

GUÍA PRÁCTICA PARA SISTEMAS ELÉCTRICOS AISLADOS

# Cableado para áreas críticas en hospitales



CONSULTORES ELECTRICOS ESPECIALIZADOS



Sistemas eléctricos  
aislados

NOM-001-SEDE-2012

**“TIPO DE CABLEADO”**

**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS Y SERVICIOS**

# CABLEADO PARA ÁREAS CRÍTICAS EN HOSPITALES

## Índice.

- 3** Tipo de cableado en áreas críticas.
- 4** ¿Qué tipo de aislamiento cumple con estas características?
- 6** Casos especiales.
- 6** Áreas de atención crítica.
- 9** Cálculo de cableado.
- 9** Cantidad máxima de cableado.
- 10** Monitor de aislamiento de línea.
- 10** Observaciones.
- 12** Conclusión.





En la NOM-001-SEDE-2012 se hace mención de los tipos de instalaciones para cableado, uno de ellos la instalación de puesta a tierra dentro de la vecindad del paciente. Otra habla de los circuitos que se dirigen a los módulos de contacto, así como su identificación por medio de un código de colores.

### a) INSTALACIONES

#### Características eléctricas del Sistema Eléctrico Aislado.

Se debe limitar el tamaño del transformador de aislamiento a 10 kilovoltamperes o menos y se deben utilizar conductores con aislamiento de baja corriente eléctrica de fuga, para que una vez instalados y conectados todos los circuitos, la impedancia resistiva y capacitiva total sea mayor a 200 000 ohms.

Se debe minimizar la longitud de los conductores de los circuitos derivados y se deben utilizar conductores con aislamiento que tengan una constante dieléctrica menor que 3.5 y una constante de aislamiento mayor a 6100 megaohm-metro (a 16 °C), con el objetivo de reducir la corriente eléctrica de fuga de cada línea a tierra de toda la instalación terminada, reduciendo con esto la corriente peligrosa.





## ¿Qué tipo de aislamiento cumple con estas características?

El tipo de aislamiento que cumple con estas características es el XLPE (POLIETILENO DE CADENA CRUZADA).

### CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES AISLAMIENTOS EMPLEADOS EN CABLES



	PVC (Policloruro de Vinilo)	PE (Polietileno)	XLPE (Polietileno de Cadena Cruzada)
Temperatura máxima de operación (°C)	75	75	90
Temperatura máxima de sobrecarga (°C)	105	85	130
Temperatura máxima de corto circuito (°C)	150	150	250
Constante Dieléctrica (a 60 Hz y temperatura de operación)	4 - 8	2.3	2.5
Tan $\delta$ (a 60 Hz y temperatura de operación)	0.09	0.001	0.001
Constante K de resistencia de aislamiento (a 15.6 °C) (M $\Omega$ -km)	750	15 250	6 100

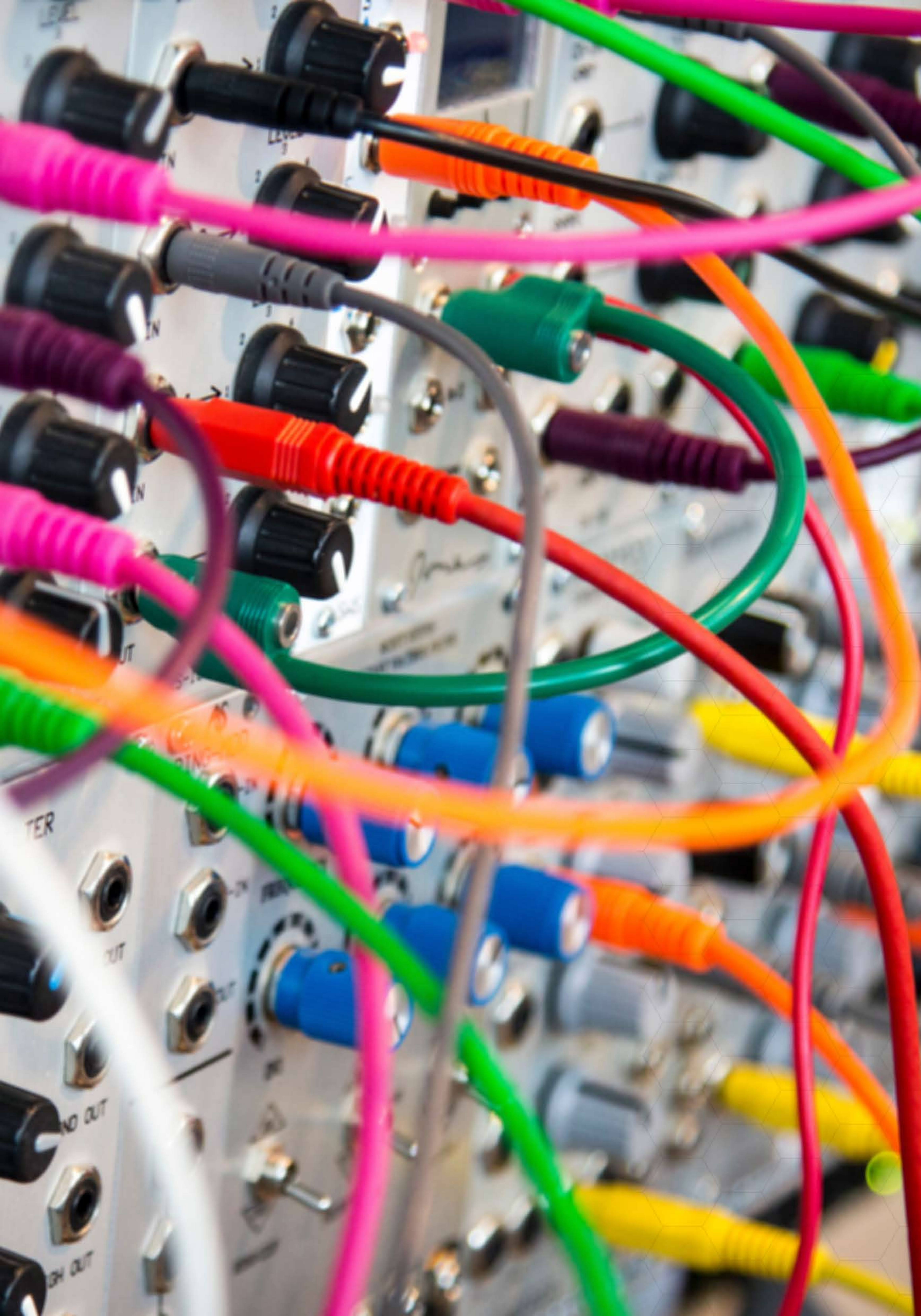


Los tipos de cableado que utilizan este tipo de aislamiento son los siguientes:

- XHHW-2
- XHHW
- RHW
- RHW-2

Figura 1: Características de aislamientos





## ¿CUÁL ES EL MEJOR?

Analizando los 4 tipos de cableado que cumplen con las características dieléctricas y de aislamiento que requiere la norma, son parecidos, pero cambian en la cantidad de temperatura que soportan en condiciones húmedas o mojadas, el cableado que mayor cantidad de resistir a la temperatura es el cable XHHW-2, por lo cual es cable que nosotros recomendamos instalar en estas áreas es este tipo de cableado.

## IDENTIFICACIÓN DEL CABLEADO

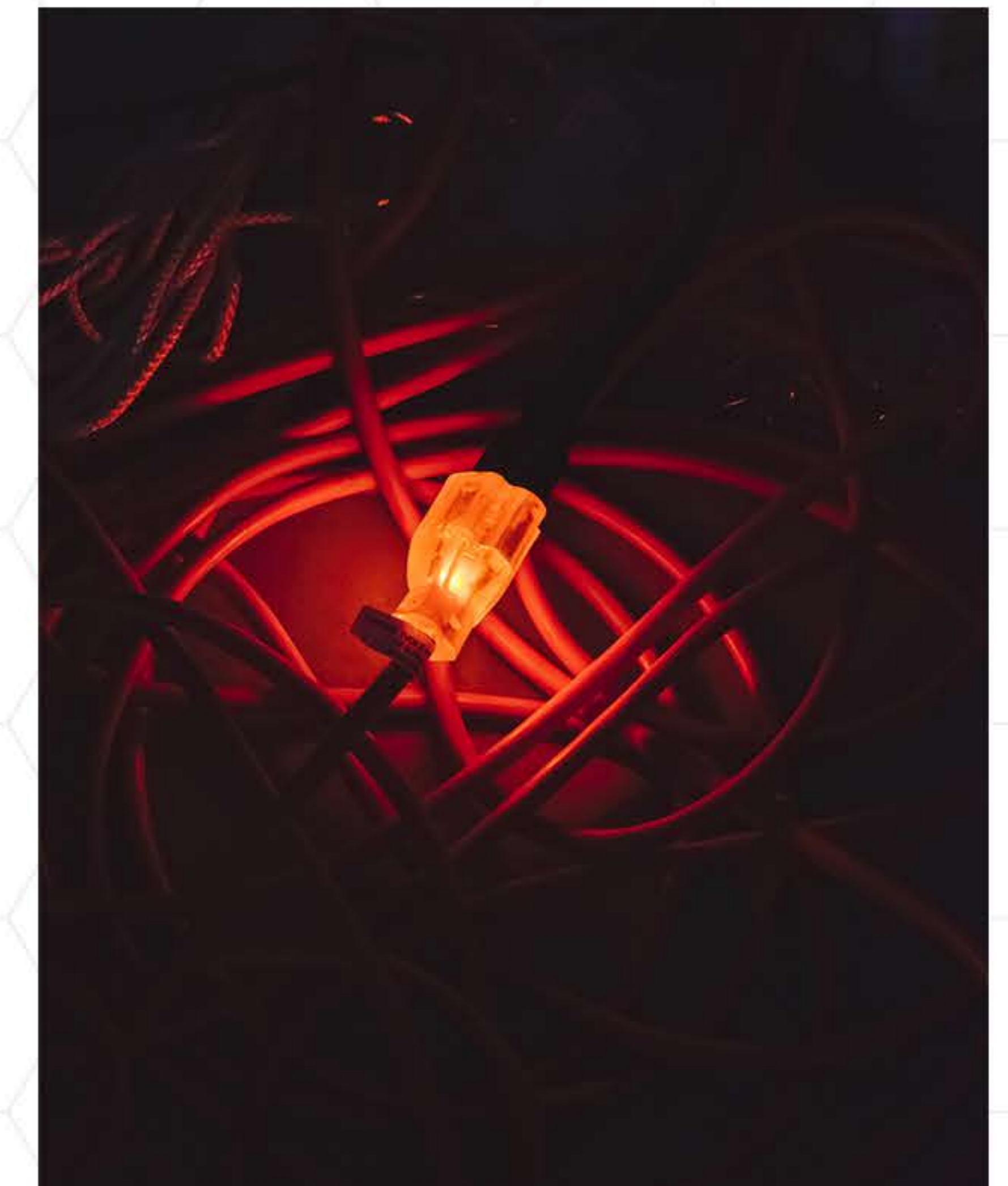
Es necesario atender a las recomendaciones que nos presenta la NOM-001-SEDE-2012 dentro del artículo 1517-160 (Sistemas eléctricos aislados), en este podemos encontrar la identificación de los conductores la cual nos dice que: "Los conductores de los circuitos aislados deben identificarse como sigue:

(1) Conductor con aislamiento 1: Color naranja con al menos una raya o banda continua de color distinto al verde, blanco o gris en toda la longitud del conductor.

(2) Conductor con aislamiento 2: Color café con al menos una raya o banda continua de color distinto al verde, blanco o gris en toda la longitud del conductor.

Para sistemas eléctricos aislados trifásicos, el tercer conductor con aislamiento deberá identificarse en color amarillo con al menos una raya o banda continua de color distinto al verde, blanco o gris en toda la longitud del conductor. Cuando los circuitos aislados se conecten a contactos de 120 volts de una fase de 15 y 20 amperes, el conductor naranja con raya o banda continua, debe conectarse a las terminales de los contactos, identificadas de acuerdo con 200-10 (b) para la conexión del conductor puesto a tierra del circuito."

Siguiendo estas especificaciones se hace la recomendación de utilizar el tipo de cable XHHW o XHHW-2 para las fases y cable THW para las tierras, ya que estos cuentan con las características requeridas."





En la norma se menciona en el artículo 517-19 inciso c) se menciona que dentro de la vecindad del paciente se requiere tener un punto de puesta a tierra. Más adelante en el inciso d) se menciona que se requieren conductores y canalizaciones metálicas acorde con el artículo 250-118.

Más adelante en el inciso d) se menciona que se requieren conductores y canalizaciones metálicas acorde con el artículo 250-118. En el artículo 250-118 (1), se menciona que puede ser un conductor de cobre o aluminio, que puede ser cubierto o desnudo. Posteriormente en el artículo 250-119 menciona que en caso de ser cubierto, este debe tener una cubierta color verde, sin embargo no menciona características adicionales, a continuación se adicionan los artículos que hablan sobre lo mencionado.

### CASOS ESPECIALES

Las propiedades del cableado XHHW, no cambian con respecto al color, no va acorde con la norma pero en casos especiales un cableado de otro color tendrá las mismas propiedades que un cableado de color naranja o café.

De utilizar cable XHHW en color distinto al naranja y café para los conductores de los circuitos aislados, es necesario identificar el cableado con etiquetas que especifiquen línea 1 color naranja y línea 2 color café.



## 517-19

### Áreas de atención crítica



### c) Puesta a tierra y puentes de unión en la vecindad del paciente.

Dentro de la vecindad del paciente se debe instalar un punto de puesta a tierra dotado de conectores aprobados para puesta a tierra redundante de los equipos y dispositivos médicos, adicionalmente debe instalarse un puente de unión de tamaño nominal no menor de 5.26 mm<sup>2</sup> (10 AWG), para conectar la terminal de puesta a tierra de todos los contactos con terminal de puesta a tierra, con ese punto de referencia a tierra en la vecindad del paciente. El conductor para puesta a tierra mencionado, puede ser instalado en forma radial o en anillo, según convenga. Para cumplir con lo requerido en la sección 517-11 sobre la protección a los pacientes sujetos a procedimientos invasivos con trayectorias directas al corazón, se debe minimizar la distancia entre el punto de puesta a tierra en la vecindad del paciente y el punto de referencia a tierra del tablero del sistema eléctrico aislado y evitar cualquier diferencia de potencial superior a 20 milivolts que puede electrocutar al paciente.

### d) Puesta a tierra y unión de equipo

Cuando se tiene un sistema eléctrico puesto a tierra y se instalan canalizaciones metálicas o cables tipo MI o MC los cuales están aprobados como conductores de puesta a tierra de equipos de acuerdo con 250-118, se debe asegurar una trayectoria de puesta a tierra en las envolventes y gabinetes metálicos de los tableros de distribución, en los tableros de alumbrado y control y en los tableros del sistema eléctrico, por algunos de los métodos siguientes:

- (1) Una contratuerca y monitor para conexión a tierra y un conductor de cobre continuo utilizado como puente de unión y seleccionada de acuerdo a 250-122.
- (2) Efectuar la conexión de la canalización metálica o cables MC o MI del alimentador al tablero, por medio de bridas terminales roscadas planas o bridas de copa.
- (3) Otros dispositivos tales como contratuercas o conectores de tipo unión







## **250-118.** **Tipos de conductores de puesta a tierra de equipos**

El conductor de puesta a tierra de equipos, llevado junto con los conductores del circuito o que los encierra, debe ser uno o más o una combinación de los siguientes:

(1) Un conductor de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre. Este conductor debe ser sólido o cableado; aislado, cubierto o desnudo; en forma de un alambre o una barra de cualquier forma.

## **250-119.** **Identificación de conductores de puesta a tierra de equipos**

A menos que se exija algo diferente en esta NOM, se permitirá que los conductores de puesta a tierra de equipos estén desnudos, cubiertos o aislados. Los conductores de puesta a tierra de equipos, cubiertos o aislados individualmente deben tener un acabado exterior continuo de color verde o verde con una o más franjas amarillas, excepto como se permite en esa sección.

Los conductores con aislamiento o cubierta individual verde, verde con una o más franjas amarillas, o identificados como se

permite en esta sección no se deben usar como conductores de circuito puestos a tierra o no puestos a tierra.

Adicional en el artículo 517-160, donde se menciona sobre los sistemas eléctricos aislados, en la sección a), número 7) se habla sobre la capacidad del transformador, así como los conductores de los circuitos derivados, haciendo referencia a línea 1 y línea 2.





## CÁLCULO DEL CABLEADO

Establecido en la NOM-001-SEDE-2012, la impedancia mínima del tablero de aislamiento es de 200 000 ohms, lo cual produce una corriente de fuga 600  $\mu$ A, esta es la corriente total máxima permisible, suponiendo un sistema aislado conectado a 120 V.

$$I_{total\ máxima\ permisible} = \frac{V}{Z} = \frac{120\ V}{200\ 000\ \Omega} = 600\ \mu A$$

En el tablero se tiene una corriente de fuga de 60  $\mu$ A, esto debido al transformador y el resto de componentes, con ambas corrientes podemos obtener la corriente máxima permisible en el conductor.

$$I_{total\ máxima\ permisible} - I_{tablero} = I_{máxima\ permisible\ en\ el\ conductor}$$
$$600\ \mu A - 60\ \mu A = 540\ \mu A$$

Los fabricantes de conductores nos proporcionan un dato importante para nosotros, la corriente de fuga que presenta el conductor por distancia; para un conductor XHHW que presenta un aislamiento del tipo XLPE, esta corriente es de 1  $\mu$ A / ft con un margen del 10 %, resultando una corriente de 1.1  $\mu$ A / ft, a esta corriente le llamaremos  $I_W$ . Para la longitud total se realiza la siguiente operación con todos los datos obtenidos hasta el momento.

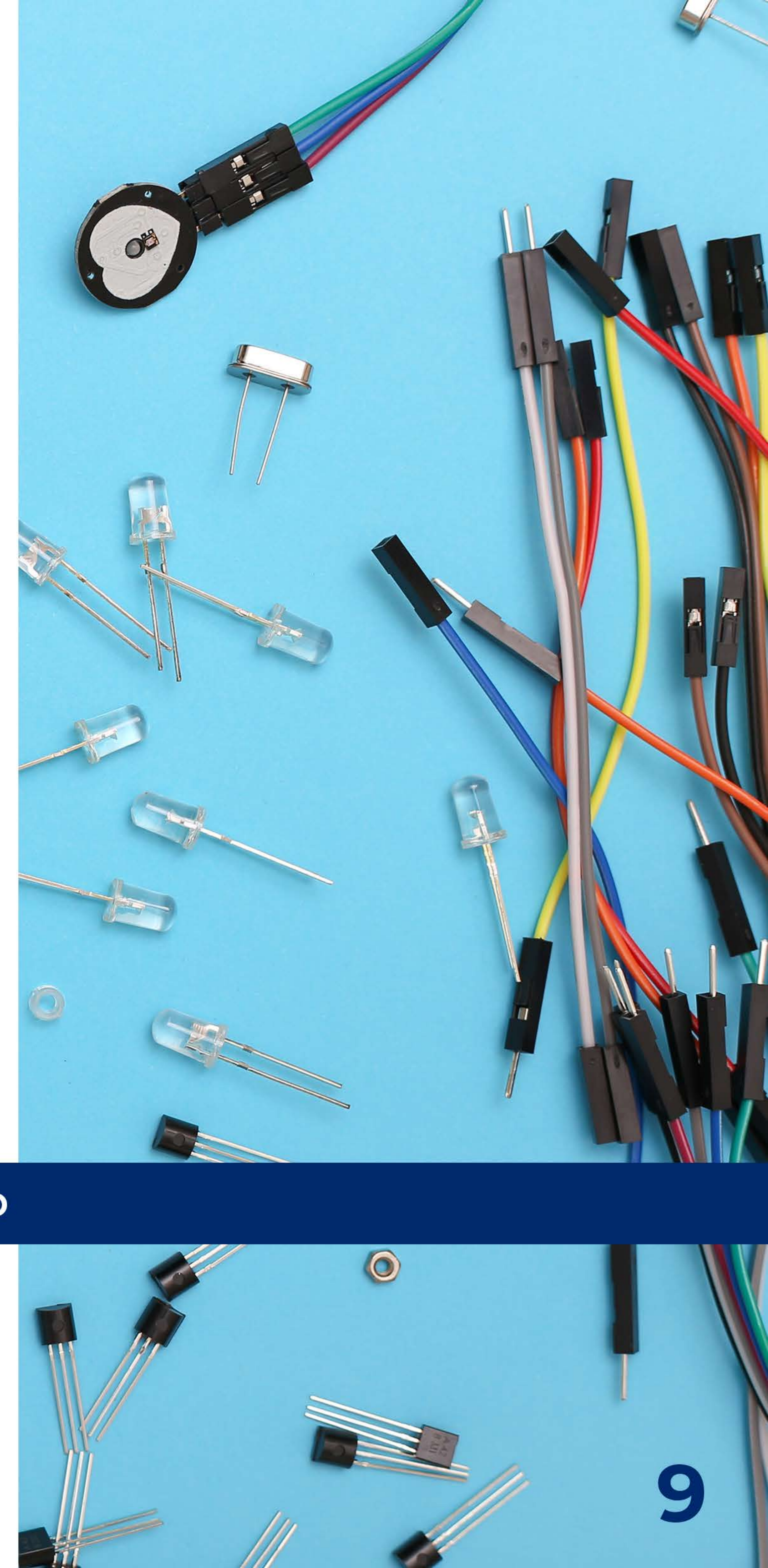
$$L_{MAX} = \frac{(I_{total\ máxima\ permisible} - I_{tablero})}{I_W}$$

$$L_{MAX} = \frac{(600\ \mu A - 60\ \mu A)}{1.1\ \mu A/ft} \left( \frac{1\ m}{3.2808\ ft} \right) = 149.6309\ m \approx 149\ m$$

## CANTIDAD MÁXIMA DE CABLEADO

Como se puede observar en la sección anterior acorde con las características solicitadas de la norma, se obtiene un máximo de 149m de cableado con aislamiento XLPE, acorde con las características del mismo recubrimiento.

**Cantidad máxima conductor XLPE: 149m.**





## MONITOR DE AISLAMIENTO EN LÍNEA

Para darse una idea de que se tiene una instalación correcta, al tener todos los interruptores cerrados el monitor de aislamiento de línea debe representar una corriente de fuga no mayor a 0.6mA acorda con la norma sin equipos médicos conectados.



## OBSERVACIONES

Esta urgencia se toma en base que el tiempo de entrega de cable XHHW, tiene un promedio de entrega de 3-4 semanas, ya sea de color naranja, café o negro, y que se deben de tener las unidades de terapia intensiva atendiendo a los pacientes del COVID-19 a la brevedad.

Cuando se haga el arranque inicial del tablero se deberán tomar las siguientes medidas:

- 1.** Voltaje en el primario del transformador:  
L1-L2: 220-230 Volts
- 2.** Voltaje en la salida del transformador
  - a. L1-L2: 120-127 Volts
  - b. L1-tierra: 60 V +5%, -8%
  - c. L2-tierra: 60 V +5%, -8%
- 3.** Verificación del voltaje en el subpanel de distribución.
  - a. L1-L2: 120-127 Volts
  - b. L1-tierra: 60 V +5%, -8%
  - c. L2-tierra: 60 V +5%, -8%
- 4.** Una vez verificado que no haya un voltaje mayor a 240 volts en el primario del transformador, se procede a conectar y programar el monitor de aislamiento.
- 5.** Una vez encendido y con todos los circuitos derivados abiertos (ITM 2 x 20 A), se pone atención en la lectura de fuga base del tablero, la cual debe estar cercana a 0.0 mA (miliamperes)



**6.** Se van cerrando uno a uno los interruptores de 2 x 20 A, confirmando que el valor de fuga no se incremente de manera sustancial, sin equipos médicos conectados y con todos los interruptores cerrados se debe ver una corriente de fuga no mayor a 0.6mA, dicha corriente corresponde solamente al cableado. Conforme se conecten equipos médicos, se van a ir observando pequeños incrementos corriente de fuga, cada equipo médico debe aumentar un valor en promedio de 0.3mA aproximadamente, Con todos los equipos médicos conectados no debe de pasar la corriente de 5.0 mA, que es cuando se dispara la alarma.

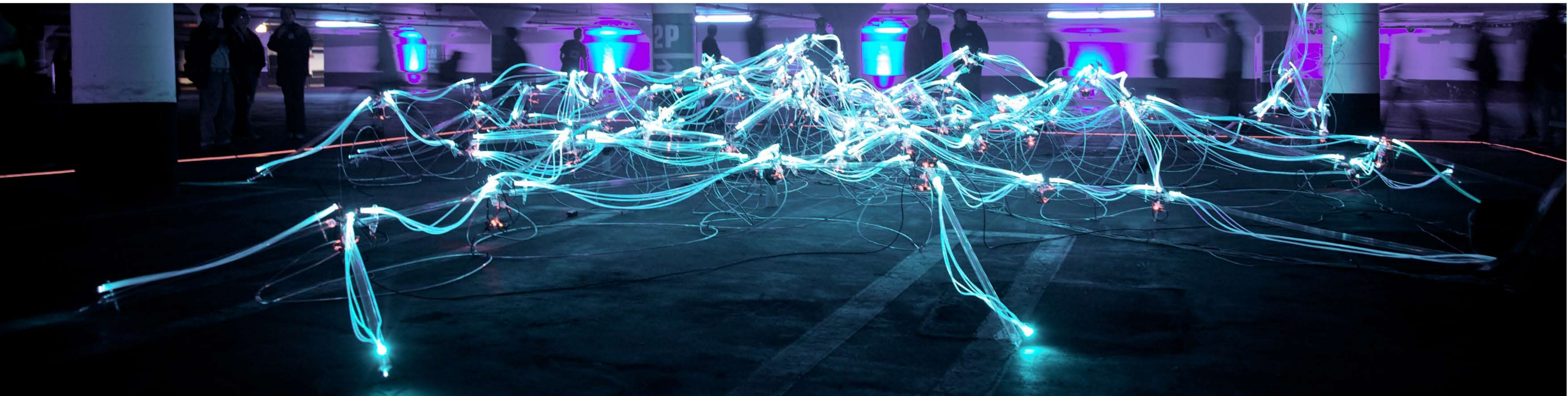
**7.** Conforme se van cerrando los interruptores 1, 2, ...8, o inclusive más si se añadieron, con una pausa de 30 segundos entre cada uno de ellos, para que el monitor de aislamiento realice sus mediciones y cálculos, la corriente puede estar sufriendo pequeños incrementos.

**8.** En el momento que, al cerrar un interruptor, este cause una alarma por valor mayor de 5.0 mA, se abren los otros interruptores para saber el valor preciso del mismo sobre el sistema, se debe revisar y determinar que está causando la fuga:

- a. Equipo médico en mal estado
- b. Equipo conectado no autorizado
- c. Un falso o vivo a tierra en alguno de los contactos.
- d. Conductores cuyo forro se halla dañado en la instalación, como por ejemplo cables de los contactos tipo hospital.

**9.** El tablero de aislamiento solo debe dar servicio a equipos médicos que tengan contacto directo con el paciente (respirador, medidor de signos vitales, electrocardiograma, etc.), mediante los contactos identificados con el color rojo tipo hospital.

**10.** Todo aquel contacto de diferente color y tipo, debe ser conectado a la línea no aislada del hospital.







## CONCLUSIONES

Acorde con los artículos mencionados en la NOM respecto al cableado de áreas críticas, se pide una característica en específico respecto al aislamiento del conductor, "la constante dieléctrica", hace referencia a las líneas que salen de los circuitos derivados, mientras que el sistema de puesta a tierra, es mencionado en los artículos anteriores, derivando en el artículo 250-118 y 250-119.



**Grupo ORS te acompaña en tus proyectos eléctricos especializados**

