



Instalaciones Hospitalarias

Tableros de aislamiento según la
IEC 60364-7-7-10:2021

SIEMENS



Tabla de contenido

- 1 Glosario**
- 3 Introducción / Objetivo**
- 4 Ubicación medica**
- 6 Sistema de tierra IT**
- 10 Ubicación del tablero de aislamiento**
- 11 Sist. de transferencia automática**
- 12 Prot. contra sobre corriente en sistemas IT**
- 16 Transformador de aislamiento IT**
- 17 Vigilador de aislamiento (IMD)**
- 19 Repetidor de alarma remoto (ARP)**
- 20 Localizador de fallas por circuito (IFLS)**
- 22 Tablero de distribución de B.T.**
- 23 Certificados y documentación**
- 24 Pruebas**
- 25 Solución**

Glosario

ACOE (Automatic Change-Over Equipment)

El ACOE es un equipo que se utiliza para cambiar automáticamente entre dos fuentes de energía, como dos generadores o dos líneas de alimentación eléctrica. A diferencia del ATS, que cambia de una fuente de alimentación a otra en caso de falla, el ACOE cambia entre dos fuentes de alimentación operativas de manera programada o según una secuencia específica. Por ejemplo, en un sistema de respaldo de energía, el ACOE puede cambiar automáticamente entre dos generadores para asegurar un suministro continuo de energía sin interrupciones durante el mantenimiento o la carga máxima.

AFDD (Arc Fault Detection Device)

El dispositivo de detección de falla de arco (AFDD) detecta fallas de arco en serie (la corriente fluye dentro de un conductor del circuito final), fallas de arco paralelas (la corriente fluye entre conductores activos en paralelo con la carga del circuito) y fallas de arco de tierra (corriente fluye del conductor activo a la tierra).

ARP

Repetidor de alarma remoto

ATS (Automatic Transfer Switching)

El ATS es un dispositivo que se utiliza para cambiar automáticamente la fuente de alimentación de un sistema eléctrico de una fuente a otra en caso de una interrupción o falla en la fuente principal. Por ejemplo, si hay un corte de energía en la fuente de alimentación principal, el ATS detectará la falla y cambiará automáticamente a una fuente de alimentación de respaldo, como un generador o una batería.

IFLS (Insulation Fault Location System)

Dispositivo o combinación de dispositivos utilizados para la localización de fallos de aislamiento en sistemas de tierra IT, en los que el sistema de localización de fallos de aislamiento se utiliza además de un dispositivo de supervisión del aislamiento (IMD) y se utiliza para localizar fallos de aislamiento por circuito.

Ikmax

Valor máximo de cortocircuito de todas las posibles fallas calculadas.

Ikmin

Valor mínimo de cortocircuito de todas las posibles fallas calculadas.

LIW (Local insulation warning)

Esta función incluye la medición de la resistencia de aislamiento RF de un sistema IT, incluidos los componentes simétricos y asimétricos, una evaluación de esta resistencia y una advertencia local.

Una advertencia de aislamiento local (LIW) debe realizarse mediante indicadores visuales y/o señales acústicas generadas por el dispositivo que ha implementado la función.

LTMW (Local transformer monitoring warning)

Con esta función se emite una señal de aviso local cuando el transformador de aislamiento para sistemas IT trabaja en condiciones anormales, lo que significa que la corriente en el lado secundario del transformador o la temperatura del transformador superan los límites especificados.

Esta función incluye la supervisión de la corriente nominal de salida, la supervisión de la temperatura del transformador, una evaluación de estas mediciones y una advertencia local.

La advertencia local debe realizarse mediante indicadores visuales y/o señales acústicas generadas por el producto que ejecuta la función.

MCB (Mini Circuit Breaker)

Interruptor miniatura para protección de circuitos frente a fallas de sobre corriente (sobre carga y cortocircuito)

MCCB (Molded Case Circuit Breaker)

Interruptor de caja moldeada para protección de circuitos frente a fallas de sobre corriente (sobre carga y cortocircuito)

MED-IMD (Medical Insulation Monitoring Device)

Dispositivo específico de supervisión del aislamiento (IMD) dedicado a supervisar los sistemas de tierra IT

RCBO (Residual Current Breaker with Overcurrent)

Interruptor operado por corriente residual con protección integrada por sobre corrientes.

RCD (Residual Current Protective Device)

Interruptor operado por corriente residual sin protección integrada por sobre corrientes.

RIW (Remote insulation warning)

Esta función incluye la medición de la resistencia de aislamiento RF de un sistema IT, incluidos los fallos de aislamiento simétricos y asimétricos, una evaluación de esta resistencia de aislamiento RF y una señal de advertencia. La señal de advertencia se emitirá a distancia mediante una señal de salida.

Se puede utilizar una salida de contacto de relé o una salida de conmutación electrónica o una comunicación de datos para informar a distancia de la advertencia de aislamiento.

La señal de advertencia también puede utilizarse en algunas aplicaciones para la conmutación.

RLW (Remote location warning)

Esta función tiene por objeto emitir una señal de advertencia remota si la resistencia de aislamiento entre el sistema y tierra cae por debajo de la sensibilidad de respuesta.

Esta función incluirá la localización de un fallo de aislamiento en un sistema IT, incluidos los fallos de aislamiento simétricos y asimétricos, una evaluación de este fallo y un aviso remoto.

Se puede utilizar una salida de contacto de relé o una salida de conmutación electrónica o una comunicación de datos para informar de la advertencia a distancia.

RTMW (Remote transformer monitoring warning)

Con esta función se emite una señal de advertencia remota cuando el transformador de aislamiento para sistemas IT trabaja en condiciones anormales, lo que significa que la corriente en el lado secundario del transformador o la temperatura del transformador superan los límites especificados.

Esta función incluye la supervisión de la corriente nominal de salida, la supervisión de la temperatura del transformador, una evaluación de estas mediciones y un aviso a distancia.

La salida de aviso se notificará a distancia con una señal de salida.

Se puede utilizar una salida de contacto de relé o una salida de conmutación electrónica o una comunicación de datos para informar a distancia de la advertencia del transformador.

La señal de advertencia también puede utilizarse en algunas aplicaciones para la conmutación.

Introducción

El estándar IEC 60364-7-7-10, también conocido como la Parte 7-7-10 de la norma IEC 60364, se centra en los requisitos específicos para la instalación eléctrica en entornos médicos. Esta norma proporciona directrices detalladas para garantizar la seguridad eléctrica en hospitales, clínicas y otros establecimientos de atención médica.

El objetivo principal de la IEC 60364-7-7-10 es minimizar los riesgos eléctricos para los pacientes, el personal médico y los equipos sensibles en entornos de atención médica. La norma aborda aspectos como la selección de equipos eléctricos, los sistemas de distribución de energía, la protección contra sobre corrientes, la puesta a tierra, la protección contra descargas atmosféricas y muchos otros aspectos relacionados con la instalación eléctrica en estos entornos críticos.

Algunos de los temas principales tratados en la IEC 60364-7-7-10 incluyen:

- **Requisitos de diseño:** El estándar establece los criterios para el diseño seguro de instalaciones eléctricas en entornos médicos. Esto incluye consideraciones sobre el dimensionamiento adecuado de los conductores, la distribución de la carga, la segregación de circuitos y otros aspectos del diseño eléctrico.
- **Sistemas de suministro de energía:** El estándar aborda los requisitos para los sistemas de suministro de energía en entornos médicos, incluyendo fuentes de alimentación ininterrumpida (UPS), generadores de emergencia y sistemas de distribución de energía redundante para garantizar la continuidad del suministro eléctrico en situaciones críticas.
- **Protección de las personas y equipos:** El estándar IEC 60364-7-7-10 establece requisitos detallados para la protección contra descargas eléctricas, tanto directas como indirectas, y la protección contra sobre corrientes. También aborda la protección de los equipos sensibles en entornos médicos contra variaciones de voltaje y perturbaciones electromagnéticas.
- **Puesta a tierra y equipotencialidad:** El estándar especifica los requisitos para la puesta a tierra adecuada de equipos y sistemas en entornos médicos, así como la equipotencialidad de las partes conductoras para minimizar el riesgo de descargas eléctricas.
- **Sistemas de supervisión y alarmas:** El estándar aborda la necesidad de sistemas de supervisión y alarmas para detectar y notificar cualquier falla o anomalía en el suministro eléctrico en entornos médicos.

En este artículo analizaremos específicamente los requisitos de diseño, selección e instalación de los **Tableros de Aislamiento** establecidos por el estándar IEC 60364-7-7-10 en su última versión del 2021, con el objetivo de proporcionar un entendimiento claro y completo de cómo implementar estos sistemas de manera efectiva.

Estos tableros son diseñados para proporcionar una protección integral contra fallas eléctricas (fallas de corrientes de fuga a tierra, fallas de sobre corriente, etc.) en aplicaciones donde la seguridad es importante pero la **continuidad de servicio es el objetivo primordial**.

Objetivo

El objetivo del presente artículo es:

1. Entender que el estándar **IEC 60364-7-7 10:2021 NO ES UN ESTÁNDAR DE PRODUCTO**, es un estándar que **rigue los criterios a tener en cuenta en toda nuestra instalación hospitalaria** y menciona las consideraciones necesarias para múltiples equipos dentro de la instalación hospitalaria (UPS, Grupos Electrógenos, Sistemas de Tierra, Tableros de BT, etc.)
2. Poder identificar y describir cada componente dentro del tablero de aislamiento descrito por el estándar IEC 60364-7-7 10:2021 resaltando las características más importantes según la última actualización.

Ubicación médica

Es una ubicación destinada para fines de diagnóstico, tratamiento (incluido el tratamiento estético), monitoreo y cuidado de los pacientes.

Las ubicaciones médicas de la instalación hospitalaria están categorizadas por grupos según el estándar IEC 60364-7-7 10 (2021), acorde a la definición del estándar:

“Grupo 0: Lugar médico en el que no está previsto el uso de equipos o sistemas médicos eléctricos

Grupo 1: Lugar médico en el que los equipos o sistemas médicos eléctricos están destinados a ser utilizados de forma externa o invasiva en cualquier parte del paciente y en el que la interrupción del suministro eléctrico, como la protección contra las descargas eléctricas, no representa un riesgo para la seguridad del paciente

Grupo 2: Lugar médico en el que los equipos o sistemas eléctricos médicos están destinados a ser utilizados de forma intrusiva, externa o invasiva a cualquier parte del paciente y donde la interrupción del suministro eléctrico como la protección contra las descargas eléctricas, represente un riesgo para la seguridad del paciente”

El ingeniero proyectista y la entidad que gestionará el hospital deberán realizar un análisis de riesgo para poder categorizar cada ambiente del hospital según el tipo de Grupo que recomienda el estándar, esta acción es la primera acción por realizarse antes de comenzar a diseñar la topología eléctrica del hospital.

Algunos ejemplos de referencia de categorización de ambientes hospitalarios según los diferentes grupos son los siguientes:

Grupo 0:

- Cuarto de Masajes, etc.

Grupo 1:

- Cuarto de Fisioterapia
- Cuarto de Urología, etc.

Grupo 2:

- Unidades de Cuidados Intensivos (UCI)
- Sala de Cirugía, etc.



Figura 01 – Sala de cirugía

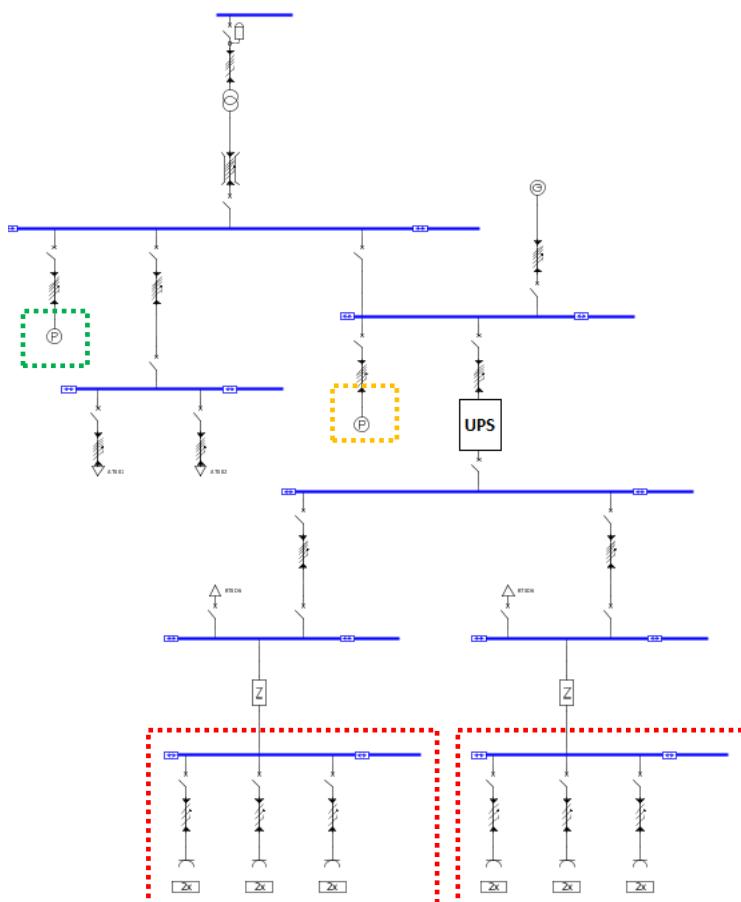


Figura 02 – Categorización de ambientes del hospital

Finalmente, el estándar brinda un listado ejemplo donde se muestra una categorización de las diferentes ubicaciones médicas de un hospital donde el lector puede tomar de referencia al momento de clasificar las ubicaciones del hospital que está diseñando:

Tabla 01 – Ejemplo de categorización de ubicaciones médicas

Ubicación medica	Grupo		
	0	1	2
1 Sala de masajes	X	X	
2 Habitaciones		X	
3 Sala de partos		X	
4 Sala de ECG, EEG, EHG		X	
5 Sala de endoscopia		X	
6 Sala de exploración o tratamiento		X	
7 Sala de urología		X	
8 Sala de diagnóstico y terapia radiológica		X	
9 Sala de hidroterapia		X	
10 Sala de fisioterapia		X	
11 Área de anestesia			X
12 Quirófano			X
13 Sala de preparación quirúrgica			X
14 Sala de yesos			X
15 Sala de recuperación quirúrgica			X
16 Sala de cateterismo cardíaco			X
17 Sala de cuidados intensivos			X
18 Sala de examen angiográfico			X
19 Sala de hemodiálisis		X	
20 Sala de resonancia magnética (RM)		X	X
21 Medicina nuclear		X	
22 Sala de prematuros			X
23 Unidad de cuidados intermedios (UCIM)			X

Sistema de tierra IT

El estándar en el párrafo **710.411.6.1.101** nos habla de un sistema de tierra IT destinado a cargas críticas de soporte vital ubicados en el "entorno del paciente" dentro de la ubicación médica declarada como grupo 2.

"En las ubicaciones médicas del grupo 2, se utilizará un sistema de tierra IT, que incluya los requisitos de 710.411.6.3.101 y 710.512.1.101, para los circuitos finales y cuando el mismo circuito final esté conectado a equipos o sistemas eléctricos médicos, situados dentro del entorno del paciente. Se pueden hacer excepciones para los circuitos finales de:

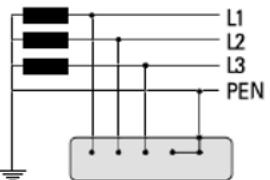
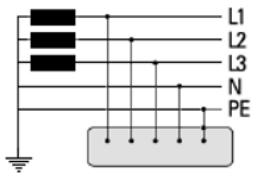
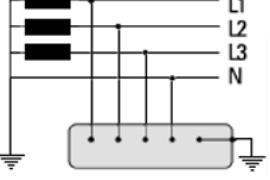
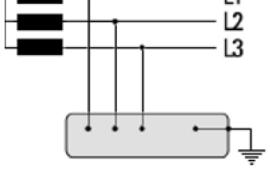
- *Equipos con una potencia nominal superior a 5 kVA*
- *Los equipos de rayos X,*
- *La alimentación de los motores de las mesas de operaciones fijas.*

En las ubicaciones médicas del grupo 2, la alimentación de los circuitos finales para las tomas de corriente de los equipos o sistemas eléctricos médicos utilizados para el soporte de vida del paciente, no se desconectará automáticamente en caso de la primera falla.

Para entender este requerimiento del estándar, tendríamos que entender el comportamiento de los diferentes sistemas de tierra frente a una falla a tierra (If).

A continuación, se detallan los diferentes tipos de tierra identificados según el estándar IEC:

Tabla 02 – Esquemas de conexión según tipo de sistema de tierra

Sistema de tierra TN-C	
	El neutro está conectado a tierra y las masas eléctricas de las cargas se conectan a tierra a través del neutro.
Sistema de tierra TN-S	
	El neutro está conectado a tierra y las masas eléctricas de las cargas se conectan a tierra a través del neutro.
Sistema de tierra TT	
	El neutro se conecta a una tierra de servicio y las masas se conectan a una tierra de protección.
Sistema de tierra IT	
	El esquema IT se implementa aislando el sistema de alimentación de la tierra o conectando un punto, generalmente el neutro, a través de una impedancia elevada.

Sistema de tierra TN

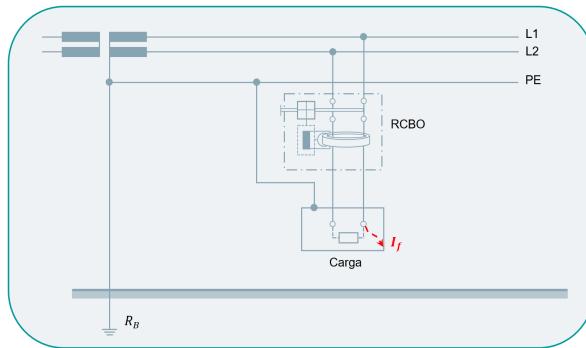


Figura 03 – Corriente de fuga (I_f) ocasionada por una pérdida de aislamiento

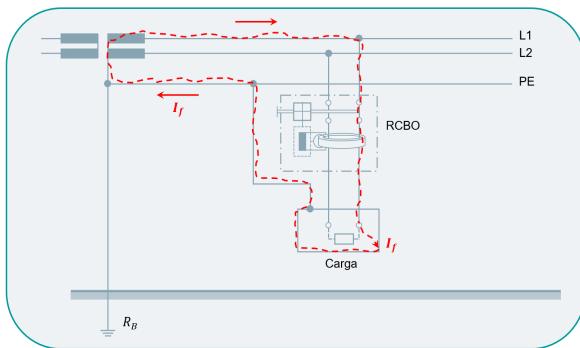


Figura 04 – Recorrido de la Corriente de fuga (I_f)

Como se aprecia en las imágenes, al ocurrir una pérdida de aislamiento en el circuito ocurre una corriente de fuga (Figura 03) que ocasiona un flujo de corriente que circula de retorno a la fuente por el cable de tierra cerrando el circuito según la imagen en la Figura 04.

Para este sistema de tierra bien dimensionado (sección de cable PE y distancias prudentes del cable PE) la corriente de fuga a tierra **If** se encuentra en el orden de **Kiloamperios**, esto provoca lo siguiente:

- El RCBO identifica la falla a través de la protección **Magnética del interruptor** y abre el circuito (*), **resultado: Se pierde continuidad de servicio**
- Se evita un posible choque eléctrico con el contacto indirecto de la persona debido a la apertura del RCBO, **resultado: Se protege a las personas**

Nota:

(*) En caso la corriente de falla **If** se reduzca considerablemente debido a grandes longitudes de cables, quien actuaría para proteger a las personas es la protección diferencial del RCBO.

Sistema de tierra TT

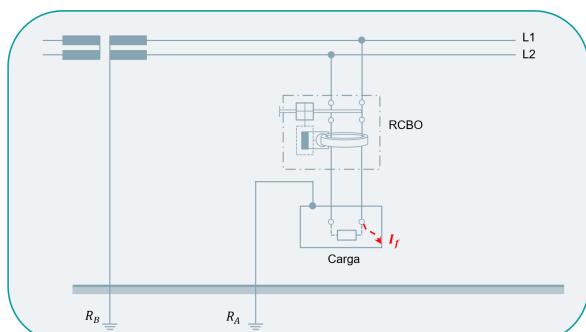


Figura 05 – Corriente de fuga (I_f) ocasionada por una pérdida de aislamiento

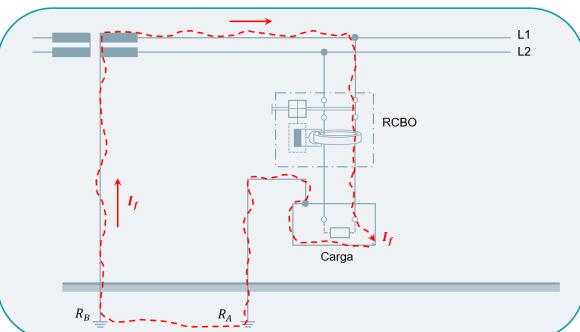


Figura 06 – Recorrido de la Corriente de fuga (I_f)

Como se aprecia en las imágenes, al ocurrir una pérdida de aislamiento en el circuito ocurre una corriente de fuga (Figura 05) que ocasiona un flujo de corriente que circula de retorno a la fuente utilizando como camino la tierra de la carga (R) y de la fuente (R_b) cerrando el circuito según la imagen en la Figura 06.

Para este sistema de tierra la corriente de fuga a tierra **If** se encuentra en el orden de **Amperios**, esto provoca lo siguiente:

- El RCBO identifica la falla a través de su protección **Residual complementaria (RCD)** y abre el circuito, **resultado: Se pierde continuidad de servicio**
- Se evita un posible choque eléctrico con el contacto indirecto de la persona debido a la apertura del RCBO, **resultado: Se protege a las personas**

Sistema de tierra IT (Condición de PRIMERA FALLA)

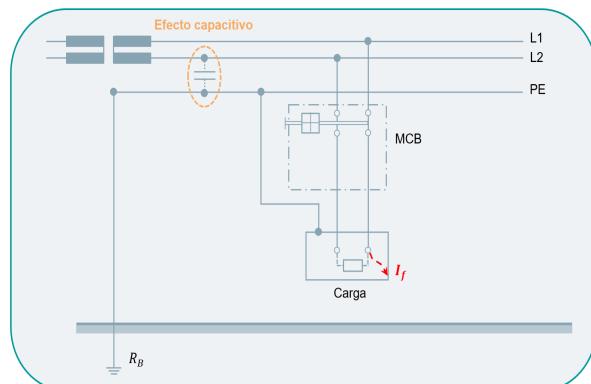


Figura 07 – Corriente de fuga (I_f) ocasionada por una pérdida de aislamiento

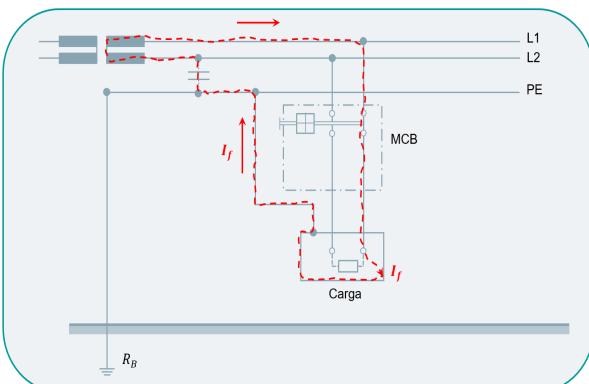


Figura 08 – Recorrido de la Corriente de fuga (I_f)

En este sistema de tierra se crea un efecto capacitivo entre los conductores y tierra debido al “**Aislamiento del conductor + Aire existente entre el conductor y tierra**”, este **efecto capacitivo** depende de la longitud del conductor (Figura 07).

Al ocurrir una pérdida de aislamiento en el circuito (condición de la primera falla) ocurre una corriente de fuga (Figura 07) que ocasiona un flujo de corriente que circula de retorno a la fuente utilizando el efecto capacitivo de los cables con la tierra cerrando el circuito según la imagen en la Figura 08.

Para este sistema de tierra la corriente de fuga a tierra I_f se encuentra en el orden de **Miliamperios**, esto provoca lo siguiente:

- El MCB se **mantiene cerrado** debido a que la corriente de fuga a tierra está muy por debajo de la curva de actuación del interruptor, **resultado: Se mantiene la continuidad de servicio**
- Se evita un daño a la persona frente a un choque eléctrico indirecto debido a que la corriente de fuga a tierra es muy pequeña y no causa daño al paciente ($<1\text{mA@220V}$, Zona 2 según la IEC 60479), **resultado: Se protege a las personas**

Zonas según la IEC 60479

Zona 1: Generalmente no se perciben efectos.

Zona 2: Se perciben efectos, pero no se producen daños fisiológicos

Zona 3: Pueden ocurrir calambres musculares.

Zona 4: Se puede producir fibrilación ventricular

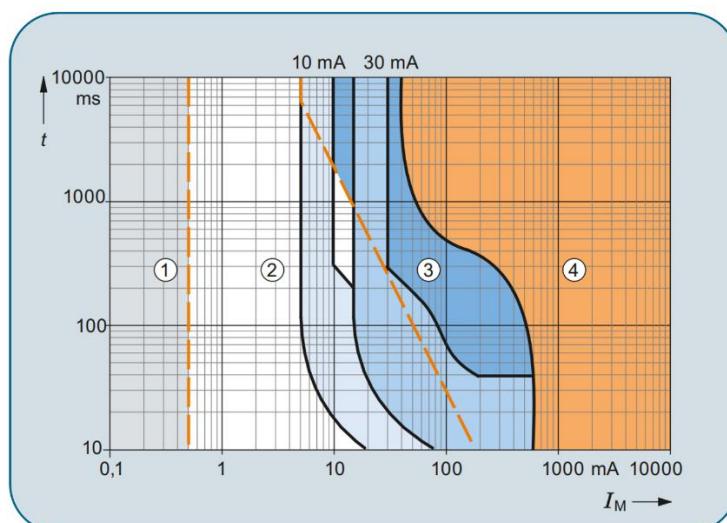


Figura 09 – Tabla de efectos fisiológicos en el Cuerpo Humano

Después de analizar los escenarios mencionados podríamos llegar a las siguientes conclusiones a modo de resumen:

Tabla 03 – Comparativa entre los diferentes tipos de sistemas de tierra

CARACTERISTICA	GRUPO 0 o 1		GRUPO 2
	TN	TT	IT
Seguridad de las personas	+++	+++	+++
Contra los riesgos de incendio	-	++	++
Daños a los equipos	-	++	++
Disturbios electromagnéticos	-	++	++
Continuidad de servicio	++	++	+++
Simplicidad en la implementación y modificaciones	+	+++	+
Economía en equipamiento	++	+	-

Donde claramente se aprecia que el sistema de **tierra IT** permite maximizar la “**Continuidad de Servicio**” lo cual es lo más importante en la ubicación médica declarada como grupo 2, es por este motivo que el estándar exige que estos ambientes tan críticos cuenten con un sistema de tierra IT de modo **mandatorio**.

Ubicación del Tablero de Aislamiento

El estándar en el párrafo 710.51.101.2 nos confirma la ubicación física de los tableros de aislamiento respecto a la ubicación de grupo 2.

*“Los tableros de distribución para las ubicaciones médicas del grupo 2 se instalarán **muy cerca de las áreas a las que sirven** y estarán claramente etiquetados. Los tableros de distribución se instalarán **fuera de las ubicaciones médicas del grupo 2** y deberán estar protegidos de forma segura contra el funcionamiento de personas no autorizadas.”*

Adicional, menciona una distancia **máxima de 25 metros** entre el tablero de aislamiento y las cargas que alimenta, esto es debido a que el estándar busca minimizar dentro de lo posible las corrientes de fuga capacitiva (mayor distancia del conductor = mayor efecto capacitivo entre el cable y tierra)

*“El tablero de distribución médico IT debe estar situado **a menos de 25 m** de la zona a la que da servicio. Deben tenerse en cuenta las corrientes de fuga.”*

Esta distancia máxima puede ser estimada según la siguiente formula:

$$L_{max} = \frac{1}{2} \times \frac{0.8 \times U_0 \times S_{fase}}{\rho \times (1 + m) \times I_a}$$

$$m = \frac{S_{fase}}{S_{CP}} \quad ; \quad \rho = 22 \times 10^{-6} \Omega \cdot mm^2 / m \text{ para Cu}$$

Donde:

L_{max} = Longitud máxima permitida por la protección

I_a = Umbral magnético del MCB

S_{fase} = Sección del cable de fase

S_{CP} = Sección del cable de tierra

U_0 = Tensión fase/neutro

El estándar no solo indica una distancia máxima sino también indica una distancia **mínima en un radio de 6 metros** hacia los equipos eléctricos sensibles a interferencias electromagnéticas en el **Anexo B** (Orientación sobre las interferencias electromagnéticas – EMI) donde el estándar busca evitar perturbaciones magnéticas en los equipos médicos sensibles, equipos tales como: electromiograma, electroencefalograma y electrocardiograma.

*“Cuando se utilizan equipos inductivos de gran potencia, **en general es suficiente una distancia de 6 m;***

Ejemplos de equipos:

- transformador de la instalación de energía eléctrica, por ejemplo, del sistema IT;”

Finalmente, también recomienda que el tablero de aislamiento deba ser fácilmente accesible para su mantenimiento.

Sistema de transferencia automática

Esta actualización del estándar IEC 60364-7-7-10 también recomienda la selección de componentes del sistema de transferencia automática en la cláusula 710.536.101, donde indica que este sistema debe ser seleccionado según la IEC 60947-6-1.

“En las locaciones médicas en las que se instalen equipos de Automatic Transfer Switching (ATS) o Automatic Change-Over Equipment (ACOE), se aplicará lo siguiente.

- Automatic Transfer Switching (ATS) o Automatic Change-Over Equipment (ACOE) deberán cumplir con la norma IEC 60947-6-1.

- El sistema de cableado entre el Automatic Transfer Switching (ATS) o Automatic Change-Over Equipment (ACOE) y el dispositivo de protección contra sobreintensidades subsiguiente se instalará de forma que esté libre de cortocircuitos y fallos a tierra.

- El equipo de Automatic Transfer Switching (ATS) o Automatic Change-Over Equipment (ACOE) se dispondrá de forma que se mantenga una separación segura entre las líneas de alimentación.

- Se considerarán disposiciones que permitan el mantenimiento de los Automatic Transfer Switching (ATS) o Automatic Change-Over Equipment (ACOE), por ejemplo, podría implementarse una derivación.

NOTA: Para los tiempos de transferencia, véase 710.560.4.1.”

Este estándar IEC 60947-6-1 define la siguiente clasificación de los equipos de conmutación de transferencia en función de la capacidad de cortocircuito:

Tabla 04 – Comparativa entre los diferentes equipos de conmutación

Clase según la IEC 60947-6-1	Clase CB	Clase PC	Clase CC
Estándar según IEC	Interruptor IEC 60947-2	Seccionador IEC 60947-3	Contactor IEC 60947-4
Unifilar	 	 	 
Función principal	Protección contra sobrecorrientes Es capaz de soportar y aperturar frente a condiciones de cortocircuitos	Aislamiento de circuitos Maniobras ocasionales Es capaz de soportar cortocircuitos pero NO está destinado a aperturar circuitos frente a cortocircuitos	Maniobras continuas Es capaz de soportar cortocircuitos pero NO está destinado a aperturar circuitos frente a cortocircuitos

El ATS debe poder garantizar el tiempo de transición máximo de **0.5 segundos** (transición abierta) comentado por la IEC 60364-7-7-10 en la cláusula 710.560.4.1

Clase A - sin interrupción: un sistema de suministro automático que puede garantizar un suministro continuo dentro de las condiciones especificadas durante el período de transición;

Clase C - interrupción corta: un sistema de suministro automático disponible en 0,5 s;

Clase E - interrupción media: un sistema de suministro automático disponible en 15 s;

Clase F - interrupción larga: un sistema de suministro automático disponible en más de 15 s.

Es recomendable que el ATS contemple un **tiempo de retardo** antes de regresar a la fuente normal con miras de garantizar la estabilización de la fuente de alimentación (posiblemente el impacto de la corriente de arranque del transformador IT o cualquier otra anomalía).

Protección contra sobre corriente en sistemas IT

En la versión del 2002 no se mencionaba nada con respecto a la coordinación en Baja Tensión de los equipos de protección contra sobre corrientes (siempre fue una fuerte recomendación por parte de los fabricantes), sin embargo, en esta nueva versión del estándar (2021) en busca de maximizar la continuidad de servicio de la instalación se exige un estudio de **Selectividad Total** hasta los ramales que comprometen los ambientes médicos de Grupo 2 (tableros de aislamiento) en la cláusula 710.535.1.101.

*“Para cumplir con los requisitos de **suministro continuo** de las ubicaciones médicas del **grupo 2**, se garantizará una **Selectividad Total** para cualquier posible sobre corriente. En caso de cortocircuito en un circuito final, los circuitos de acometida aguas arriba del tablero de distribución no se interrumpirán.”*

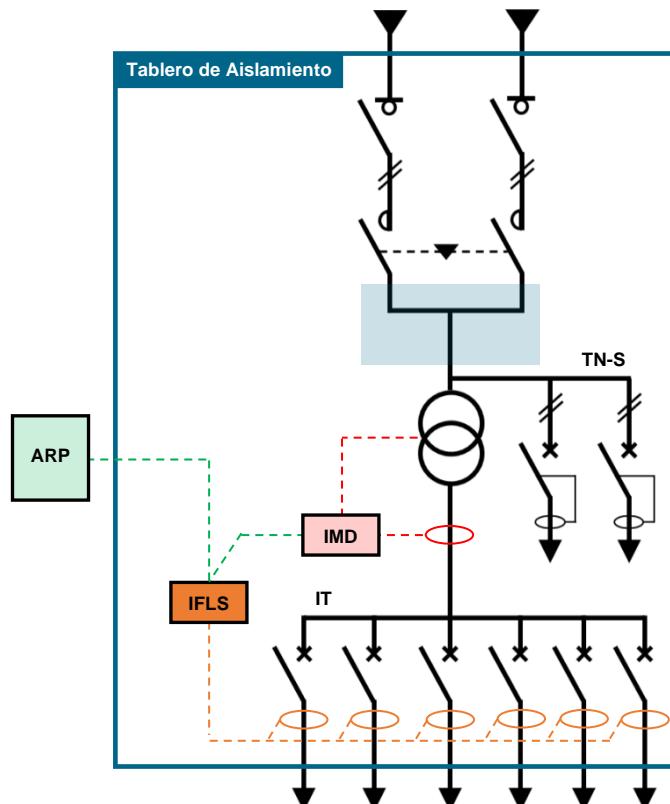
Para poder garantizar esta característica en la instalación es necesario presentar la documentación que avale el estudio de Selectividad Total tal como se menciona en la cláusula 710.6.4.101.

*“f) verificación matemática del cumplimiento de la selectividad del sistema de suministro eléctrico para los servicios de seguridad en relación con los **documentos de planificación y el cálculo**.”*

Estos requerimientos demuestran que la IEC 60364-7-7-10 **NO ES UNA NORMA DE PRODUCTO** debido a que el estándar exige un estudio integral donde se analiza desde el tablero general del proyecto hasta los circuitos finales del tablero de aislamiento.

El estándar también restringe algunas protecciones internas del tablero de aislamiento frente a eventos de **sobrecarga** (protección térmica) y **cortocircuito** (protección magnética) en la cláusula 710.531.2.2.3.101:

Protección aguas arriba del transformador IT

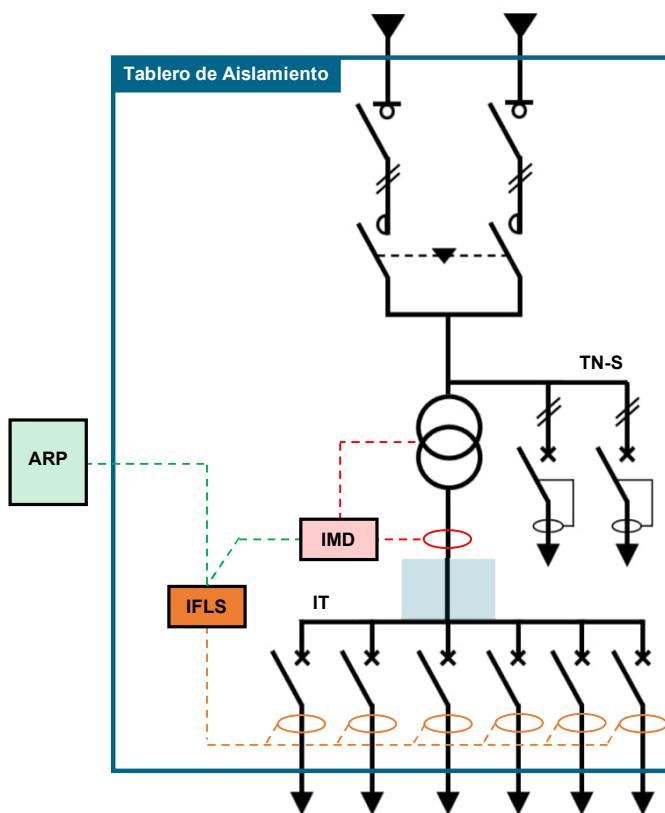


En esta parte del tablero está **prohibido usar una protección térmica**, es decir, solo se permite tener una protección magnética (contra cortocircuitos), debido a esto es de preferencia de los fabricantes omitir un elemento de protección en esta zona porque sería complicado conseguir Selectividad Total.

*“Los dispositivos de protección contra sobre corriente **pueden** utilizarse en el **lado primario del transformador de aislamiento** para sistemas médicos IT sólo para la **protección contra cortocircuitos**.”*

Figura 10 – Unifilar de tablero de aislamiento típico, enfatizando el **lado primario** del transformador

Protección aguas abajo del transformador IT



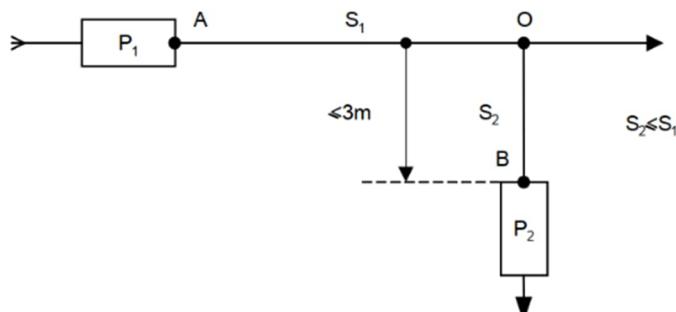
En esta parte del tablero está **prohibido usar una protección térmica**, es decir, solo se permite tener una protección magnética (contra cortocircuitos).

*“La protección contra **sobrecargas** no se instalará en el circuito **secundario** del transformador de aislamiento para sistemas médicos IT.”*

Figura 11 – Unifilar de tablero de aislamiento típico, enfatizando el **lado secundario** del transformador

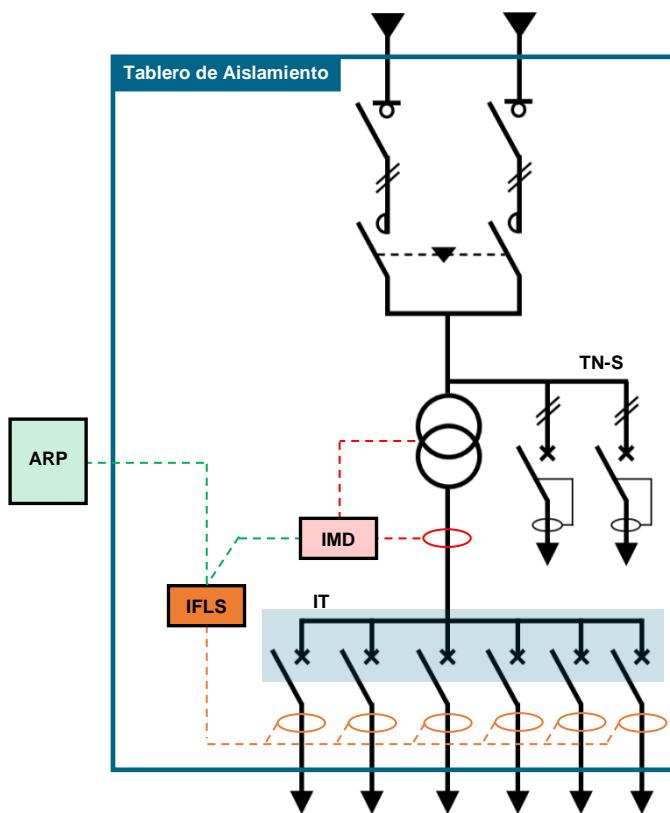
Considerar un equipo de protección magnético también complicaría la Selectividad Total, sin embargo, podríamos recurrir a la **IEC 60364-4-43** para omitir una protección contra cortocircuitos (magnética) si garantizamos una **distancia máxima de 3m entre el transformador de aislamiento y las cargas derivadas**. Esto es posible gracias a que en el anexo D de la IEC 60364-4-43 se comenta lo siguiente:

*“a) Con referencia a 434.2.1 y a la figura D.1, el dispositivo de protección contra cortocircuitos P2 puede desplazarse **hasta 3 m desde el origen (O)** del circuito derivado (S2) siempre que no haya ninguna otra conexión o toma de corriente en esta longitud del circuito derivado, y en el caso de 434.2.1 el riesgo de cortocircuito, incendio y peligro para las personas **se reduce al mínimo para esta longitud.**”*



Esta **distancia máxima de 3m** es un motivo muy fuerte por lo cual es recomendable tener el transformador de aislamiento dentro del tablero eléctrico.

Protección en circuitos finales en sistema IT



Para esta parte del tablero el estándar solicita proteger las cargas finales frente a eventos de **sobrecarga** (protección térmica) y **cortocircuito** (protección magnética), adicionalmente también solicita que estos equipos de protección sean de 2 polos

“Se utilizará una protección contra sobre corriente, contra cortocircuitos y sobrecargas para cada circuito final. Se instalará un interruptor automático de dos polos para cada circuito final de los suministros monofásicos.”

Figura 12 – Unifilar de tablero de aislamiento típico, enfatizando los circuitos de protección a las cargas finales

Es importante evaluar las corrientes de **falla máxima (Ikmax)** y **mínima (Ikmin)** esperada en los circuitos finales del tablero debido a que esto podría definir el uso del tipo de curva de los interruptores termomagnéticos (B o C).

Mientras mayor sea la impedancia de cortocircuito del transformador de aislamiento ($Z\%$) las corrientes de falla (Ikmin e Ikmax) van a ser menores y esto puede generar que las fallas estén por debajo de la protección magnética de los interruptores de curva C, debiendo recurrir a unos interruptores de curva B para poder proteger los circuitos adecuadamente frente a cortocircuitos tal como lo recomienda la IEC 60364-4-41.

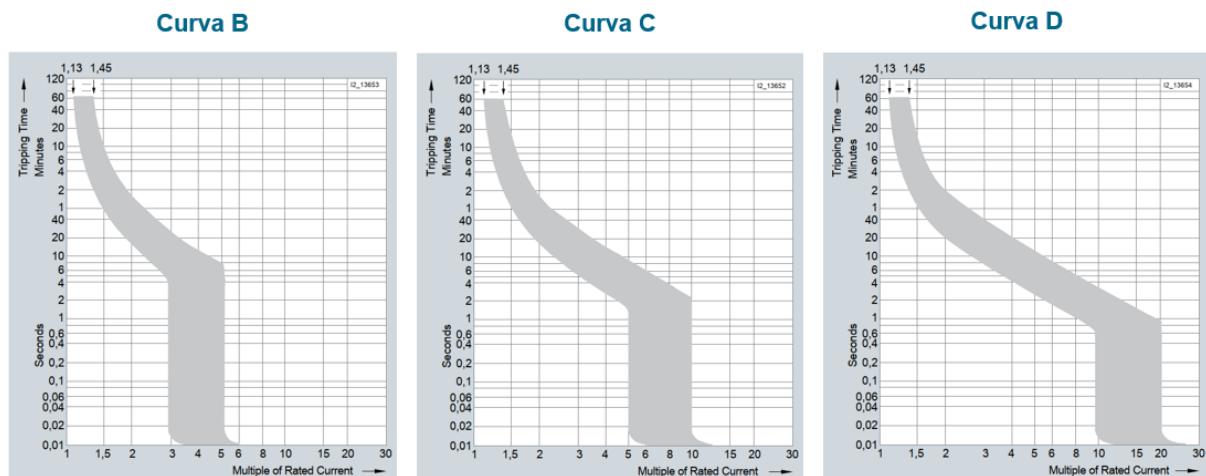


Figura 13 – Tipos de curvas de actuación de los MCB

Por ejemplo, asumiendo un interruptor de 20A, 220V, 60Hz, en un sistema con una falla mínima calculada de $I_{kmin} = 181 A$:

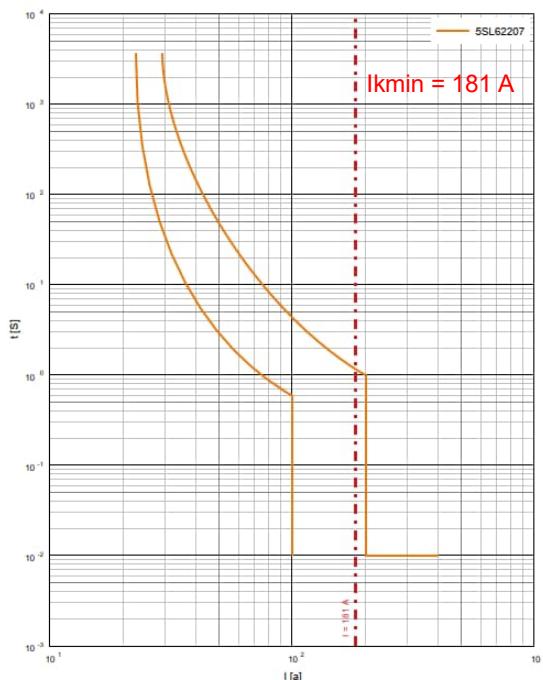


Figura 14

Un interruptor **5SL6220-7** de características 2P, 20A, 220V, 60Hz, **Curva C** podría tomar mucho tiempo en garantizar la apertura:

$$ta > 1.1 \text{ seg}$$

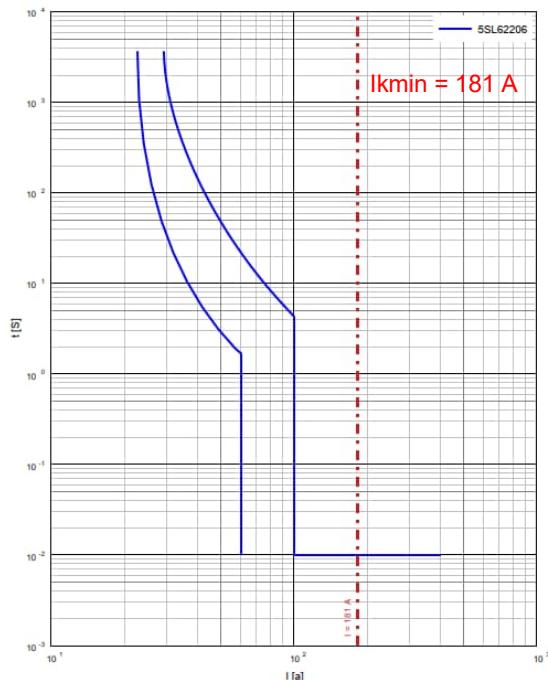


Figura 15

Un interruptor **5SL6220-6** de características 2P, 20A, 220V, 60Hz, **Curva B** podría tomar un tiempo prudente para garantizar la apertura:

$$ta = 0.01 \text{ seg}$$

De las **Figura 14** y **Figura 15** se aprecia que la mejor opción de protección sería el interruptor **5SL6220-6** con curva B debido a que garantiza una apertura en un tiempo corto “**ta = 0.01seg**” a diferencia del interruptor **5SL6220-7** el cual ofrece un tiempo de apertura “**ta = 1.1seg**”.

Usualmente los interruptores de curva C son suficientes para garantizar la protección en aplicaciones generales, sin embargo, este ejemplo refleja la importancia de realizar este análisis al momento de seleccionar los elementos de protección contra sobre corriente.

Protección complementaria en circuitos IT

Esta nueva versión del 2021 también menciona algunos equipos de protección complementaria que no deberían ser incluidos en los circuitos finales del sistema IT, tales como, por ejemplo:

En el párrafo 710.421.7.101 se prohíbe el uso de interruptores de detección de **fallas de arco (AFDD)**

“Los dispositivos de detección de fallas de arco (AFDD) no se utilizarán en los circuitos alimentados por los sistemas IT especificados como sistemas médicos IT en la cláusula 710.411.6.”

En el párrafo 710.411.3.3 se prohíbe el uso de **interruptores diferenciales (RCD)**

“Cuando se utilice un sistema médico IT, no se utilizará una protección adicional mediante un dispositivo de protección de corriente residual (RCD).”

Transformador de aislamiento IT

El estándar en el párrafo 710.512.1.101 establece que los transformadores de aislamiento que sirven de transición de sistemas de tierra hacia el sistema de tierra IT deberían ser diseñados según la IEC 61558-2-15:

“Los transformadores de aislamiento se ajustarán a la norma IEC 61558-2-15...”

Un resumen de las principales características indicadas en el estándar es: (para ver listado completo revisar el estándar)

- Se utilizará al menos un transformador monofásico para cada sistema médico IT para alimentar los equipos. La potencia nominal **no será inferior a 0,5 kVA y estará limitada a 10 kVA**.
- Cuando se necesiten varios transformadores para alimentar los equipos de un centro médico, NO se conectarán en paralelo.
- Si la normativa nacional permite utilizar un transformador trifásico para alimentar cargas monofásicas, la construcción o el método de conexión deberán ser tales que **no se produzcan aumentos de tensión superiores a 250 V** en el lado de la carga, incluso en caso de carga desequilibrada y otros posibles fallos en el lado primario.
- Si se requiere también la alimentación de cargas trifásicas a través de un sistema IT, se dispondrá de un transformador trifásico **independiente** para este fin.

La **IEC 61558-2-15:2022** detalla características adicionales para este tipo de transformadores tan particulares, a continuación, se mencionan algunas:

- La tensión de salida en vacío (tensión entre fases) **no deberá superar los 250 Vac** para los transformadores monofásicos o trifásicos.
- La relación entre la tensión de salida en vacío y la tensión de salida bajo carga, expresada como porcentaje de esta última tensión, **no deberá superar el 5 %**.
- La corriente de entrada en vacío **no superará el 3 %** de la corriente nominal de entrada a la tensión nominal de alimentación.
- La corriente Inrush **no superará 8 veces o 12 veces el valor pico de la corriente nominal** de entrada durante cualquiera de las operaciones de comutación.
- Capacidad de sobrecarga al 150% durante 30 minutos
- La **sobrecarga** y **sobre temperatura** del transformador se monitoreará a través del vigilador de aislamiento (IMD).
- La corriente de fuga del devanado de salida a la toma de tierra **no superará los 0,5 mA**, cuando se mida en condiciones de vacío y a la temperatura ambiente con el transformador alimentado a la tensión y la frecuencia nominales.
- Los transformadores podrán contar como opcional con un apantallamiento funcional colocado entre los devanados de entrada y de salida. La salida del apantallamiento funcional estará provista de terminales separados.
- Los transformadores serán estacionarios (fijos).
- Los transformadores se diseñarán para servicio continuo.
- Los transformadores se diseñarán para una **categoría de sobretensión III**.

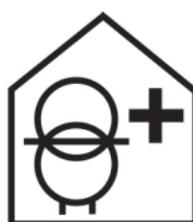


Figura 16 – Símbolo del transformador de aislamiento diseñado según la IEC 61558-2-15

Vigilador de aislamiento (IMD)

El estándar en el párrafo 710.531.7 solicita un Vigilador de aislamiento según la **IEC 61557-8:2014 Anexo A y anexo B** para los sistemas médicos IT:

*"En los sistemas médicos IT, el aislamiento se supervisará con un **MED-IMD** de conformidad con la norma **IEC 61557-8:2014**, anexo A y anexo B. El MED-IMD se instalará en el cuadro de distribución del sistema "IT" médico."*

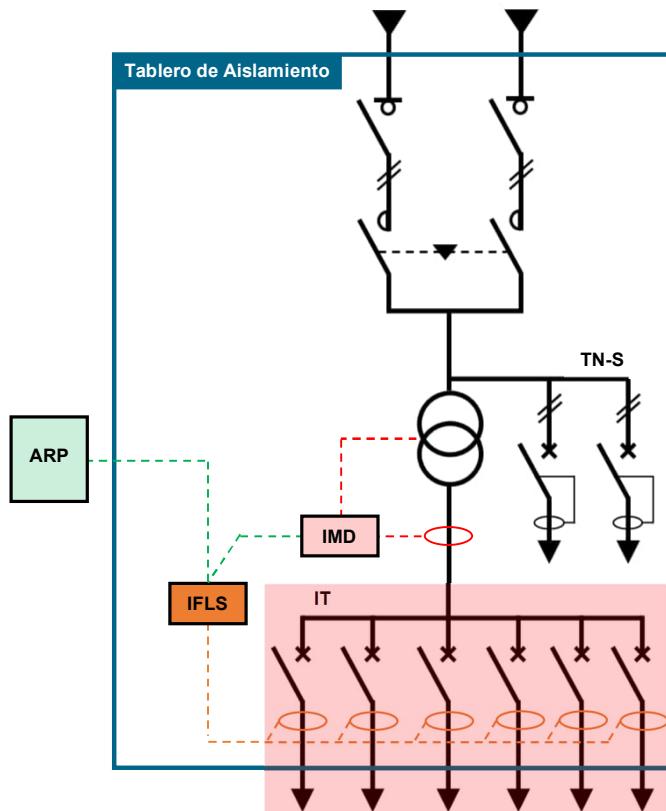


Figura 17 – Unifilar de tablero de aislamiento típico, enfatizando el alcance del monitoreo del Vigilador de Aislamiento

Esta parte de la norma IEC 61557-8 especifica los requisitos para los dispositivos de vigilancia del aislamiento (IMD) que vigilan permanentemente la resistencia del aislamiento a tierra (R_f) de los sistemas IT de corriente alterna no conectados a tierra, dentro de todos los diferentes IMD's define uno en particular para uso médico llamado MED-IMD (Medical Insulation Monitoring Device):

"Dispositivo específico de supervisión del aislamiento (IMD) dedicado a supervisar los sistemas médicos IT de un centro médico del grupo 2"

Es importante resaltar que el estándar IEC 60364-7-7-10:2021 solicita que el vigilador de aislamiento cumpla con los **anexos A y B** en simultáneo las cuales mencionan:

ANEXO A

El objetivo principal del Vigilador de Aislamiento (MED-IMD) finalmente es identificar la condición de **PRIMERA FALLA** del sistema IT ($R_f < 50 \text{ k}\Omega$) en busca de alertar al personal médico para programar una parada del sistema con anticipación y levantar la falla, esto permite que el sistema se mantenga en servicio mientras el procedimiento médico termine su proceso, de este modo garantizamos la continuidad de servicio en el ambiente declarado como Grupo 2.

En busca de garantizar dicha función el Anexo A define las siguientes características para el equipo:

- La impedancia interna a.c. debe ser de al menos 100 kΩ
- La tensión de prueba no debe ser superior a 25 V.
- La corriente inyectada, incluso en condiciones de falla, no debe ser superior a 1 mA pico;
- La indicación de falla deberá tener lugar a más tardar cuando la resistencia de aislamiento haya disminuido a **50 kΩ**. Se proporcionará un dispositivo de prueba.
- Alarma de aislamiento Local (LIW):
 - Una lámpara de señalización **verde** que indique el **funcionamiento normal**;
 - Una lámpara de señalización **amarilla** que se encienda cuando se produzca la indicación de alerta del dispositivo de vigilancia del aislamiento (**condición de falla**). Esta luz no podrá anularse ni desconectarse;
 - Una **alarma sonora** que suene cuando se alcance el valor mínimo establecido para la resistencia de aislamiento **$R_f < 50 \text{ k}\Omega$ (condición de primera falla)**. Esta alarma sonora puede tener disposiciones para ser silenciada en condiciones de alarma;
 - La **señal amarilla** y la **alarma sonora** se anularán cuando se elimine la falla y se restablezca la condición normal.
- Resumen de los requisitos y pruebas adicionales aplicables a los MED-IMD según sub cláusulas indicadas en el estándar:

Tabla 05 – Tabla resumen de requisitos y pruebas para los MED-IMD

Características	Requerimientos	Tipo de pruebas	Pruebas de rutina
Valor de respuesta especificado R_{an}	A.2.4.1	6.2.2	6.3.2
Tiempo de respuesta t_{an}	A.2.4.2	6.2.3	No aplicable
Tensión medida U_m	A.2.4.3	A.4.2.1	No aplicable
Corriente medida I_m	A.2.4.3	A.4.2.1	No aplicable
Impedancia interna Z_i	A.2.4.4	A.2.4.4	No aplicable
Alarma de aislamiento	A.2.3.2, A.2.3.3	A.2.3.2, A.2.3.3	A.2.3.2, A.2.3.3
Pruebas de inmunidad EMC	A.2.5	A.2.5	No aplicable

ANEXO B

Adicional a la función principal del vigilador de aislamiento (MED-IMD), también el estándar exige el cumplimiento del Anexo B donde se describe unas funciones adicionales para el (MED-IMD) de monitoreo local (LTMW) y remoto (RTMW) del transformador de aislamiento contra sobre carga y sobre temperatura.

Por eso el Anexo B describe las siguientes características para el equipo:

- Supervisión contra **sobrecarga del transformador** a través de sensores de corriente ubicados en la salida del transformador.
- Supervisión contra **sobretemperatura del transformador** a través de sensores PTC o similares



Figura 18 – Pictograma del vigilador de aislamiento (MED-IMD)
según la IEC 61557-8

Repetidor de alarma remoto (ARP)

Este equipo es un complemento mandatorio para el MED-IMD que ayuda a cumplir la función de Alarma de aislamiento Remoto (RIW) comentada en la cláusula A.2.3.3 de la IEC 61557-8:2014, Anexo A:

“Para cada sistema médico IT, se dispondrá en un lugar adecuado un sistema de alarma acústica y visual (externo al MED-IMD), que incorpore los siguientes componentes, de manera que pueda ser controlado permanentemente (señales acústicas y visuales) por el personal médico.”

Esta cláusula indica las funciones que el equipo debe señalizar y realizar:

- Una lámpara de señalización **verde** que indique el **funcionamiento normal**;
- Una lámpara de señalización **amarilla** que se encienda cuando se produzca la indicación de alerta del dispositivo de vigilancia del aislamiento (**condición de falla**). Esta luz no podrá anularse ni desconectarse;
- Una **alarma sonora** que suene cuando se alcance el valor mínimo establecido para la resistencia de aislamiento **R_f<50 kΩ (condición de falla)**. Esta alarma sonora puede tener disposiciones para ser silenciada en condiciones de alarma;
- La señal **amarilla** y la **alarma sonora** se anularán cuando se elimine la falla y se restablezca la condición normal.

El repetidor de alarma remoto también permite supervisar la **corriente de sobre carga y sobre temperatura del transformador** gracias a la función de Aviso de control local del transformador (LTMW) y/o aviso de control remoto del transformador (RTMW) comentada en la cláusula B.2.2 de la IEC 61557-8:2014, Anexo B:

“LTMW y RTMW incluyen la supervisión de la corriente de sobre carga y la sobre temperatura. La advertencia debe emitirse como advertencia de supervisión local del transformador (LTMW) o como advertencia de supervisión remota del transformador (RTMW) o como LTMW y RTMW.”

El repetidor de alarmas remoto incluso puede cumplir la función de **Alerta de localización remota (RLW)** del IFLS comentada en la cláusula 4.2.3 de la IEC 61557-9:2014:

“Esta función tiene por objeto emitir una señal de aviso a distancia si la resistencia de aislamiento entre el sistema y la tierra cae por debajo de la sensibilidad de respuesta.”

Finalmente, esto significa que el repetidor de alarmas remoto puede integrar y mostrar todas las señales tanto del MED-IMD como del IFLS que estos equipos midan del sistema IT.

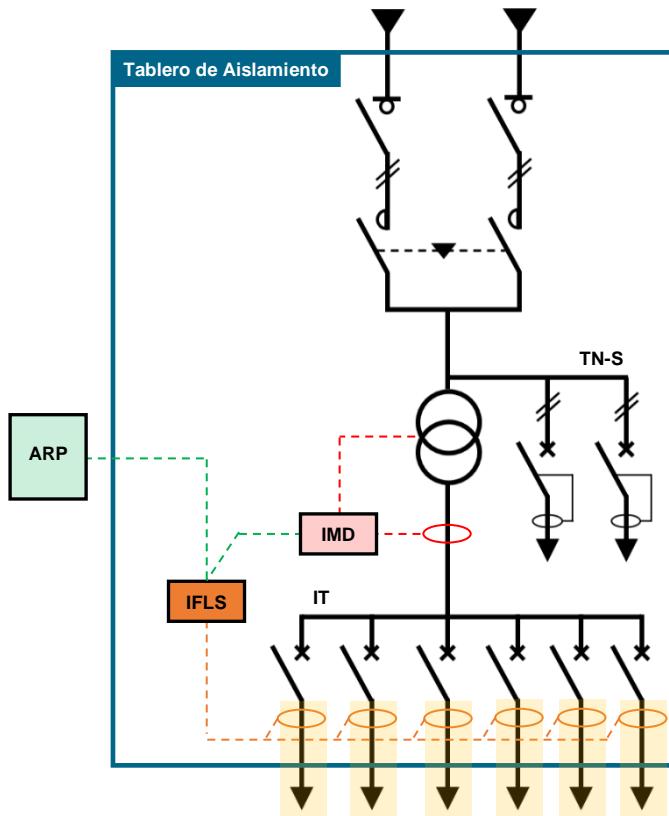
Localizador de fallas por circuito (IFLS)

El estándar en el párrafo 710.411.6.3.101 recomienda fuertemente el uso de un **Localizador de Fallas por Circuito (IFLS)** diseñado según la IEC 61557-9:2014, Anexo A:

“En un sistema médico IT, se recomienda utilizar un IFLS.

Cuando se instale un sistema de localización de fallos de aislamiento, deberá ser conforme a la norma IEC 61557-9:2014, Anexo A.

NOTA 2 Un IFLS facilita la localización de los fallos, especialmente en caso de fallos intermitentes.”



El Localizador de Fallas por Circuito (IFLS) tiene como alcance el monitoreo de la resistencia de cada circuito del sistema IT donde identifica la ubicación de la primera falla (perdida de aislamiento) a través del parámetro de la resistencia (<50kΩ).

En la imagen se aprecia la zona de monitoreo resaltado en **recuadro amarillo**

Figura 19 – Unifilar de tablero de aislamiento típico, enfatizando el alcance del monitoreo del Localizador de Fallas por Circuito (IFLS)

Es importante resaltar que el estándar IEC 61557-9 solicita que el localizador de fallas por circuito cumpla con el **anexo A** la cual menciona:

- **Tiempo de respuesta “ta”:** El fabricante indicará el tiempo de respuesta en las condiciones de A.4.2.
 - **Indicación de la posición de la falla:** Se realizará una indicación que indique en qué tramo de la instalación se ha detectado el defecto de aislamiento.
 - **Respuesta de sensibilidad:** La sensibilidad de respuesta mínima será de 50 kΩ o Un/50 kΩ con una capacidad de fuga total del sistema aguas arriba (suma de la capacidad de fuga de todos los conductores de fase a tierra) de 0,5 µF.
 - **Corriente de localización “IL”:** La corriente de localización estará limitada a 1 mA r.m.s, 1,41 mA de pico o 3 mA d.c.
 - **Tensión de localización “UL”:** Si se utiliza una tensión o corriente de localización activa, la tensión de localización *UL* deberá ser inferior a 25 V c.a. r.m.s. o c.d.
 - **Compatibilidad electromagnética:** El equipo para la ubicación de fallas de aislamiento en ubicaciones médicas debe cumplir con IEC 61326-2-4 y también con CISPR 11.

Este equipo trabaja en compañía de transformadores de corriente instalados en cada circuito de donde recoge la señal para realizar las medidas de resistencia de cada circuito. Algunas de las ventajas de utilizar este equipo son:

- **Ubicación del circuito en falla:** Nos permite ahorrar tiempo y presupuesto para identificar el circuito en falla y realizar el mantenimiento respectivo.
- **Umbral de alarma configurable por circuito:** Nos brinda la posibilidad de configurar una pre-alarma para anticiparnos una falla a corto plazo.
- **Comunicación Modbus RS485:** Nos permite integrar el equipo a un software de gestión con la cual podremos supervisar los circuitos a distancia desde cualquier aparato con acceso a la red.
- **Registro de alarmas con sello de tiempo:** Identificar el momento exacto de la falla para posteriormente analizar profundamente la falla.

Tablero de distribución de B.T.

Esta actualización del estándar IEC 60364-7-7-10 reconoce la importancia de garantizar las características de diseño eléctrico y mecánico que ofrece el fabricante del tablero eléctrico y esto se consigue mediante la certificación de total cumplimiento de la IEC 61439 en todas sus partes, es por eso que en el párrafo 710.51.101.1 se solicita que los tableros de Baja Tensión estén diseñados según la IEC 61439:

“Los tableros de distribución deberán ser conformes a la norma IEC 61439 (todas sus partes).”

El estándar IEC 61439 tiene varias partes las cuales están destinadas a brindar la guía de verificación de diseño de los equipos evaluados tales como:

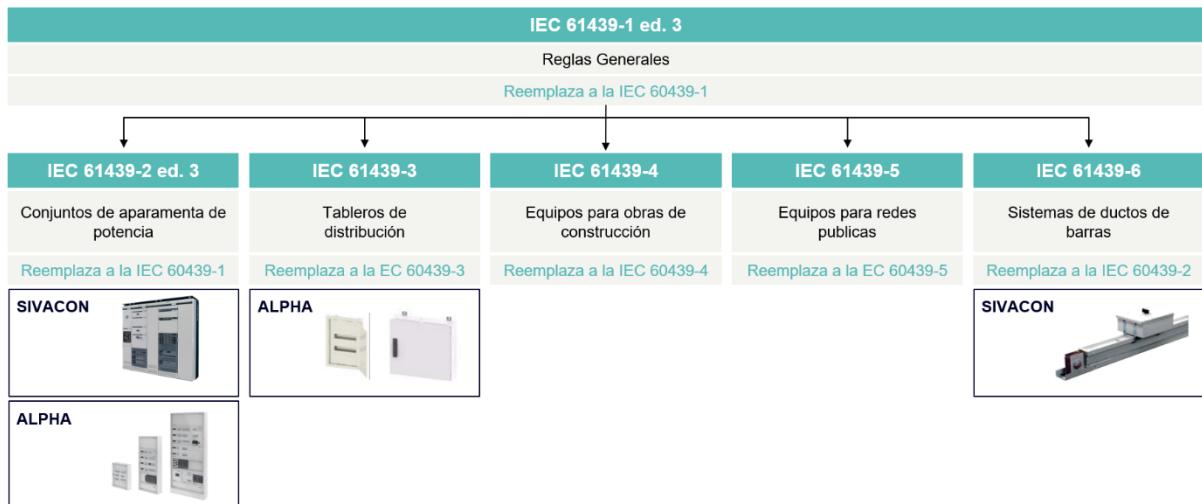


Figura 20 – Listado de estándares IEC según su alcance técnico

Para el caso del tablero de aislamiento puntual podríamos entender que la IEC 61364-7-7-10 al referirse al término **“todas sus partes”** hace referencia al cumplimiento de las partes de la IEC 61439 que corresponden a tableros eléctricos de potencia, es decir, **al total cumplimiento de la IEC 61439-1 e IEC 61439-2**.

De este modo garantizamos que el diseño del tablero haya pasado las pruebas requeridas por la **IEC 61439-1&2**:

Tabla 06 – Listado de pruebas requeridas por la IEC 61439

No.	Características a ser verificadas	Subcláusula
1	Resistencia de los materiales y partes del tablero Resistencia a la corrosión Propiedades de los materiales aislantes: Estabilidad térmica Resistencia al calor y al fuego anormales debido a efectos eléctricos internos Resistencia a la radiación ultra violeta (UV) Izaje Impacto mecánico (IK) Marcado Operación mecánica	10.2 10.2.2 10.2.3 10.2.3.1 10.2.3.2 10.2.4 10.2.5 10.2.6 10.2.7 10.2.8
2	Grado de protección del envolvente (IP)	10.3
3	Distancias de separación (Clearances)	10.4
4	Distancias de fuga (Creepage)	10.4
5	Protección contra descarga eléctrica e integridad de los circuitos de protección: Continuidad efectiva entre las partes conductoras expuestas de un conjunto de clase I y el circuito de protección Resistencia a cortocircuitos del circuito de protección	10.5 10.5.2 10.5.3
6	Instalación de los componentes y equipos de maniobra	10.6
7	Conexiones y circuitos eléctricos internos	10.7
8	Terminales para conductores externos	10.8
9	Propiedades dielectricas Rigidez dielectrica a frecuencia industrial Tensión soportada a impulsos	10.9 10.9.2 10.9.3
10	Límites de aumento de temperatura	10.1
11	Resistencia a cortocircuitos	10.11
12	Compatibilidad electromagnética (EMC)	10.12

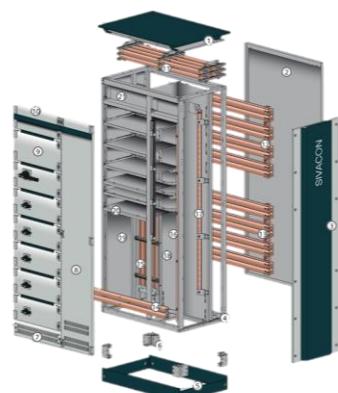


Figura 21 – Tablero modular diseñado según la IEC 61439-1&2 modelo SIVACON S4

Certificados y documentación

El estándar IEC 60364-7-7-10 en busca de garantizar el correcto funcionamiento y diseño de todos los componentes eléctricos solicita en el párrafo 710.514.5.101 que el proveedor del tablero de aislamiento presente todos los certificados de cumplimiento IEC y documentación de los componentes internos:

- ...
- Los documentos pertinentes son, en particular**
- **esquemas unifilares que muestren los circuitos de distribución de la alimentación eléctrica normal (principal) y del sistema de alimentación eléctrica para los servicios de seguridad en una representación unifilar. Estos diagramas contendrán información sobre la ubicación de todos los tableros de distribución;**
 - **todos los diagramas de bloques del cuadro de distribución principal que muestren los tableros de conmutación y control y los tableros de distribución en una representación unifilar;**
 - **planos del edificio;**
 - **esquemas de los circuitos de control;**
 - **documentación que demuestre la verificación del cumplimiento de los requisitos de las normas (por ejemplo, con la 710.411);**
 - **lista de cargas conectadas permanentemente a la red de suministro eléctrico para servicios de seguridad indicando las corrientes normales y, en el caso de cargas accionadas por motor, las corrientes de arranque;**
 - **lista de ajustes de los interruptores automáticos;**
 - **descripción funcional del funcionamiento de las fuentes eléctricas para servicios de seguridad y del sistema de suministro eléctrico para servicios de seguridad.**

Esto significa que el proveedor del tablero de aislamiento deberá presentar como mínimo los siguientes documentos/certificados de todos los componentes internos del tablero de aislamiento:

Tabla 07 – Listado de certificados por cada componente interno del Tablero de Aislamiento

Nº	Equipo	Certificado
1	Tablero de Baja Tensión	IEC 61439-1&2
2	Vigilador de aislamiento (IMD)	IEC 61557-8
3	Panel de alarma a distancia (ARP)	IEC 61557-8
4	Transformador de aislamiento IT	IEC 61558-2-15
5	Localizador de fallas por circuito (IFLS)	IEC 61557-9
6	Interruptores miniatura (MCB)	IEC 60898-1
7	Interruptores diferenciales (RCD)	IEC 61009-1
8	Ajustes de interruptores (MCB o MCCB)	Reporte de Selectividad Total*

*Según la **IEC/TR 61912-2**, a través de reportes de análisis como documentación del estudio



Figura 22 – Estándares IEC por cada componente

Pruebas

El estándar en el párrafo 710.6.4.101 especifica un listado de pruebas mínimas a ser realizadas antes de poner en servicio el tablero de aislamiento:

...

Las pruebas especificadas en los puntos a) a h), además de los requisitos de la norma IEC 60364-6, deberán realizarse y registrarse, tanto antes de la puesta en servicio como después de modificaciones o reparaciones y antes de la nueva puesta en servicio:

- a) prueba funcional de los dispositivos de conmutación de acuerdo con las instrucciones del fabricante
- b) **prueba funcional del MED-IMD y de los sistemas de control de la sobrecarga de los sistemas IT médicos y de los sistemas de alarma acústica/visual**, según las recomendaciones del fabricante
- c) mediciones para **verificar que la conexión equipotencial** suplementaria es conforme a 710.415.2.101 y 710.415.2.102;
- d) verificación de la integridad de las instalaciones para la conexión equipotencial exigida en 710.415.2.101;
- e) verificación de la integridad de las instalaciones del sistema de alimentación eléctrica para los servicios de seguridad exigidos en 710.56;
- f) **verificación matemática del cumplimiento de la selectividad del sistema de suministro eléctrico para servicios de seguridad en relación con los documentos de planificación y cálculo**
- g) verificación matemática de las medidas de protección aplicadas para el cumplimiento de los requisitos para las ubicaciones médicas de los grupos 1 y 2, prestando atención a los requisitos de 710.535.1;
- h) **verificación visual de que el marcado de la potencia nominal del transformador de aislamiento es conforme con 710.512.1.101 y los documentos de diseño.**

Algunos de los distintos de fabricantes del mercado de los equipos internos del tablero de aislamiento proponen pruebas adicionales tales como:

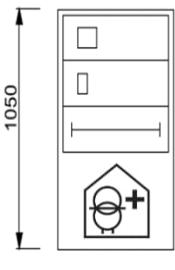
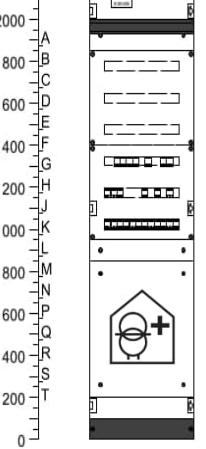
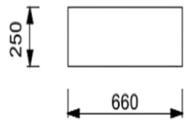
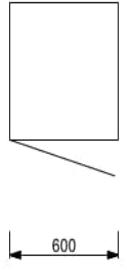
Tabla 08 – Listado de pruebas adicionales recomendados

Nº	Equipo	Pruebas
1	Tablero de Baja Tensión	Inspección de terminales
		Marcado de cables
		Medición de continuidad de las tierras
2	Vigilador de aislamiento (MED-IMD)	Supervisión de resistencia del sistema
		Sobrecarga de transformador
		Sobre temperatura del transformador
		Configuración de los mensajes de alarmas
		Pruebas de comunicación hacia el BMS
3	Panel de alarma a distancia (ARP)	Pruebas de comunicación entre el IMD y el ARP
		Pruebas de comunicación hacia el BMS
4	Transformador de aislamiento IT	Medición de la corriente de fuga
5	Localizador de fallas por circuito (IFLS)	Supervisión de resistencia de cada circuito
		Configuración del equipo
		Pruebas de comunicación hacia el BMS
6	Interruptores miniatura (MCB)	Revisar los ajustes de las curvas de operación según el reporte de Selectividad Total
7	Interruptores diferenciales (RCD)	Prueba funcional de corriente de fuga a tierra

Solución

Ahora que entendemos lo particular que es esta solución (Tablero de Aislamiento) y que vimos que cada componente interno está ubicado en un lugar estratégico con un objetivo específico, podemos darnos cuenta que este tipo de soluciones deben ser realizadas por especialistas con el conocimiento técnico necesario del estándar para proveer la mejor solución al proyecto, en este sentido, **SIEMENS** presenta una solución integral de Tableros de Aislamiento cumpliendo todas las recomendaciones brindadas por el estándar IEC 60364-7-7-10:2021

Tabla 09 – Propuesta de soluciones SIEMENS

Características	Propuesta SIEMENS	
	ALPHA (Versión Mural)	SIVACON S4 (Versión Auto soportado)
Vista Frontal		
Vista de Planta		
Potencia (kVA)	≤ 5kVA	≤ 10kVA
Ancho (mm)	660	600
Alto (mm)	1050	2200
Profundidad (mm)	250	600



Autor:

Michael Antonio Arias Huamani

Technical Sales Support & Marketing Promoter
Perú – Bolivia

Publicado por

SIEMENS S.A.C.

Avenida Domingo Orue 971

Lima, Perú

Sujeto a cambios sin previo aviso y salvo errores.

La información facilitada en este documento sólo contiene descripciones generales y/o características de rendimiento que no siempre reflejan específicamente las descritas, o que pueden sufrir modificaciones en el curso del desarrollo posterior de los productos. Las prestaciones solicitadas sólo son vinculantes si se han acordado expresamente en el contrato celebrado.

Todas las denominaciones de los productos pueden ser marcas registradas u otros derechos de Siemens SAC, de sus empresas asociadas o de otras empresas cuyo uso por terceros para sus propios fines podría violar los derechos del propietario respectivo.

El presente artículo **SIEP-T90461-00-78PE** ha sido verificado por SIEMENS SAC