trayecto de contacto	Condición de los zapatos	Impedancia por el contacto con el suelo, las paredes o las partes metálicas	% de la impedancia del cuerpo humano con respecto al trayecto [k]
1	1	mano-pies	Húmedo o mojado	1200 Ω	75
2		manos-pies			50
3		mano-pie			100
4	2	mano-mano		200	100
5		mano-nalgas			50
6		manos-nalgas			25
7	3	mano-mano		0	100
8		mano-nalgas			50
9		manos-nalgas			25

I.3 Cálculo de la corriente límite

El nivel a partir del cual la corriente que atraviesa el cuerpo humano resulta peligrosa está relacionado con su intensidad y su duración.

La figura I.3 muestra los límites de zona para los diferentes efectos fisiológicos sobre el cuerpo humano y su descripción para el caso de corriente alterna.

La figura I.4 muestra los límites de zona para los diferentes efectos fisiológicos sobre el cuerpo humano y su descripción para el caso de corriente continua.

Los valores de la corriente varían en función de cada trayecto de corriente en el cuerpo humano; el factor que tiene en cuenta lo anterior es el denominado factor F "factor de corriente cardíaca", cuyo valor se muestra en el cuadro I.2.

Por consiguiente:

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

siendo:

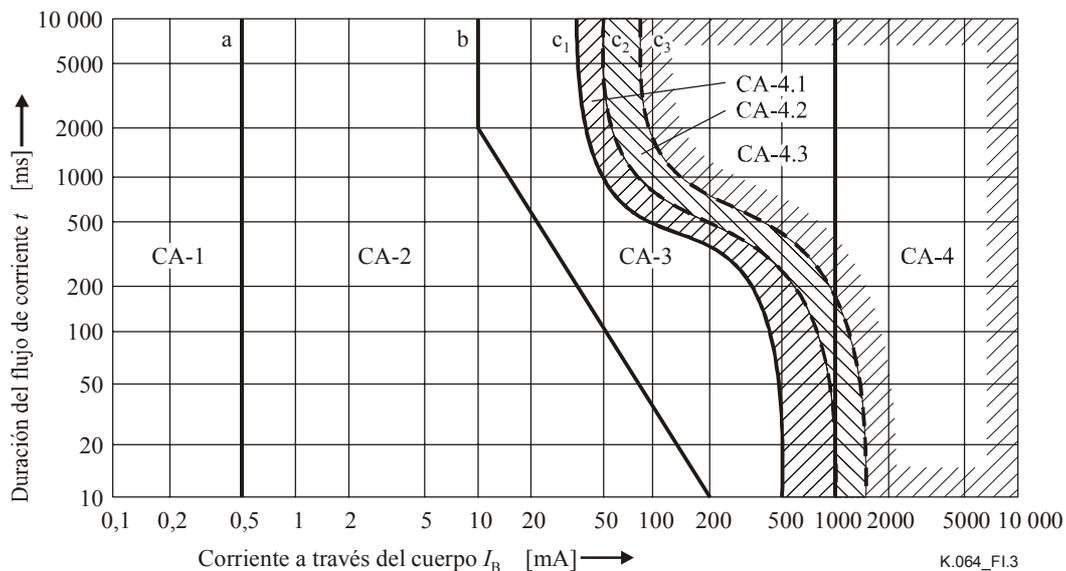
I_{ref} corriente de referencia en la figura I.3 y I.4

I_h corriente para los diferentes trayectos indicados en el cuadro I.2

En caso de trayectos similares, se tomará el valor de F más preventivo.

En el cuadro I.3 se indican los valores límite para el caso de corriente alterna y corriente continua con respecto a la curva "b".

En el cuadro I.4 se muestran los valores límite de la corriente alterna y la corriente continua con respecto a la curva "c₁".

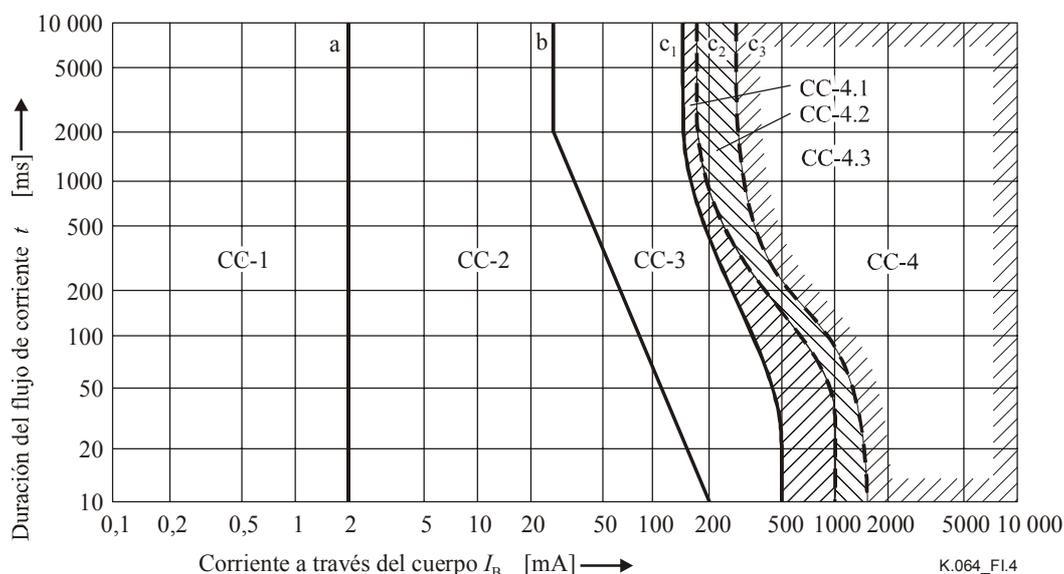


Descripciones de zona

Zona	Límites de la zona	Efectos fisiológicos
CA-1	Hasta 0,5 mA línea a	Normalmente ninguna reacción.
CA-2	0,5 mA hasta línea b (nota)	Normalmente efectos fisiológicos no perjudiciales.
CA-3	Línea b hasta curva c ₁	Normalmente no se producen daños orgánicos. Probablemente se produzcan contracciones musculares y dificultad para respirar cuando la duración del flujo de corrientes es superior a los 2 s. Perturbaciones reversibles de formación y conducción de impulsos en el corazón, en particular fibrilación arterial y paro cardíaco transitorio sin llegar a la fibrilación ventricular, que aumenta con la intensidad de la corriente y la duración.
CA-4	Por encima de la curva c ₁	Aumenta con la intensidad y la duración, efectos patofisiológicos peligrosos como paro cardíaco, paro respiratorio y quemaduras de diferentes grados que pueden producirse además de los efectos de la zona 3.
CA-4.1	c ₁ – c ₂	La probabilidad de fibrilación ventricular aumenta hasta un 5%.
CA-4.2	c ₂ – c ₃	La probabilidad de fibrilación ventricular aumenta hasta el 50%.
CA-4.3	Por debajo de la curva c ₃	La probabilidad de fibrilación ventricular es superior al 50%.

NOTA – Para flujos de corriente de duración inferior a 10 ms, el límite de la corriente a través del cuerpo para la línea b permanece constante en el valor de 200 mA.

Figura I.3/K.64 – Efectos fisiológicos de la corriente alterna en el cuerpo humano



Descripciones de zona

Zona	Límites de la zona	Efectos fisiológicos
CC-1	Hasta 0,5 mA línea a	Normalmente ninguna reacción. Un ligero pinchazo al encender y al apagar.
CC-2	0,5 mA hasta línea b (nota)	Normalmente no causa efectos fisiológicos dañinos.
CC-3	Línea b hasta curva c_1	Por lo general no se prevén daños orgánicos. Los efectos aumentan con la intensidad y duración de la corriente, y pueden producirse perturbaciones reversibles de formación y conducción de impulsos en el corazón.
CC-4	Por encima de la curva c_1	Los efectos aumentan con la intensidad y duración de la corriente, se prevé que se produzcan efectos patofisiológicos peligrosos, por ejemplo, quemaduras graves, además de los efectos de la zona 3.
CC-4.1	$c_1 - c_2$	La probabilidad de fibrilación ventricular aumenta hasta un 5%.
CC-4.2	$c_2 - c_3$	La probabilidad de fibrilación ventricular aumenta hasta el 50%.
CC-4.3	Por debajo de la curva c_3	La probabilidad de fibrilación ventricular es superior al 50%.

NOTA – Para flujos de corriente de duración inferior a 10 ms, el límite de la corriente a través del cuerpo para la línea b permanece constante en el valor de 200 mA.

Figura I.4/K.64 – Efectos fisiológicos de la corriente continua en el cuerpo humano

Cuadro I.2/K.64 – Factor de corriente cardiaca

Trayecto de corriente	Factor de corriente cardiaca, F
Entre la mano izquierda y el pie izquierdo, el pie derecho o ambos pies	1,0
Entre las dos manos y los dos pies	1,0
Entre la mano derecha y la mano izquierda	0,4
Entre la mano derecha y el pie izquierdo, el pie derecho o ambos pies	0,8
Entre la espalda y la mano derecha	0,3
Entre la espalda y la mano izquierda	0,7
Entre el pecho y la mano derecha	1,3
Entre el pecho y la mano izquierda	1,5
Entre las nalgas y la mano izquierda, la mano derecha o ambas manos	0,7

Cuadro I.3/K.64 – Valores límite de c.a. y c.c. con respecto a la curva b

Caso	Tipo de entorno	Trayecto de contacto	Condición de los zapatos	Impedancia de contacto con el suelo, las paredes o las partes metálicas [Ω]	% de la impedancia del cuerpo humano con respecto al trayecto [k]	Factor de corriente cardiaca F	Corriente de referencia c.a. para la curva "b" [mA]	Límite de corriente c.a. para la curva "b" [mA]	Corriente de referencia c.c. para la curva "b" [mA]	Límite de corriente c.c. para la curva "b" [mA]		
1	1	mano-pies	húmedos o mojados	1200	75	1,0	10,00	10,00	30,0	30,00		
2		manos-pies			50							
3		mano-pie			100							
4	2	mano-mano		200	100	0,4	10,0	25,00	30,0	75,00		
5		mano-nalgas			50	0,7					14,29	42,86
6		manos-nalgas			25							
7	3	mano-mano		0	100	0,4	10,0	25,00	30,0	75,00		
8		mano-nalgas			50	0,7					14,29	42,86
9		manos-nalgas			25							

Cuadro I.4/K.64 – Valores límite de c.a. y c.c. con respecto a la curva c₁

Caso	Tipo de entorno	Trayecto de contacto	Condición de los zapatos	Impedancia de contacto con el suelo, las paredes o las partes metálicas [Ω]	% de la impedancia del cuerpo humano con respecto al trayecto [k]	Factor de corriente cardiaca F	Corriente de referencia c.a. para la curva "c ₁ " [mA]	Límite de corriente c.a. para la curva "c ₁ " [mA]	Corriente de referencia c.c. para la curva "c ₁ " [mA]	Límite de corriente c.c. para la curva "c ₁ " [mA]		
1	1	mano-pies	húmedos o mojados	1200	75	1,0	40,00	40,00	150,0	150,00		
2		manos-pies			50							
3		mano-pie			100							
4	2	mano-mano		200	100	0,4	40,0	100,00	150,0	375,00		
5		mano-nalgas			50	0,7					57,14	214,29
6		manos-nalgas			25							
7	3	mano-mano		0	100	0,4	40,0	100,00	150,0	375,00		
8		mano-nalgas			50	0,7					57,14	214,29
9		manos-nalgas			25							

I.4 Cálculo del límite de tensión

Se calculan los límites de tensión para los casos indicados antes, correspondientes a los valores de las impedancias del cuerpo de la figura I.1 a fin de que las corrientes que se generan a través del trayecto de contacto no sobrepasen los límites mostrados en los cuadros I.3 y I.4.

Los cálculos se resumen en el cuadro I.5, en el que se muestra la gama de valores de la tensión para determinar la tensión correspondiente al valor límite de la corriente con respecto a la curva "b" o la curva "c₁".

De todo lo anterior se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Para entorno de tipo 1, no hay casos críticos para tensión en c.a. porque no hay valores inferiores que 65 V c.a.; con respecto a la tensión en c.c. el caso más crítico es el segundo porque presenta una gama de valores de tensión más pequeña con respecto al otro que tiene un valor inferior a 140 V c.c.

- Para los entornos de tipo 2 y 3, los casos más críticos son el sexto y el noveno para la tensión en c.a. y en c.c. porque presentan la gama de valores de tensión más pequeña con respecto a los otros que tienen menos de 65 V c.a. y 140 V c.c., respectivamente.

A partir de los valores indicados en el cuadro I.5, se pueden calcular matemáticamente los valores de corriente límite correspondientes a la tensión relativa y definir los valores críticos siguientes:

- entorno de tipo 1 (caso 2): 105 V c.c.
- entorno tipos 2 y 3 (casos 6 y 9): 90 V c.c., 60 V c.a.

Cuadro I.5/K.64 – Límites de tensión correspondientes a las curvas "b" y "c₁"

Tensión de contacto[voltios]				25	50	75	100	125	150	175	200	Límite de corriente en c.a. para la curva "b" [mA]	Gama de tensiones correspondiente al límite de corriente en c.a. [V]	Límite de corriente en c.c. para la curva "b" [mA]	Gama de tensiones correspondiente al límite de corriente en c.c. [V]	Límite de corriente en c.a. para la curva "c ₁ " [mA]	Gama de tensiones correspondiente al límite de corriente en c.a. [V]	Límite de corriente en c.c. para la curva "c ₁ " [mA]	Gama de tensiones correspondiente al límite de corriente en c.c. [V]																								
Impedancia del cuerpo humano con respecto a la superficie de contacto y la tensión [Ω]				32000	19000	12500	7800	5000	3800	2900	2200																																
Caso	Tipo de entorno	Condición de los zapatos	Trayecto de contacto																																								
1	1	Húmedos o mojados	manos-pies	k	75								10	75-100	30	100-125	40	125-150	150	150-175	> 200																						
				Z _b	24000	14250	9375	5850	3750	2850	2175	1650																															
				Z _c	1200																																						
				Z	25200	15450	10575	7050	4950	4050	3375	2850																															
I			0,99	3,24	7,09	14,18	25,25	37,04	51,85	70,18																																	
2			1	Húmedos o mojados	manos-pies	k	50															10	75	30	100-125	40	125-150	150	150-175	> 200													
						Z _b	16000	9500	6250	3900	2500	1900																			1450	1100											
						Z _c	1200																																				
						Z	17200	10700	7450	5100	3700	3100																			2650	2300											
I					1,45	4,67	10,07	19,61	33,78	48,39	66,04	86,96																															
3					1	Húmedos o mojados	mano-pie	k	100																						10	75-100	30	100-125	40	125-150	150	150-175	> 200				
								Z _b	32000	19000	12500	7800																												5000	3800	2900	2200
	Z _c	1200																																									
	Z	33200						20200	13700	9000	6200	5000	4100	3400																													
I	0,75	2,48					5,47	11,11	20,16	30,00	42,68	58,82																															
4	2						mano-mano	k	100								25	125-150	75	175-200	100																			> 200	375	> 200	
								Z _b	32000	19000	12500	7800	5000	3800	2900	2200																											
			Z _c	200																																							
			Z	32200				19200	12700	8000	5200	4000	3100	2400																													
I			0,78	2,60			5,91	12,50	24,04	37,50	56,45	83,33																															

Cuadro I.5/K.64 – Límites de tensión correspondientes a las curvas "b" y "c₁"

Tensión de contacto[voltios]				25	50	75	100	125	150	175	200	Límite de corriente en c.a. para la curva "b" [mA]	Gama de tensiones correspondiente al límite de corriente en c.a. [V]	Límite de corriente en c.c. para la curva "b" [mA]	Gama de tensiones correspondiente al límite de corriente en c.c. [V]	Límite de corriente en c.a. para la curva "c ₁ " [mA]	Gama de tensiones correspondiente al límite de corriente en c.a. [V]	Límite de corriente en c.c. para la curva "c ₁ " [mA]	Gama de tensiones correspondiente al límite de corriente en c.c. [V]	
Impedancia del cuerpo humano con respecto a la superficie de contacto y la tensión [Ω]				32000	19000	12500	7800	5000	3800	2900	2200									
Caso	Tipo de entorno	Condición de los zapatos	Trayecto de contacto																	
5	2		mano-nalgas	k	50								14,29	75-100	42,86	100-125	57,14	125-150	214,29	> 200
				Z _b	16000	9500	6250	3900	2500	1900	1450	1100								
				Z _c	200															
				Z	16200	9700	6450	4100	2700	2100	1650	1300								
				I	1,54	5,15	11,63	24,39	46,30	71,43	106,06	153,85								
6			manos-nalgas	k	25								14,29	50-75	42,86	75-100	57,14	100-125	214,29	175-200
				Z _b	8000	4750	3125	1950	1250	950	725	550								
				Z _c	200															
				Z	8200	4950	3325	2150	1450	1150	925	750								
				I	3,05	10,10	22,56	46,51	86,21	130,43	189,19	266,67								
7			mano-mano	k	100								25	125	75	175-200	100	> 200	375	> 200
				Z _b	32000	19000	12500	7800	5000	3800	2900	2200								
				Z _c	0															
				Z	32000	19000	12500	7800	5000	3800	2900	2200								
				I	0,78	2,63	6,00	12,82	25,00	39,47	60,34	90,91								
8	3		mano-nalgas	k	50								14,29	75-100	42,86	100-125	57,14	125-150	214,29	> 200
				Z _b	16000	9500	6250	3900	2500	1900	1450	1100								
				Z _c	0															
				Z	16000	9500	6250	3900	2500	1900	1450	1100								
				I	1,56	5,26	12,00	25,64	50,00	78,95	120,69	181,82								
9			manos-nalgas	k	25								14,29	50-75	42,86	75-100	57,14	100-125	214,29	150-175
				Z _b	8000	4750	3125	1950	1250	950	725	550								
				Z _c	0															
				Z	8000	4750	3125	1950	1250	950	725	550								
				I	3,13	10,53	24,00	51,28	100,00	157,89	241,38	363,64								

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación