

# **Normativa Técnica de Madrid Digital para la Certificación de SCE**



Motivo de la nueva versión	Cambios respecto a la versión anterior	Fecha	Responsable/s del cambio
Versión inicial.		11/09/2012	Madrid Digital
Actualización	<p>Actualización Equipos de Medida</p> <p>Actualización parámetros de rendimiento del sistema especificando las pruebas de desequilibrio de resistencia en las medidas de rendimiento del sistema.</p> <p>Eliminación de comprobaciones de red de voz sobre cobre.</p>	18/03/2019	Madrid Digital
Actualización	<p>1.- SE ACTUALIZA:</p> <p>Punto 9.2: Red de Fibra.</p> <p>2.- SE AÑADE:</p> <p>Punto 9.1.3.1: Valores límite de los parámetros Clase EA.</p> <p>Punto 9.1.4: Medidas de PoE</p>	01/10/2020	Fibratel

## Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Objeto del documento .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Ámbito de aplicación.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Términos y definiciones.....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Disposiciones legales y normativa .....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Cualificación personal .....</b>	<b>8</b>
6.1	Cableado estructurado.....	8
6.2	Baja Tensión.....	8
<b>7</b>	<b>Equipos de medida.....</b>	<b>8</b>
7.1	Equipos de certificación de cableado estructurado .....	8
7.1.1	Resultado de las medidas: PASS/FAIL .....	10
7.1.2	Otros equipos.....	11
7.2	Equipos para Baja Tensión.....	11
<b>8</b>	<b>Tecnología de cableado .....</b>	<b>13</b>
8.1	Prestaciones de enlace.....	13
8.2	Requisitos generales de las pruebas .....	15
<b>9</b>	<b>Pruebas y medidas .....</b>	<b>16</b>
9.1	Red de datos .....	16
9.1.1	Límites de Pruebas .....	16
9.1.2	Medidas del sistema cableado de cobre Cat.6 .....	17
9.1.3	Medidas del sistema cableado de cobre Cat.6A.....	22
9.1.4	Medidas de PoE.....	24
9.2	Red de fibra .....	26
9.2.1	Medidas del sistema Cableado de fibra óptica .....	27
9.2.2	Medidas a realizar.....	28
9.2.3	Parámetros de rendimiento del sistema .....	35
9.2.4	Valores límites de los parámetros fibra óptica .....	36
9.3	Red eléctrica.....	37
9.3.1	Verificaciones por examen .....	37
9.3.2	Mediciones de Tierras, Cuadros y Red Eléctrica .....	38
<b>10</b>	<b>Entregables .....</b>	<b>47</b>

10.1	Garantía de la Instalación de red de datos.....	48
<b>11</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>49</b>
<b>12</b>	<b>Documentos relacionados .....</b>	<b>49</b>
<b>13</b>	<b>Roles.....</b>	<b>49</b>

## Figuras

Figura 1 – Equipo certificador para cobre y fibra óptica Fluke DSX-5000 con módulo OTDR .....	9
Figura 2 – Equipo comprobador Lantek 6A Premium (Ideal Industries) .....	9
Figura 3 – Condiciones de Pasa/Falla margina .....	11
Figura 4 – Ejemplos de microscopios .....	11
Figura 5 – Ejemplo de instrumento de medida multifunción para comprobación de instalaciones eléctricas .....	12
Figura 6 – Ejemplo de equipo telurómetro digital de alta precisión .....	13
Figura 7 – Canal y enlace permanente de dos conexiones (EN-50173-1) .....	14
Figura 8 – Modelos de enlace permanente (EN 50173-1) .....	14
Figura 9 – Medida de enlace permanente .....	14
Figura 10 – Configuración de parámetros de medida para cobre .....	17
Figura 11 – Resultado favorable de una prueba de mapa de cableado realizada con analizador Fluke .	18
Figura 12 – Explicación gráfica de las pérdidas de inserción.....	19
Figura 13 – Explicación gráfica de las diafonías.....	19
Figura 14 – Explicación gráfica de las pérdidas de los ACR.....	20
Figura 15 – Explicación gráfica de las pérdidas de retorno.....	20
Figura 25 – Ejemplo de toma de medida en 4 pares .....	24
Figura 26 – Ejemplo de prueba realizada con un equipo Fluke DSX-5000 para medir la resistencia de bucle CC .....	25
Figura 27 – Ejemplo de prueba en Pasa de enlace o canal permanente .....	26
Figura 28 – Ejemplo de prueba .....	28
Figura 29 – Establecimiento del nivel de referencia.....	28
Figura 30 – Realización de la medida.....	29
Figura 31 – Establecimiento del nivel de referencia.....	30
Figura 32 – Realización de la medida.....	30
Figura 33 – Configuración de límites de prueba en medida de potencia.....	31
Figura 34 – Ejemplo de medición de potencia .....	31
Figura 35 – Ejemplo de medidas de potencia (Nivel I) de fibra .....	32
Figura 36 – Configuración de límites pasa falla para prueba de reflectometría.....	33
Figura 37 – Uso de las bobinas de lanzamiento y recepción .....	34
Figura 38 – Ejemplo de medidas de reflectometría (Nivel II) de fibra.....	34
Figura 39 – Medida de la resistencia de un conductor de protección.....	39

Figura 40 – Resistencia de aislamiento de suelos y paredes.....	40
Figura 41 – Medida resistencia de puesta a tierra (Guía-BT-Anexo 4) .....	41
Figura 42 – Esquema medición de tierras .....	42
Figura 43 – Componentes del bucle de tierra .....	43
Figura 44 – Instalación TT con un defecto a tierra (Guía-BT-Anexo 4) .....	44
Figura 45 – Corrientes de fugas en fase-neutro y conductor de protección .....	46

## Tablas

Tabla 1 – Equivalencias entre Clase y Categoría de cable .....	16
Tabla 2 – Valores límite enlace permanente para clase E .....	21
Tabla 3 – Valores límite enlace permanente para aplicaciones PoE clase E .....	22
Tabla 4 – Valores límites ISO Enlace Permanente Clase E <sub>A</sub> con dos conexiones .....	23
Tabla 5 – Valores límites ISO Enlace Permanente Clase E <sub>A</sub> con tres conexiones .....	23
Tabla 6 – Valores límites 10GBASE-T.....	24
Tabla 7 – Atenuación de los componentes de un enlace de fibra .....	36
Tabla 8 – Límite de distancias y pérdidas según el tipo de fibra (ISO 11801) .....	36
Tabla 9 – Tensiones de ensayo y valores resistencia de aislamiento .....	39
Tabla 10 – Tiempos de interrupción máximos especificados para esquemas TN .....	43
Tabla 11 – Tiempos de interrupción máximos especificados para esquemas IT.....	43

## 1 Introducción

La correcta aplicación del Protocolo de Pruebas en las instalaciones de cableado, tanto de cobre, como de fibra óptica, de acuerdo con las normas nacionales e internacionales que se determinan en el presente documento, garantiza la calidad y las prestaciones que tienen los enlaces del cableado y que la red construida es capaz de soportar, en función de la tecnología que se haya seleccionado, las aplicaciones para las que ha sido diseñada.

## 2 Objeto del documento

El objeto del presente documento es la elaboración de un **Protocolo de Pruebas** para la certificación de las redes multiservicio, soportadas por una infraestructura de cableado genérico, conforme a las normas nacionales e internacionales de las TICs aplicables, así como la aceptación de las instalaciones eléctricas en baja tensión que, asociadas a la red multiservicio, alimentan los equipos de comunicaciones y de informática de los centros de la Comunidad de Madrid bajo la responsabilidad de Madrid Digital.

Los resultados de las pruebas forman parte de la documentación final que el contratista debe presentar a la terminación de los trabajos y que, entre otros fines, tiene por objeto obtener la certificación del sistema -conjunto de componentes ensamblados formado por: latiguillos, cables, conectores, paneles, etc- y la garantía del fabricante del cableado.

Debido a que este documento debe ser actualizado según evolucionen las diferentes normativas y tecnologías a lo largo de los años, para contar con la última versión disponible será necesario contactar con el Centro de Atención a Usuarios de Madrid Digital para que se traslade desde el área de Infraestructuras de Cableado la última versión del documento.

## 3 Ámbito de aplicación

Este protocolo será utilizado por el personal técnico de la Agencia para la Administración Digital de la Comunidad de Madrid Agencia para la Administración Digital de la Comunidad de Madrid (Madrid Digital), para los trabajos de supervisión e inspección de las pruebas y medidas realizadas en las redes multiservicio y como condición previa necesaria, pero no suficiente, para la recepción y certificación de las instalaciones llevadas a cabo por el contratista.

De igual forma, este protocolo de Pruebas será el exigible a los adjudicatarios y contratistas que realicen instalaciones de infraestructuras de comunicaciones e informática en locales, salas técnicas, CPDs, sedes y centros oficiales de la Comunidad de Madrid.

## 4 Términos y definiciones

- **ANEXT:** (Alien Crosstalk): es el acoplamiento que se produce entre pares de cables que se encuentran en enlaces distintos, pero adyacentes. Este parámetro analiza la perturbación o fuente de ruido más importante que se produce en las aplicaciones Ethernet a 10 GB, al utilizar este tipo de cableado.
- **AFEXT:** Siglas en inglés de diafonía Alien en extremo lejano.
- **ACR-F:** Siglas en inglés de relación entre atenuación y FEXT.
- **ANSI:** Instituto Nacional de Estándares Americanos.



- **C:** Conexión (en esquemas de prueba).
- **CC:** Panel de Conexión Cruzada (en esquemas de prueba).
- **CENELEC:** Comité Europeo de Normalización Electrotécnica.
- **CR:** Conexión de Referencia
- **EIA:** Alianza de Industrias Electrónicas.
- **EQP:** Equipo (en esquemas de prueba).
- **ET:** Equipo terminal (en esquemas de prueba).
- **FEXT:** Siglas en inglés de diafonía en el extremo lejano.
- **IEC:** Comisión Electrotécnica Internacional.
- **IL:** Siglas en inglés de Pérdidas de Inserción.
- **ISO:** Organización de Normalización Internacional.
- **LSPM:** Siglas en inglés de Fuente de Luz y Medidor de Potencia (Light Source Power Meter, instrumento básico de verificación de fibra compuesto por un medidor de potencia y una fuente para medir la pérdida en un enlace
- **NEXT:** Siglas en inglés de diafonía en el extremo cercano.
- **NVP:** Siglas en inglés de Velocidad Nominal de Propagación.
- **OLTS:** Siglas en inglés de equipo de pruebas de pérdida óptica (Optical Loss Test Set), instrumento de certificación básica de "Nivel 1" que mide la pérdida de un enlace en toda su longitud.
- **PCR:** Punto de Conexión a la Red.
- **PP:** Panel de Parcheo.
- **PS ACR-F:** Siglas en ingles de suma de potencia ACR
- **PS AACR-F:** Siglas en ingles de Suma de potencias AFEXT
- **PSNEXT:** Siglas en inglés de suma de potencia NEXT.
- **RP:** Repartidor de planta.
- **TIA:** Asociación de Industrias de Telecomunicaciones.
- **TRC:** Siglas en inglés de latiguillo de referencia de pruebas (Test Reference Cord), latiguillo de fibra de alta calidad de entre 1 y 3 metros con conectores de alto rendimiento, idealmente con extremos con superficies especiales reforzadas resistentes a arañazos que permitan numerosas inserciones sin degradación del rendimiento de pérdida.
- **TT:** Toma de Telecomunicaciones.

## 5 Disposiciones legales y normativa

Las normas nacionales/europeas e internacionales aplicables que especifican los procedimientos para el ensayo de las características de transmisión del cableado instalado, son las establecidas en el apartado “**NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE**” del documento “*Normativa*”, en su última versión disponible.

## 6 Cualificación personal

### 6.1 Cableado estructurado

El personal que realice las pruebas sobre la instalación de cableado deberá aportar un certificado de cualificación del fabricante del SCE, del fabricante de la instrumentación de medida o de un centro de formación de reconocido prestigio que imparta los cursos de formación y esté cualificado para expedir el correspondiente certificado.

Las pruebas serán llevadas a cabo, además, por técnicos que hayan asistido a un programa de entrenamiento y dispongan del certificado -por ejemplo, el CCTT (Certified Cabling Test Technician) de Fluke- para ejecutar las pruebas que específicamente se requieren, de acuerdo con la tecnología del sistema implantado.

### 6.2 Baja Tensión.

El instalador en baja tensión deberá desarrollar su actividad en el seno de una empresa instaladora de baja tensión habilitada, y deberá cumplir y poder acreditar lo establecido en el REAL DECRETO 560/2010, de 7 de mayo en cuanto a las condiciones y requisitos que deben observarse para la certificación de la competencia y para la habilitación como empresa instaladora en el ámbito de aplicación de dicho reglamento.

## 7 Equipos de medida

### 7.1 Equipos de certificación de cableado estructurado

Las pruebas se realizarán con **aparatos de certificación homologados**<sup>1</sup> y de acuerdo con la categoría y especificaciones que requiera el cable instalado (Precisión de los Equipos Certificadores: de **Nivel III** para Cat.6 y **Nivel III** o **IV** para Cat.6a y 10G). Los equipos de ensayo deben tener un certificado de calibración válido que respalde su utilización en el momento de comienzo de las pruebas. Las medidas se realizarán sobre el enlace permanente, para lo que el equipo deberá disponer de latiguillos de medida terminados en conectores RJ45 macho.

Se procederá a la comprobación de todas y cada una de las tomas corrigiendo los errores existentes en la instalación y al mismo tiempo se irán etiquetando los puntos.

Se deberá confirmar que el equipo utilizado en las pruebas cumple con:

- La última versión de firmware recomendada por el fabricante.

---

<sup>1</sup> Para realizar la certificación del sistema de cableado de cobre y fibra óptica, no se admite el empleo de “equipos probadores de calificación”, ni herramientas de verificación. No obstante, este tipo de equipos podrán ser utilizados durante la fase de instalación, para la verificación y la detección precoz de fallos en las conexiones, o bien, en operaciones simples de traslados, adiciones y cambios básicos de la red.

- La última versión del software de la base de datos (mantiene los parámetros de test y los límites de estándar que se comparan contra los medidos en el cable instalado) de cálculo (algoritmos matemáticos).
- La última versión del software de diagnóstico del PC para la descarga de los resultados, gráficas, etc.
- Que cumplirán con los requisitos de precisión de Nivel III (Clase E), Nivel IIIe (Clase EA) de equipos comprobadores de campo definidos en la ANSI/TIA-1152 "Requirements for Field Test Instruments and Measurements for Balanced Twisted-Pair Cabling", certificado por un laboratorio de pruebas independiente.

**Los equipos recomendados por Madrid Digital son los siguientes:**

- Fluke: DSX-5000 o modelo equivalente que lo reemplace.
- Ideal Industries (Wavetek): Lantek 6A Premium o modelo equivalente que lo reemplace.



**Figura 1 – Equipo certificador para cobre y fibra óptica Fluke DSX-5000 con módulo OTDR**



**Figura 2 – Equipo comprobador Lantek 6A Premium (Ideal Industries)**

Otros requisitos particulares exigibles a la instrumentación son:

- Los equipos deberán estar en posesión del certificado de calibrado vigente (una vez al año). El comprobador deberá estar dentro del periodo de calibración recomendado por el vendedor para alcanzar la precisión especificada por el vendedor.
- Seguir las instrucciones del fabricante para configurar el equipo de pruebas: set up y NVP de acuerdo con las especificaciones del fabricante del cableado.
- Para obtener la certificación del fabricante hay que salvar los resultados y trazas en su formato de base de datos típico: Fluke DTX: \*.flw; Lantek: \*.zip
- Los requisitos de precisión para enlace permanente están especificados en las tablas de las normas.
- El conector de prueba RJ45 deberá cumplir con los valores especificados en las normas ANSI/TIA-568-C Annex C para NEXT, FEXT y pérdidas de retorno.
- Los adaptadores de la interfaz de prueba deben ser de alta calidad y el cable no debe presentar ningún retorcido producto de enrollado o almacenaje y debe estar calibrado para extender la referencia de las medidas de pérdidas de retorno en el enlace permanente. El contratista proveerá prueba concluyente de que la interfaz ha sido calibrado dentro del periodo recomendado por el vendedor.
- Se seleccionará en el equipo de pruebas el autotest correspondiente a la clase y categoría del cableado a medir (6, 6A, 10G). En ningún caso se aceptarán autotest específicos del fabricante del sistema de cableado ofertado.
- Cada medida se almacenará con un identificador único, que permita su fácil localización. Se entregarán las medidas de todos los enlaces en soporte digital, en formato Adobe Reader y en el formato propio del software del equipo utilizado.

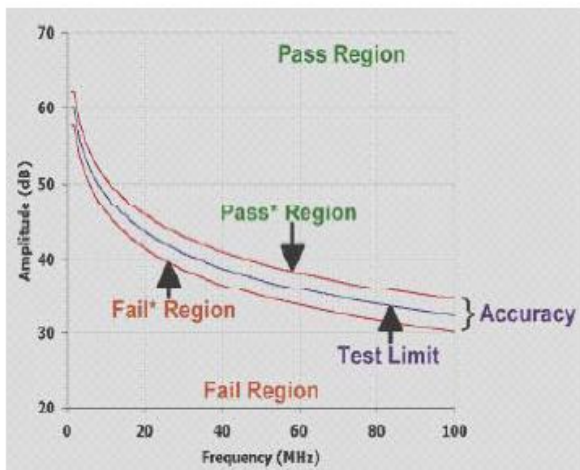
Se configurará el equipo para que realice la prueba de desequilibrio de resistencia para asegurar que no existirán problemas con la alimentación de los equipos PoE.

#### 7.1.1 Resultado de las medidas: PASS/FAIL

Las medidas obtenidas se presentarán en formato mencionado. Sólo se admitirán medidas con el resultado **"PASS"**.

Algunos equipos presentan un resultado de la medida con **"\*PASS"** o **"\*FAIL"** (pasa o falla marginal), que indica que el resultado está próximo al límite de prueba de la precisión del equipo de medida. **Madrid Digital no da por válidas estas medidas.**

**Condiciones de PASA/FALLA Marginal:** ocurre cuando los datos de medida están muy cerca de los límites Pasa/Falla. Debido a la precisión del equipo de medida la zona marginal puede variar. Por este motivo, deberá repetirse la medida y, si sigue dando como resultado un pasa/falla marginal, habrá que repasar el conexionado del cable en sus extremos, codos en el recorrido, bridas excesivamente apretadas, etc, hasta conseguir corregir el resultado.



**Figura 3 – Condiciones de Pasa/Falla margina**

### 7.1.2 Otros equipos

Para verificar el acabado y limpieza de los conectores –antes y después de la instalación de la fibra óptica– se recomienda la utilización de microscopios con zooms de distintos aumentos: 200x a 400x. En las figuras siguientes se muestran ejemplos de dos tipos de equipos: ópticos de visualización directa o a través de una pequeña pantalla de vídeo. Estos microscopios sirven tanto para fibra monomodo como multimodo.



**Figura 4 – Ejemplos de microscopios**

## 7.2 Equipos para Baja Tensión

El Apéndice de la **Guía BT-03: “Instaladores autorizados en Baja Tensión”** indica los medios mínimos, humanos y técnicos, requeridos para los instaladores autorizados en Baja Tensión. En concreto, estos medios técnicos son:

- Telurómetro.
- Medidor de aislamiento, según ITC MIE-BT 19.
- Multímetro, para las siguientes magnitudes:
  - Tensión alterna y continua hasta 500 V.
  - Intensidad alterna y continua hasta 20 A.
- Medidor de corrientes de fuga, con resolución mejor o igual que 1 mA.
- Detector de tensión.
- Analizador - registrador de potencia y energía para corriente alterna trifásica, con capacidad de medida de las siguientes magnitudes: potencia activa; tensión alterna; intensidad alterna; factor de potencia.
- Equipo verificador de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales, capaz de verificar la característica intensidad – tiempo.
- Equipo verificador de la continuidad de conductores.
- Medidor de resistencias de bucle, con fuente propia de energía, con sistema de medición independiente del valor de la resistencia de los cables de prueba y con una resolución mejor o igual que 0,1  $\Omega$ .
- Herramientas comunes y equipo auxiliar.
- Luxómetro con rango de medida adecuado para el alumbrado de emergencia.

Los medios técnicos que se establecen para la categoría básica deben ser propiedad del propio instalador autorizado quien debe garantizar en todo momento su estado de funcionamiento y calibración, ya que su uso es muy frecuente. Los medios específicos para la categoría especialista se pueden obtener en ocasiones a través de las correspondientes asociaciones profesionales, siempre que el usuario final pueda acreditar el estado de calibración y funcionamiento correcto de los equipos.



**Figura 5 – Ejemplo de instrumento de medida multifunción para comprobación de instalaciones eléctricas**



**Figura 6 – Ejemplo de equipo telurómetro digital de alta precisión**

## 8 Tecnología de cableado

El cableado estará diseñado para cumplir la clase de prestaciones requeridas para las aplicaciones de un centro. El sistema de cableado utilizado cumplirá con los requisitos que se especifican en el documento de Madrid Digital “*Normativa*”, en su última versión disponible.

Una vez completados los trabajos de instalación es obligatorio inspeccionar la infraestructura creada y efectuar las pruebas que permitan verificar que todo el cableado de cobre y fibra óptica se haya instalado correctamente y que cumple con las especificaciones de referencia aplicables -Pliego de Prescripciones Técnicas, Proyecto Técnico, Normativa Técnica de Madrid Digital, Normas Internacionales de las TICs-, todo ello al objeto de poder certificar el sistema construido y obtener la garantía del fabricante.

### 8.1 Prestaciones de enlace

De forma general, el sistema de cableado de pares balanceados a instalar cumplirá con los requisitos mínimos de enlace permanente.

Las normas definen el **canal** como el camino de transmisión extremo a extremo que conecta dos equipos cualesquiera específicos de una aplicación. Los latiguillos de equipo y de área de trabajo están incluidos en el canal.

Se define el **Enlace Permanente** como el camino de transmisión entre dos o tres interfaces emparejadas de cableado genérico, excluyendo los latiguillos de equipos, los latiguillos de área de trabajo y las conexiones cruzadas, pero incluyendo el hardware de conexión en cada extremo.

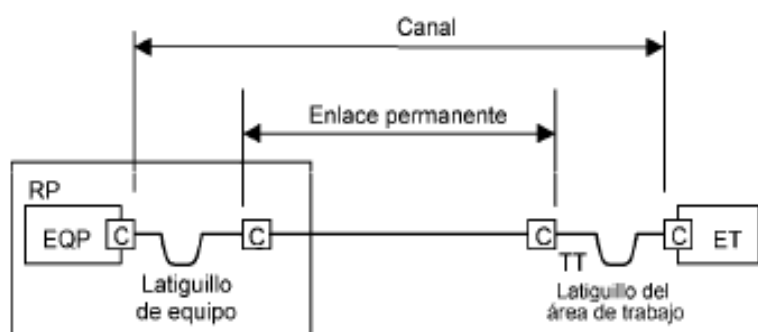


Figura 7 – Canal y enlace permanente de dos conexiones (EN-50173-1)

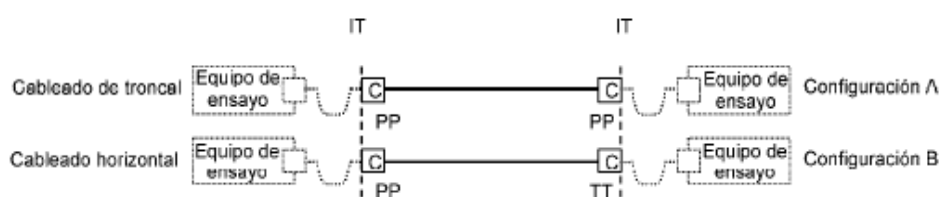


Figura 8 – Modelos de enlace permanente (EN 50173-1)

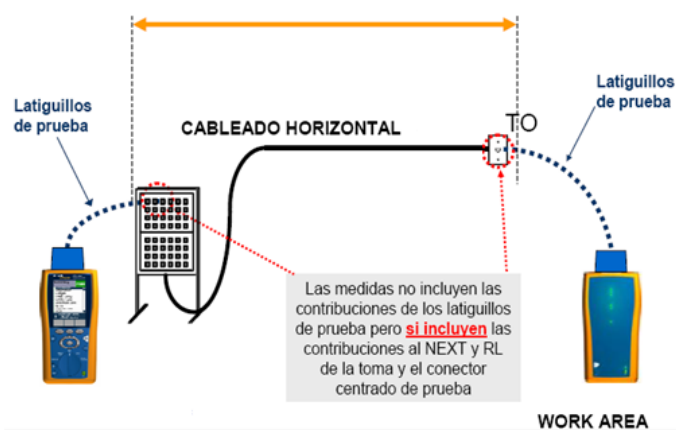


Figura 9 – Medida de enlace permanente



## 8.2 Requisitos generales de las pruebas

- Todos los canales o enlaces de la instalación deberán ser probados para los parámetros de transmisión establecidos en los apartados correspondientes de este documento y de acuerdo con el método de ensayo establecido en la norma a la que se haga referencia.
- En orden a pasar el test, todas las medidas (a cada frecuencia en el rango desde 1 MHz hasta 250/500 MHz) deben encontrarse o exceder el límite del valor determinado en el estándar.
- Los enlaces instalados en la horizontal serán probados desde el RT/RE/RP –de acuerdo con la arquitectura y topología de la red instalada- hasta la toma de telecomunicaciones en el área de trabajo para cumplir con las prestaciones especificadas en el “Enlace Permanente” tal y como se definen en la Categoría correspondiente.
- El 100 por 100 de los enlaces de cableado instalados deben pasar los requerimientos de la Categoría del cable utilizado. Cualquier enlace fallido debe ser diagnosticado y corregido. Las acciones correctivas serán seguidas de una nueva prueba para comprobar que el enlace corregido permite las prestaciones requeridas. Los resultados finales de las pruebas para todos los enlaces se entregarán en la documentación de resultados de las pruebas de acuerdo con lo solicitado en este documento.
- La base de datos del trabajo completo será almacenada y entregada en un CD-ROM o en un DVD incluyendo la herramienta de software requerida para su visualización. Adicionalmente será entregada una copia en papel de los resultados listados de todos los enlaces que han sido probados con la información siguiente:
- Identificación del enlace de acuerdo con la convención de nombre definida en la documentación del sistema.
- La fecha y hora de los resultados de las pruebas que fueron salvadas en la memoria del comprobador.
- Información general será provista en la base de datos electrónica con la información del resultado de los test para cada enlace.
- Identificación del emplazamiento (centro) como haya especificado el cliente.
- Identificación del enlace de acuerdo con el nombre definido en el sistema de documentación.
- La totalidad de la evaluación Pass/Fail de los enlaces bajo prueba.
- El nombre del límite de test seleccionado para ejecutar el almacenado de los resultados de la prueba.
- El tipo de cable y el valor de NVP usado para calcular las longitudes.
- El fabricante del equipo, modelo y número de serie.
- La identificación del interfaz de test.
- La revisión del software de prueba y la revisión de la base de datos de límites de prueba en el equipo.
- La información de los resultados de prueba debe contener información de cada uno de los parámetros listados en los apartados correspondientes del presente documento.

- Los datos detallados de la prueba deben contener además la información siguiente:
- Para cada parámetro de prueba dependiente de la frecuencia, el valor medido a cada frecuencia durante la prueba es almacenada. El programa residente en el PC debe permitir procesar los resultados almacenados para visualizar e imprimir un gráfico a color de los parámetros medidos. El software del PC debe asimismo proveer un resumen en formato numérico en el cual la información crítica es provista numéricamente tal y como está definida.
- La empresa instaladora deberá presentar un certificado de calibración del equipo de ensayo del cableado (cobre y fibra óptica) y un certificado de medidas del cableado.

## 9 Pruebas y medidas

### 9.1 Red de datos

El contratista realizará las medidas según se establece en las normas indicadas en el presente documento y de acuerdo con los protocolos fijados por el fabricante, para obtener la certificación del sistema instalado y proporcionar la garantía correspondiente.

A tal fin, el contratista:

- Realizará la verificación del 100 % de las tomas de telecomunicaciones instaladas en el Subsistema Horizontal, entre cada toma de telecomunicaciones y los paneles instalados en los diferentes armarios repartidores.
- Comprobará que los parámetros de transmisión (descritos más adelante) están dentro de la norma UNE EN 50173-1 según la categoría del cable instalado.

#### 9.1.1 Límites de Pruebas

A la hora de configurar los equipos de prueba descritos con anterioridad, habrá que seleccionar no sólo el tipo de cable, si no el límite de prueba con la que se comparará la medida. En la tabla adjunta se muestra la equivalencia entre la clase y la categoría del cable que, junto con el método (enlace permanente en este caso), determinará los valores máximos de los parámetros de rendimiento del enlace.

CLASIFICACIONES EQUIVALENTES DE LAS NORMAS TIA, ISO, EN.				
Ancho de banda	TIA (componentes)	TIA (cableado)	ISO/EN (componentes)	ISO/EN (cableado)
1 - 100 MHz	Categoría 5e	Categoría 5e	Categoría 5e	Clase D
1 - 250 MHz	Categoría 6	Categoría 6	Categoría 6	Clase E
1 - 500 MHz	Categoría 6A	Categoría 6A	Categoría 6A	Clase Ea
1 - 600 MHz	sin especificar	sin especificar	Categoría 7	Clase F
1 - 1.000 MHz	sin especificar	sin especificar	Categoría 7A	Clase FA

**Tabla 1 – Equivalencias entre Clase y Categoría de cable**

### 9.1.2 Medidas del sistema cableado de cobre Cat.6

La norma **UNE EN 50346:2002** especifica los procedimientos de ensayo para la medición de las características de transmisión del cableado. Los métodos de ensayo se basan en procedimientos normalizados. La norma **UNE EN 50173-1** define los límites de ensayo y los resultados requeridos.

El sistema de ensayo comprende el equipo de ensayo local y el equipo de ensayo remoto (donde se requiera), junto con cualquier tipo de adaptadores de la interfaz de cableado que permitan la conexión del equipo de ensayo al cableado sometido a ensayo. El equipo de ensayo y los adaptadores de la interfaz del cableado se deben utilizar de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante del equipo.

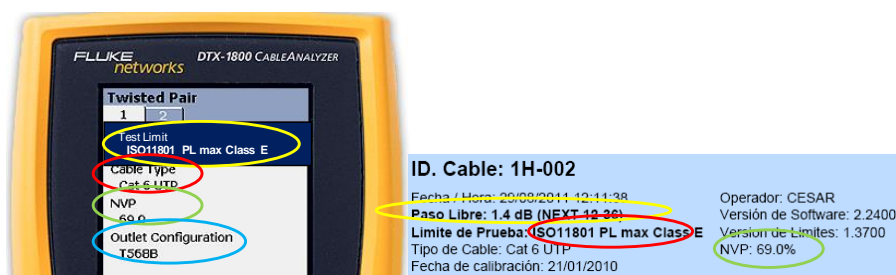
La incertidumbre de la medida para un parámetro dado es la precisión del sistema de ensayo. El tiempo de vida de funcionamiento máximo para los adaptadores de la interfaz de cableado (número de ciclos de acoplamiento del conector al equipo de ensayo y/o al cableado sometido a ensayo) será el recomendado por el fabricante del comprobador seleccionado. Por ejemplo:

- Adaptadores de enlace permanente de alta precisión.
- Conector de prueba centrado con puntas intercambiables.

Hay que asegurarse de elegir 4 parámetros fundamentales:

- Límite de prueba: Enlace permanente según ISO 11801 y la clase del cable.
- El tipo de cable.
- NVP, conforme a los valores dados por el fabricante.
- Configuración de la Toma de Telecomunicaciones, T568B.

Parámetros que luego aparecen en los resultados de la prueba (el último sólo aparece en el mapa de cableado).



**Figura 10 – Configuración de parámetros de medida para cobre**

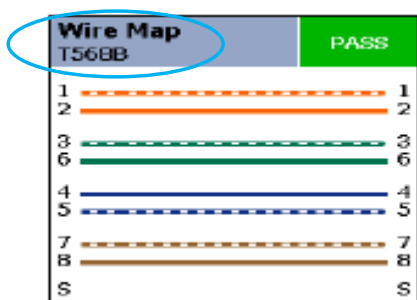
La presencia de polvo, suciedad y otros contaminantes en las interfaces del cableado sometido a ensayo pueden producir resultados engañosos y en algún caso daños al cableado sometido a ensayo y/o al adaptador de la interfaz. Las caras extremas del conector de acoplamiento de los adaptadores de la interfaz del cableado y el cableado sometidos a ensayo se deben limpiar de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes del hardware de conexión previamente al acoplamiento.

#### 9.1.2.1 Parámetros de rendimiento del sistema

Los parámetros de medida tradicionales que analizan la relación señal a ruido (S/N) se denominan “in-channel” y en el caso de la Cat.6/Clase E se miden entre 1 y 250 MHz.

#### 1. Mapa de cableado

Muestra la continuidad, corto entre dos o más conductores, pares cruzados, invertidos, divididos,...



**Figura 11 – Resultado favorable de una prueba de mapa de cableado realizada con analizador Fluke**

#### 2. Longitud

Muestra la longitud de los pares que componen el cable. Los resultados medidos se deben registrar en formato de tabla.

El informe debe incluir también la velocidad de propagación nominal (NVP) utilizada en cualquier cálculo del resultado medido.

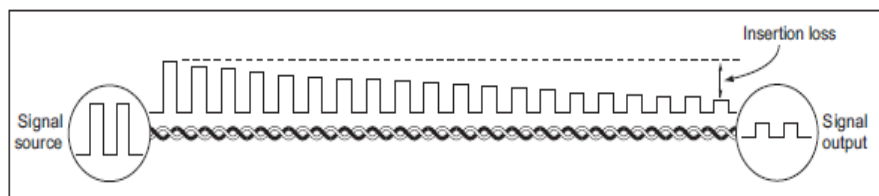
#### 3. Retardo de propagación

Depende de la velocidad de propagación nominal del cable. Para asegurar una transmisión sin distorsión, la velocidad de propagación debe estar por encima de un umbral mínimo que determinan los requerimientos de cada sistema. El retardo de propagación es independiente de la frecuencia de trabajo.

Los resultados medidos se deben registrar en formato de tabla. El informe de ensayo debe incluir también los requisitos de la norma aplicable de cableado o de aplicación, y la precisión de la medida. Se deben registrar los resultados de todos los pares.

#### 4. Atenuación y pérdidas de inserción

Cantidad de señal “perdida” a lo largo del enlace (dB). La atenuación está determinada por la sección transversal del cable y la conductividad del cobre.

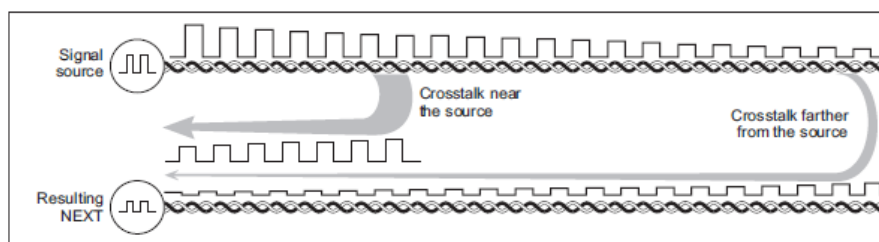


**Figura 12 – Explicación gráfica de las pérdidas de inserción**

Los resultados medidos se deben registrar en formato de tabla y de gráfico. Se deben registrar los resultados de todos los pares.

#### **5. Paradiafonía (NEXT, para a par y suma de potencia PS NEXT)**

Cantidad de señal que interfiere de un par a otro. Mide la interferencia en el extremo cercano. Este parámetro está determinado por el trenzado de los pares hasta el punto de conectorización. Depende de la frecuencia de trabajo y de la longitud del cable.



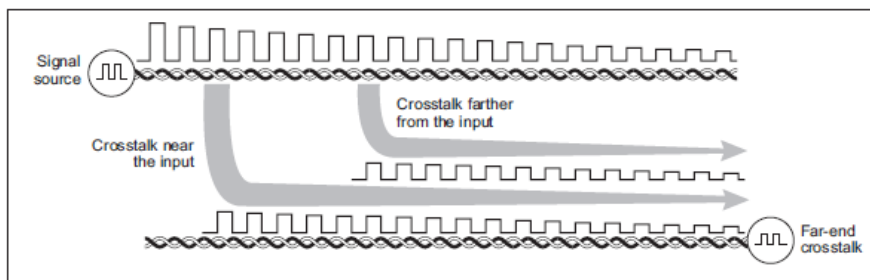
**Figura 13 – Explicación gráfica de las diafonías**

En los protocolos de red que utilizan los 4 pares el PS NEXT sustituye en significado al NEXT, e indica lo que se ve afectado un par por la diafonía combinada del resto.

El factor dominante en la medida global de NEXT en un enlace será el componente con un NEXT más negativo (más bajo). A valores altos de PS NEXT, mejor rendimiento del cable. Los resultados medidos se deben registrar en formato de tabla y de gráfico. Se deben registrar los resultados de todos los pares.

#### **6. Relación de Atenuación / diafonía (ACR-F, par a par y suma de potencia PS ACR-F)**

Estos dos nuevos parámetros sustituyen al ELFEXT y al PS ELFEXT. Muestra el rendimiento del enlace.



**Figura 14 – Explicación gráfica de las pérdidas de los ACR**

Debido a la atenuación, la telediafonía (FEXT) es menor en cables largos que en cortos. Si eliminamos los efectos de la longitud (atenuación) obtenemos la relación de atenuación entre la diafonía y la atenuación en el extremo lejano (ACR-F), que es independiente de la longitud y que da una mejor idea del rendimiento del cable. Como la telediafonía se suma en fase (en el extremo lejano) afecta mucho a señales que van en la misma dirección, como es el caso de Gigabit Ethernet, siendo uno de los principales parámetros a tener en cuenta. A mayor valor de ACR-F, mejor rendimiento del cable. Es el mejor indicador para determinar el ancho de banda útil en un sistema de cableado.

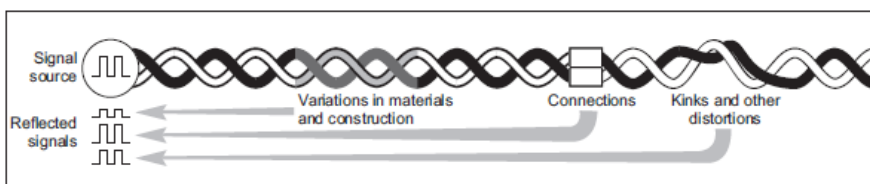
Del mismo modo, la combinación de telediafonías sobre un par (PS-ACR-F) es otro parámetro a tener en cuenta.

Los resultados medidos se deben registrar en formato de tabla y de gráfico. Se deben registrar los resultados de todos los pares.

## 7. Pérdida de retorno (RL)

Medida de la potencia de la señal reflejada en el rango de frecuencia. Es una consecuencia de las variaciones de la impedancia característica debido al proceso de fabricación del cable (homogeneidad del cable en todo su recorrido), conectores o modificación de las características durante la instalación (aplastamientos, torceduras, destrenzados). Otro parámetro a tener muy en cuenta para señales de alta velocidad.

La impedancia de los latiguillos de parcheo debe ser la misma que la del cable.



**Figura 15 – Explicación gráfica de las pérdidas de retorno**

Los resultados medidos se deben registrar en formato de tabla y de gráfico. Se deben registrar los resultados de todos los pares.

### 8. Resistencia de bucle de corriente continua (CC)

Es el resultado de la medida de la impedancia de bucle que resulta de cortocircuitar los dos hilos que componen un par. Viene determinado por la sección transversal y conductividad de los hilos de cobre de los pares. Los límites de la máxima resistencia de bucle admisible han sido fijados en función de los requerimientos de las aplicaciones de red.

Los resultados medidos se deben registrar en formato de tabla y de gráfico. Se deben registrar los resultados de todos los pares.

### 9. Retardo diferencial (Delay Skew)

Diferencia de tiempo entre la señal con una mayor velocidad de transmisión y la de menor velocidad de todos los pares. El factor que puede influir en este parámetro son las pequeñas diferencias de longitud entre los pares de transmisión del cable.

Este parámetro muestra la diferencia en el retardo de propagación entre los cuatro pares. El par con el retardo de propagación más corto es el par de referencia y toma un valor de retardo diferencial igual a cero. La prueba trata de identificar el caso peor del par con mayor retardo de propagación. Los resultados medidos se deben registrar en forma de tabla. El informe de ensayo debe incluir también los requisitos de la norma aplicable de cableado o de aplicación, y la precisión de la medida.

#### 9.1.2.2 Valores límites de los parámetros Clase E

Cat 6 Perm L. Class E

Wire Map	Long.	Prop Delay	Delay Skew	Freq	Insertion Loss	NEXT	RL	ACR-N	ACR-F	PS NEXT	PS ACR-N	PS ACR-F
Required	Max	ns	ns	Mhz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
12345678S	90m	<488	<43	<b>1.0</b>	1.9	72.7	19.0	70.8	64.2	70.3	68.4	61.2
-----				<b>4.0</b>	3.5	63.0	19.0	59.5	52.1	60.5	57.0	49.1
12345678				<b>10.0</b>	5.6	56.6	19.0	51.0	44.2	54.0	48.4	41.2
-----				<b>16.</b>	7.1	53.2	19.0	46.1	40.1	50.6	43.5	37.1
12345678S				<b>20.0</b>	7.9	51.6	19.0	43.7	38.1	49.0	41.0	35.1
-----				<b>31.25</b>	10.0	48.4	17.6	38.4	34.3	45.7	35.7	31.3
12345678S				<b>62.4</b>	14.4	43.4	15.5	29.0	28.2	40.6	26.2	25.2
-----				<b>100.0</b>	18.5	39.9	14.1	21.4	24.2	37.1	18.6	21.2
12345678S				<b>125.0</b>	20.9	38.3	13.4	17.4	22.2	35.4	15.5	19.2
-----				<b>155.5</b>	23.6	36.7	12.8	13.1	20.3	33.8	10.2	17.3
12345678S				<b>175.0</b>	25.2	35.8	12.4	10.6	19.3	32.9	7.7	16.3
-----				<b>200.0</b>	27.1	34.8	12.0	7.7	18.1	31.9	4.8	15.1
12345678S				<b>250.0</b>	30.7	33.1	11.3	2.4	16.2	30.2	-0.5	13.2

Tabla 2 – Valores límite enlace permanente para clase E

POE 2-Pair Cat 6 Perm.Link

Wire Map	Long.	Prop Delay	Delay Skew	Freq	Insertion Loss	NEXT	RL	ACR-N	ACR-F	PS NEXT	PS ACR-N	PS ACR-F
	Max.	ns	ns	MHz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
123--6--	90 m	498	44	1	3	65	19,1	62.0	64.2	62	59	61.2
123--6--				4	3.5	64.1	21	60.6	52.1	61.8	58.3	49.1
				8	5	59.4	21	54.4	46.1	57	52.1	43.1
123--6--S				10	5.5	57.8	21	52.3	44.2	55.5	49.9	41.2
123--6--S				16	7	54.6	20	47.6	40.1	52.2	45.2	37.1
				20	7.9	53.1	19,5	45.2	38.2	50.7	42.8	35.2
				25	8.9	51.5	19	42.7	36.2	49.1	40.2	33.2
				31,25	10	50.0	18,5	40.0	34.3	47.5	37.6	31.3
				62,5	14.4	45.1	16	30.8	28.3	42.7	28.3	25.3
				100	18.6	41.8	14	23.3	24.2	39.3	20.7	21.2
				200	27.4	36.9	11	9.6	18.2	34.3	7.0	15.2
				250	31.1	35.3	10	4.2	16.2	32.7	1.6	13.2

Tabla 3 – Valores límite enlace permanente para aplicaciones PoE clase E

### 9.1.3 Medidas del sistema cableado de cobre Cat.6A

El estándar de IEEE **802.3an** sobre 10GBASE-T fue aprobado el 8 de junio de 2006: "Cableado de par trenzado (4 pares) en implementaciones de Ethernet a 10 Gb/s".

Actualmente están definidos y aprobados los requerimientos de canal mediante la **ISO/IEC 11801-am1 Ed. 2.1, "Amendment 1** - Information technology - Generic cabling for customer premises" publicada el 28 de mayo de 2008. Esta norma regula los requisitos de canales para las nuevas **Clases E<sub>A</sub>** and **F<sub>A</sub>** además de incluir adiciones y correcciones sobre la ISO/IEC 11801:2002. Amendment 2 ISO/IEC 11801:2002.

El **ANSI/TIA/EIA-568-B.2-10**, de Febrero 2008, indica sistemas de cables llamados Categoría 6 Aumentada o más frecuentemente "**Categoría 6A**", que operan a frecuencias de hasta 550 MHz (tanto para cables no apantallados como cables apantallados) y proveen transferencias de hasta 10 GBit/s.



### 9.1.3.1 Valores límites de los parámetros Clase EA

ISO ClassEa PL2 25N1599		(Two Connector Permanent Link)			DRAFT STANDARD - For Verification Purposes ONLY								
Wire Map	Res.	Length	Prop. Delay	Delay Skew	Freq.	Insertion Loss	NEXT	RL	ACR-N	ACR-F	PS NEXT	PS ACR-N	PS ACR-F
	$\Omega$	Max.	nS	nS	MHz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
12345678	20.6	i	496	43	1	4	65.0	21.0	61.0	65.2	62.0	58.0	62.2
12345678					4	4	64.1	21.0	60.1	53.2	61.8	57.8	50.2
					8	4.9	59.4	21.0	54.5	47.2	57.0	52.1	44.2
12345678S					10	5.5	57.8	21.0	52.4	45.2	55.5	50.0	42.2
12345678S					16	6.9	54.6	20.0	47.7	41.2	52.2	45.3	38.2
					20	7.7	53.1	19.5	45.3	39.2	50.7	43.0	36.2
					25	8.6	51.5	19.0	42.9	37.3	49.1	40.5	34.3
					31.25	9.7	50.0	18.5	40.3	35.3	47.5	37.9	32.3
					62.5	13.8	45.1	16.0	31.3	29.3	42.7	28.8	26.3
					100	17.6	41.8	14.0	24.2	25.2	39.3	21.7	22.2
					200	25.4	36.9	11.0	11.5	19.2	34.3	8.9	16.2
					250	28.6	35.3	10.0	6.7	17.3	32.7	4.1	14.3
					350	34.3	32.6	8.6	-1.7	14.4	29.9	-4.4	11.4
					500	41.6	29.3	8.0	-12.4	11.3	26.4	-15.3	8.3

**Tabla 4 – Valores límites ISO Enlace Permanente Clase E<sub>A</sub> con dos conexiones**

ISO ClassEa PL3 25N1599		(Three Connector Permanent Link)			DRAFT STANDARD - For Verification Purposes ONLY								
Wire Map	Res.	Length	Prop. Delay	Delay Skew	Freq.	Insertion Loss	NEXT	RL	ACR-N	ACR-F	PS NEXT	PS ACR-N	PS ACR-F
	$\Omega$	Max.	nS	nS	MHz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
12345678	21	i	498	44	1	4	65.0	21.0	61.0	64.2	62.0	58.0	61.2
12345678					4	4	64.1	21.0	60.1	52.1	61.8	57.8	49.1
					8	4.9	59.4	21.0	54.4	46.1	57.0	52.1	43.1
12345678S					10	5.5	57.8	21.0	52.3	44.2	55.5	50.0	41.2
12345678S					16	7	54.6	20.0	47.6	40.1	52.2	45.2	37.1
					20	7.8	53.1	19.5	45.3	38.2	50.7	42.9	35.2
					25	8.7	51.5	19.0	42.8	36.2	49.1	40.4	33.2
					31.25	9.8	50.0	18.5	40.2	34.3	47.5	37.8	31.3
					62.5	14	45.1	16.0	31.2	28.3	42.7	28.7	25.3
					100	17.8	41.8	14.0	24.0	24.2	39.3	21.5	21.2
					200	25.7	36.9	11.0	11.3	18.2	34.3	8.7	15.2
					250	28.9	35.3	10.0	6.4	16.2	32.7	3.8	13.2
					350	34.6	32.2	8.6	-2.5	13.3	29.4	-5.2	10.3
					500	42.1	27.9	8.0	-14.2	10.2	24.8	-17.2	7.2

**Tabla 5 – Valores límites ISO Enlace Permanente Clase E<sub>A</sub> con tres conexiones**

10GBASE-T

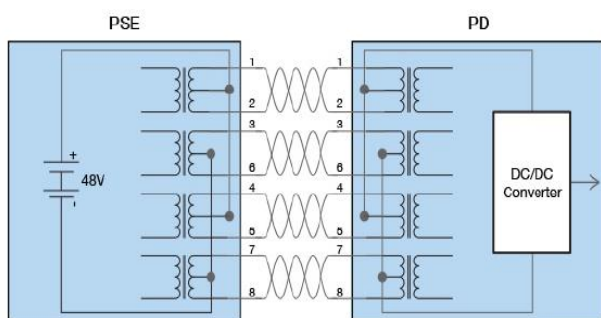
Wire Map	Res.	Length	Prop. Delay	Delay Skew	Freq.	Insertion Loss	NEXT	RL	ACR-N	ACR-F	PS NEXT	PS ACR-N	PS ACR-F
	$\Omega$	Max.	nS	nS	MHz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
12345678	i	100 m	555	50	1	4	65.0	19.0		63.3	62.0		60.3
12345678					4	4.2	63.0	19.0		51.2	60.5		48.2
					8	5.9	58.2	19.0		45.2	55.6		42.2
12345678S					10	6.6	56.6	19.0		43.3	54.0		40.3
12345678S					16	8.3	53.2	18.0		39.2	50.6		36.2
					20	9.3	51.6	17.5		37.2	49.0		34.2
					25	10.5	50.0	17.0		35.3	47.3		32.3
					31.25	11.7	48.4	16.5		33.4	45.7		30.4
					62.5	16.9	43.4	14.0		27.3	40.6		24.3
					100	21.7	39.9	12.0		23.3	37.1		20.3
					200	31.7	34.8	9.0		17.2	31.9		14.2
					250	35.9	33.1	8.0		15.3	30.2		12.3
					350	43.5	29.7	6.6		12.4	26.9		9.4
					500	53.4	22.0	6.0		9.3	20.4		6.3

Tabla 6 – Valores límites 10GBASE-T

#### 9.1.4 Medidas de PoE

Mientras que las aplicaciones 10/100BASE-T (es decir, 10 y 100 Mbps) requerían solamente dos pares de cableado para la transmisión, dejando dos pares disponibles para PoE, 1000BASE-T Gigabit Ethernet requiere los cuatro pares de cableado para la transmisión bidireccional. En esta situación, el PoE se entrega sobre los pares que están transmitiendo datos simultáneamente.

El estándar IEEE\_802.3at\_PoE\_Plus actual aumenta la potencia máxima permitida a 30 W (25,5 W disponible), si bien la nueva propuesta del estándar IEEE\_802.3bt\_PoE\_Plus está diseñada para proporcionar 100 W de potencia utilizando los 4 pares para proporcionar la potencia necesaria del equipo de suministro de energía (PSE) al dispositivo alimentado (PD).



All four pairs are used to deliver power in an IEEE 802.3bt PoE system, power is transmitted simultaneously with data and is compatible with 10/100/1000/10GBase-T.

Figura 16 – Ejemplo de toma de medida en 4 pares

Cuando la resistencia de cada cable en el par es igual, el desequilibrio de resistencia CC (la diferencia de resistencia entre dos conductores) está en cero, la corriente se divide uniformemente, y se logra la corriente en modo común.

**Mientras que los dispositivos pueden tolerar cierto desequilibrio de resistencia CC, demasiado desequilibrio causa la saturación del transformador.** Esto a fin de cuentas puede distorsionar la forma de onda de las señales de datos Ethernet, provocando errores de bits, retransmisiones e incluso enlaces de datos que no funcionan. Con un sistema PoE de cuatro pares, algún desequilibrio de resistencia CC entre los pares puede tolerarse, pero si es excesiva, PoE dejará de funcionar.

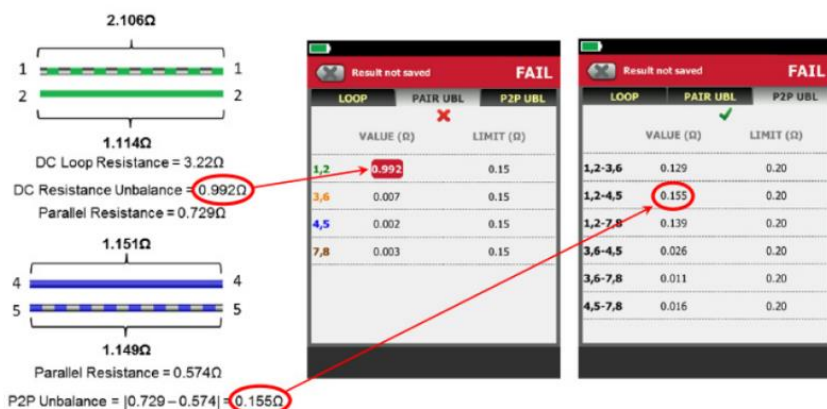
El desequilibrio de resistencia CC dentro de un par y entre pares puede ocurrir en un enlace de datos PoE por una variedad de razones. Mientras que los problemas con los transformadores, como una toma central de compensación pueden ocurrir en ambos dispositivos PSE y finales, **el desequilibrio de resistencia CC es más a menudo causado por la mano de obra deficiente, terminaciones inconsistentes y la calidad de cableado insatisfactoria.**

El estándar IEEE\_802.3bt\_PoE\_Plus\_Plus requiere que el desequilibrio de resistencia CC entre dos pares no debe ser más que el mayor entre 7% o de 50 mΩ.

Las **pruebas de desequilibrio de resistencia CC** verifican que los conductores en un par tienen la misma resistencia y por lo tanto permitirán la corriente de modo común necesaria para apoyar efectivamente PoE y evitar la distorsión de las señales de datos que se transmiten en el mismo par.

Equipos como el DSX-5000 de Fluke mide la resistencia de bucle de CC, el desequilibrio de resistencia de CC dentro de un par y el desequilibrio de resistencia de CC entre pares.

A continuación, se muestra una prueba realizada con un equipo Fluke DSX-5000 que mide la resistencia de bucle CC como una suma de la resistencia de dos conductores de un par, mientras que la resistencia de desequilibrio CC es una medida de la diferencia de resistencia entre los dos conductores. El desequilibrio de resistencia de CC entre pares se muestra para los pares 1,2 a 4,5, siendo la diferencia absoluta en las resistencias paralelas de los dos pares.



**Figura 17 – Ejemplo de prueba realizada con un equipo Fluke DSX-5000 para medir la resistencia de bucle CC**

El DSX-5000 CableAnalyzer puede configurarse para incluir límites de prueba de resistencia de desequilibrio de CC para mediciones de canales o enlaces permanentes como se muestra en la siguiente tabla:

Nombre del límite de comprobación de DSX CableAnalyzer	Desequilibrio de resistencia CC	
	Canal	Enlace permanente
Ondulación permanente TIA Cat 5e. Enlace (+ todo)	0,20 o 3,0%	0,20 o 3,0%
Ondulación permanente TIA Cat 6. Enlace (+ todo)	0,20 o 3,0%	0,20 o 3,0%
Ondulación permanente TIA Cat 6e. Enlace (+ todo)	0,20 o 3,0%	0,20 o 3,0%
ISO11801 PL Clase D (+ todo)	0,20 o 3,0%	0,15 o 3,0%
ISO11801 PL Clase E (+ todo)	0,20 o 3,0%	0,15 o 3,0%
ISO11801 PL2 Clase Ea (+ todo)	0,20 o 3,0%	0,15 o 3,0%

Si se está realizando una medición de enlace o canal permanente, la medición se realiza por el DSX-5000 con una convención PASA/FALLA aplicada para el límite de comprobación seleccionado, como se muestra en la siguiente figura. Esta es información útil si se observaran problemas de PoE se podría descartar el cableado como una causa potencial y da confianza que el cableado recién instalado no solo transmite datos, sino que también puede admitir PoE.

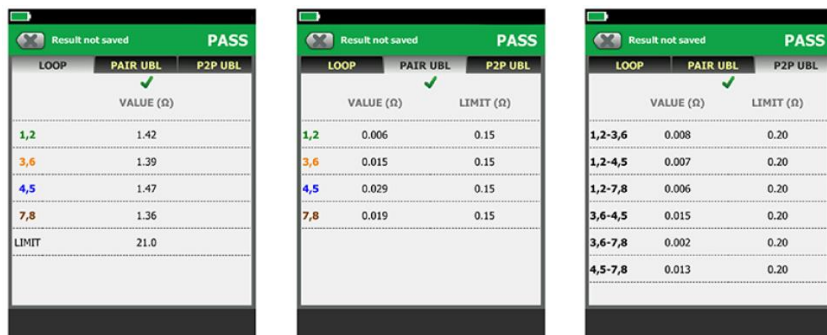


Figura 18 – Ejemplo de prueba en Pasa de enlace o canal permanente

## 9.2 Red de fibra

El contratista realizará las medidas según se establece en las normas indicadas en el presente documento y de acuerdo con los protocolos fijados por el fabricante, para obtener la certificación del sistema instalado y proporcionar la garantía correspondiente.

A tal fin, el contratista:

- Realizará la verificación del 100 % de las fibras instaladas en el Subsistema Campus, Vertical y horizontal (según aplique).
- Comprobará que los parámetros de transmisión (descritos más adelante) están dentro de la norma ISO 11801 según la categoría del cable instalado.

El cable de fibra óptica a utilizar se define en el documento "*Normativa*", en su última versión disponible.

Los cables de fibra óptica, de acuerdo con la norma ISO 11801 y EN 50173-1, se clasifican en siete categorías:

- cinco para fibra óptica multimodo -OM1, OM2, OM3, OM4 y OM5-
- dos para fibra óptica monomodo -OS1 y OS2-

#### 9.2.1 Medidas del sistema Cableado de fibra óptica

Debe considerarse el grupo de normas ISO 11801:2002 y el ISO/IEC 14763-3, para obtener una especificación completa y garantizar que el cableado instalado admita los requisitos para las aplicaciones de red pretendidas.

Estas normas tratan las especificaciones de comprobación en campo del rendimiento de la transmisión posterior a la instalación, que depende de las características de cable, longitud, hardware de conexión, latiguillos, cableado de interconexión, el número total de conexiones y el cuidado con que sean instaladas y mantenidas.

Los estándares de instalación especifican como rendimiento mínimo de transmisión que la pérdida de enlace medida sea inferior al máximo permitido (límite de pérdidas), que se basa en el número de conexiones, de empalmes y la longitud total de cable de fibra óptica. Esta certificación debe ejecutarse con un Equipo de Pruebas de Pérdidas Ópticas (*Optical Loss Test Set, OLTS*) de precisión o una Fuente de Luz y Medidor de Potencia (*Light Source and Power Meter, LSPM*).

Para la certificación, también deben tenerse en cuenta los estándares de aplicación de red, como el estándar IEEE 802.3 para Ethernet. Las aplicaciones de alto rendimiento (rango del Gbps y superior) requieren límites más estrictos en la longitud de canal y la pérdida de canal que depende del tipo y del índice de ancho de banda de la fibra óptica y las fuentes de luz utilizadas en los dispositivos de red. La tabla 9 muestra la máxima distancia admitida y la máxima pérdida de canal permitida para varias aplicaciones de red comunes y para los diferentes tipos de fibra que se describen en la tabla 8.

La certificación en campo verificará que la longitud del canal de fibra óptica no supera la distancia máxima admitida.

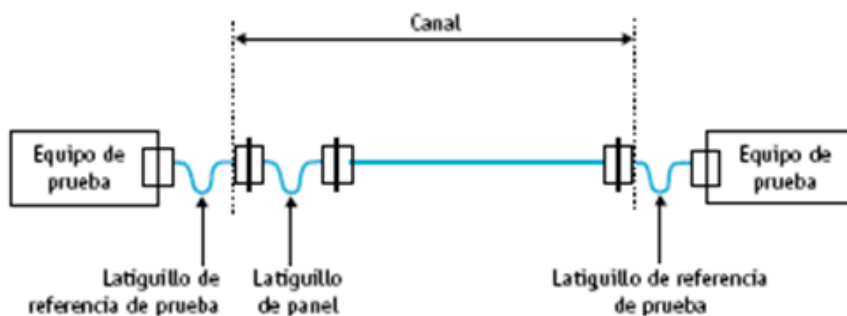


Figura 19 – Ejemplo de prueba

### 9.2.2 Medidas a realizar

Antes de iniciar las pruebas se deben realizar las operaciones siguientes:

- Limpiar: Inspección de conectores de fibra óptica. Inspección de la limpieza del armario repartidor, electrónica y equipo de medida. Se recomienda el empleo de los Kits de limpieza aconsejados por el fabricante de la instrumentación.
- Respetar el tiempo de calentamiento.

Deben realizarse las medidas mínimas exigidas según los niveles I y II.:

**Nivel I o Nivel Básico de Certificación (LSPM** - Fuente de luz y Medidor de potencia), La certificación de fibra básica es necesaria en todos los enlaces de cableado de fibra óptica. Las pruebas son:

- Atenuación (pérdida de inserción), La medición y evaluación de la pérdida de enlace mediante un 'equipo fuente de luz y medidor de potencia' (LSPM). El OLTS y el LSPM tienden a utilizarse indistintamente. La fuente de luz se conecta a un extremo de la fibra en pruebas mientras que el medidor de potencia se conecta al otro extremo.

Para medir la atenuación se utiliza el esquema de pruebas de la figura 26 al que se le descuenta el aporte de los latiguillos de referencia, que se puede hacer de dos maneras:

- Método de un latiguillo, Se usa cuando todos los conectores son del mismo tipo:
  1. La fuente de luz se conecta con el medidor de potencia con un "latiguillo de referencia de prueba" para establecer el nivel de potencia.

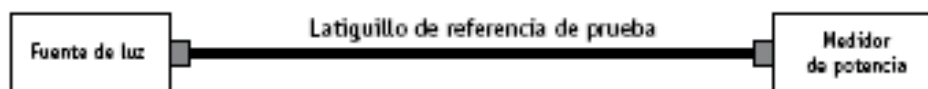
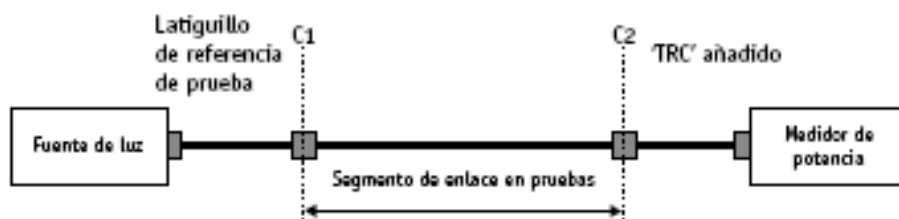


Figura 20 – Establecimiento del nivel de referencia

2. Después de haber establecido este nivel de potencia de referencia, se pasa a las conexiones de medición, tal como se muestra en la figura 28
3. En primer lugar, NO alterar la conexión entre la fuente de luz y el TRC de ninguna manera.
4. Conectar la fuente de luz y TRC a un extremo del enlace en pruebas (conector C1).
5. Conectar un segundo TRC ("TRC agregado") entre el otro extremo del enlace en pruebas (C2) y el medidor de potencia. Este segundo TRC debe presentar la misma calidad que el primero (utilizado para establecer la referencia). También se inspeccionará para asegurarse de que ambas conexiones finales estén limpias.
6. Hacer una medición de potencia mientras que la fuente de luz transmite la luz a través del enlace en pruebas hasta el medidor de potencia.
7. El medidor de potencia mide la energía de la luz a través del enlace en pruebas y produce un resultado en dBm.
8. Si el equipo no resta el nivel de referencia, hacerlo manualmente. La aportación del segundo TRC a la medida es insignificante y no influye en el resultado final



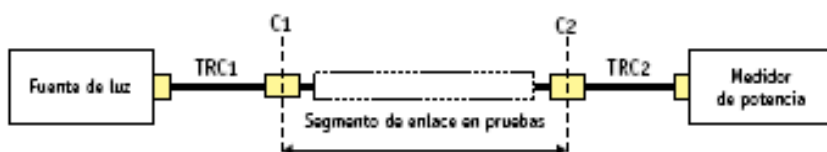
**Figura 21 – Realización de la medida**

- Método de tres latiguillos, Se usa cuando todos los conectores son de distinto tipo:
  1. La fuente de luz se conecta con el medidor de potencia. La medición de referencia de pérdida óptica capta la pérdida en la conexión del Latiguillo de Referencia de Prueba 1 (TRC1) y la Fuente de Luz, la pérdida en TRC1, TRC2 y TRC3, la pérdida en las conexiones de referencia CR1 y CR2 y la pérdida en la conexión entre TRC2 y el Medidor de Potencia.



**Figura 22 – Establecimiento del nivel de referencia**

2. La “diferencia” entre el nivel de potencia de referencia y el nivel de potencia de la prueba de pérdida es la potencia perdida en el enlace en pruebas, y la diferencia de pérdidas de potencia entre la conexión de referencia CR1 y la conexión C1 y entre la conexión de referencia CR2 y C2. La pérdida real en las conexiones C1 y C2 no está incluida en el resultado de la prueba de pérdida del enlace.



**Figura 23 – Realización de la medida**

3. Al igual que ocurre con el método de latiguillos, la aportación de TRC3 a la medida global es despreciable.
- Longitud: La longitud debe ser conocida para calcular el límite de prueba de pérdida. La longitud también desempeña un papel importante para certificar el enlace para una aplicación de red específica. Como se muestra en la tabla 9, la longitud máxima de un canal de fibra para una aplicación de red determinada depende del tipo de fibra.
  - Polaridad. Comprobar que transmisión y recepción estén debidamente enfrentados.

Cuando se lleva a cabo la prueba de nivel 1, se mide la atenuación de cada enlace de fibra y se documentan los resultados. Esta prueba asegura que el enlace de fibra muestre menos pérdida que la máxima permitida para el uso al que va destinada (tabla 9).

Para realizar estas pruebas con un equipo de medida se deben seguir los pasos siguientes:

- Establecer límites Pasa/Falla de la prueba: ISO/IEC 14763-3
- Colocar el resto de los parámetros, que en caso de Madrid Digital serán:
  - Fibra multimodo 50 y las dos ventanas de medida 850/1300nm.
  - Fibra monomodo y 1310/1550nm.
  - para estas fibras, se puede introducir el índice de refracción o aceptar el que da el equipo.

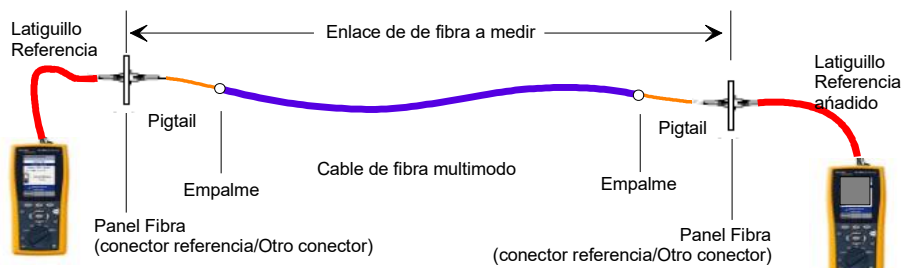


- Elegir un método de prueba (de los dos explicados anteriormente) y establecer una referencia (se recomienda usar el método de un latiguillo).
- Completar (si aplica) el número de empalmes y conectores.
- Ejecutar la prueba y guardar los resultados.



**Figura 24 – Configuración de límites de prueba en medida de potencia**

En la siguiente figura se muestra un ejemplo sobre el que se realizará la medida de potencia, compuesto por una fibra multimodo, terminada con pigtails fusionados.



**Figura 25 – Ejemplo de medición de potencia**

En este ejemplo se usa el método de referencia de un latiguillo, hay dos conexiones (cada una formada por conector de fibra y conector de latiguillo de pruebas) y dos empalmes (los de los pigtails). El límite teórico se calcula con la fórmula:

**Límite máximo (dB) = pérdida fibra (dB) + pérdidas por empalme (dB) + pérdidas por conector (dB)**

En la tabla 7 aparecen los valores teóricos máximos.

Suponiendo un tramo de 250 metros de fibra OM2, obtenemos para 850nm:

$$(0,250 * 3,5) + (2 * 0,3) + (2 * 0,3) = 2,08 \text{ dB de pérdida máxima.}$$

**Comentado [EC1]:** ¿El resultado es correcto? El resultado de la operación es 1,29 dB

En el informe de Fluke, se aprecian los resultados:

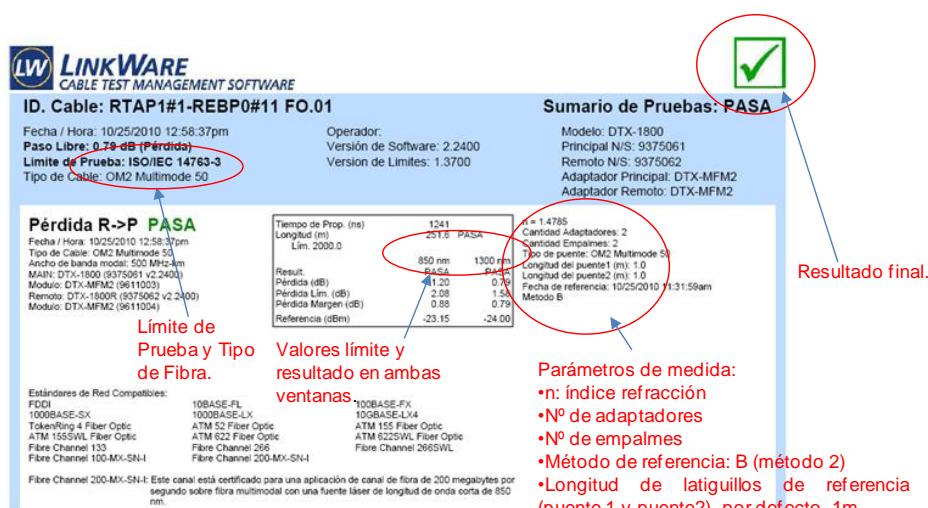


Figura 26 – Ejemplo de medidas de potencia (Nivel I) de fibra

En la figura anterior se muestra el resultado de la medida con el DTX Fluke en el que se aprecia:

- Un cuadro con los valores límite y el resultado de la medida en ambas ventanas; en el caso del ejemplo, el límite teórico es 2,08dB y el resultado real 1,2dB, por lo que el margen de seguridad es de 0,88dB a 850nm y de 0,79dB a 1330nm, que es el valor que aparece en la cabecera como "Paso libre".
- Los componentes de ese enlace, en este caso dos adaptadores con sus empalmes y los latiguillos de prueba.
- El resultado final.

**Nivel II o Nivel Extendido de "Certificación":** El test extendido suplementa las medidas del test básico. El Nivel II proporciona información de la calidad del enlace mediante la evaluación de cada segmento y debe realizarse mediante el uso de un reflectómetro (OTDR). El análisis OTDR puede utilizarse para caracterizar los componentes en el enlace de fibra instalado resultando en una indicación de la uniformidad de atenuación del cable y la pérdida de inserción de cada conector individual, la pérdida de inserción de empalmes individuales y otros "eventos" que se puedan detectar. Un análisis OTDR proporciona una medición de pérdida total para el enlace. Para realizar estas pruebas con un OTDR se deben seguir los pasos siguientes:

- Seleccionar el puerto que desea comprobar entre (multimodo o monomodo), el tipo de fibra y la longitud de onda deseada.

- Establecer una compensación de fibra de lanzamiento<sup>2</sup> (si aplica), designar desde qué extremo se está comprobando y anotar como desea llamar a cada extremo de la fibra.
- Las bobinas de lanzamiento en los extremos del tramo de fibra a medir (figura 32) suelen utilizarse cuando se quiere facilitar la medida, evitando el efecto de las denominadas “zonas muertas” del OTDR, (las cuales son producto de la presencia de empalmes y conectores en las proximidades del mismo) por las reflexiones de los extremos y permitiendo precisar las medidas de los conectores. Al utilizar estas bobinas hay que eliminar o compensar la aportación de éstas en el reflectómetro.
- Ejecutar la prueba y guardar los resultados.

Para realizar estas pruebas con un equipo de medida se deben seguir los pasos siguientes:

- Establecer límites Pasa/Falla de la prueba: normalmente, GENERAL FIBER.
- Tipo de Fibra: normalmente, Multimodo 50 micras.
- Longitud de onda: normalmente, 850/1300 nm.



**Figura 27 – Configuración de límites pasa falla para prueba de reflectometría**

<sup>2</sup> La bobina de lanzamiento proporciona la pérdida del primer conector. La bobina de recepción proporciona la pérdida del último conector.

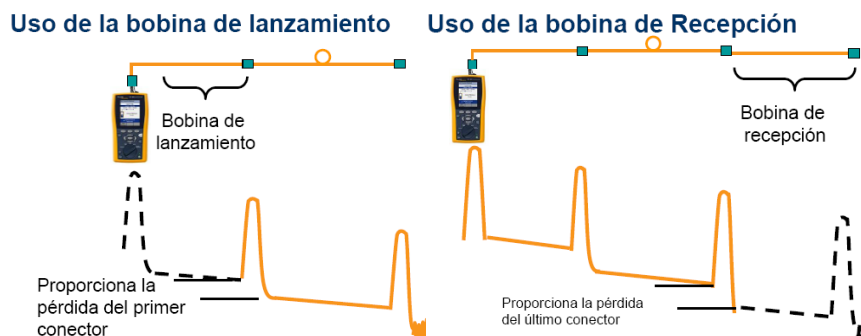


Figura 28 – Uso de las bobinas de lanzamiento y recepción

Las medidas de los parámetros de fibra óptica se deben realizar en los dos sentidos de cada enlace y en las dos ventanas de longitud de onda.

El contratista deberá entregar la documentación completa de los resultados de las pruebas realizadas (Nivel I y II), de acuerdo con el tipo de informe del equipo de medida utilizado, a los efectos de obtener la certificación del sistema por el fabricante de los materiales.

A continuación, se muestra un ejemplo de medida reflectometría de un tramo de fibra multimodo:

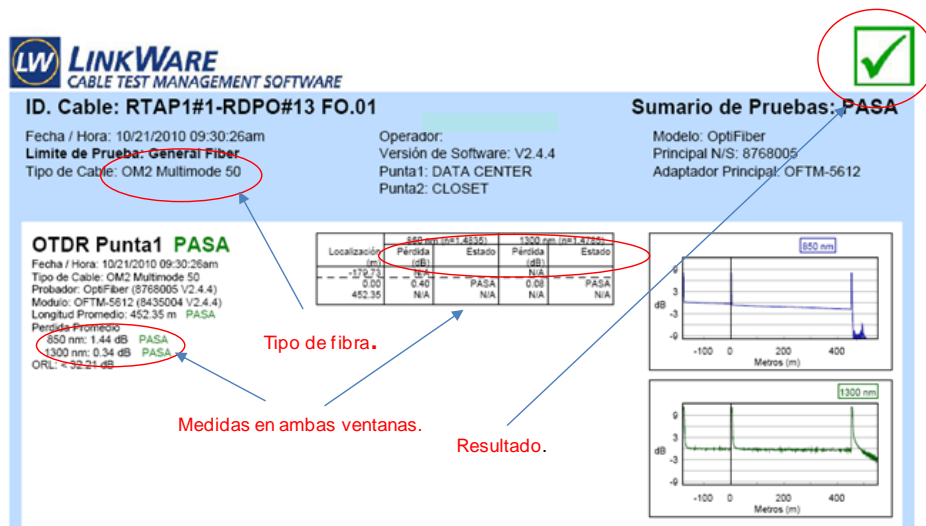


Figura 29 – Ejemplo de medidas de reflectometría (Nivel II) de fibra

### 9.2.3 Parámetros de rendimiento del sistema

Así pues, en los cables ópticos se realizarán las medidas siguientes:

PARÁMETROS DE ENSAYO PARA EL CABLEADO DE FIBRA ÓPTICA	
<b>Retardo en la propagación</b>	El resultado medido se debe mencionar junto con la precisión de la medida. El informe debe establecer la longitud de onda a la cual se ha realizado la medida. Se aplica tanto a fibra óptica monomodo como multimodo.
<b>Longitud</b>	De una fibra óptica dentro de un cable de fibra óptica. La longitud medida ópticamente puede diferir de la longitud física del cable. Para calcular la longitud de la fibra óptica, el equipo de medida requiere de la velocidad de propagación o del índice de refracción de grupo suministrado por el fabricante del cable de fibra óptica sometido a ensayo. El resultado medido se debe mencionar junto con la precisión de la medida. El informe debe establecer la longitud de onda a la cual se ha realizado la medida. Se aplica tanto a fibra óptica monomodo como multimodo.
<b>Distancia entre componentes instalados</b>	El procedimiento se aplica tanto a fibra óptica monomodo como multimodo. Para calcular la longitud de la fibra óptica, el equipo de medida requiere de la velocidad de propagación o del índice de refracción de grupo suministrado por el fabricante del cable de fibra óptica sometido a ensayo. El resultado medido se debe mencionar junto con la precisión de la medida. El informe debe establecer la longitud de onda a la cual se ha realizado la medida. La identificación de los eventos de pérdida cercanos se limita por medio de la resolución alcanzable del equipo de medida. Las fibras ópticas se deben ensayar utilizando equipos que proporcionen las funciones de un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) funcionando a la longitud de onda relevante y de acuerdo con las instrucciones y especificaciones del fabricante.
<b>Atenuación o pérdida de inserción</b>	El procedimiento de ensayo se aplica al cableado de fibra óptica tanto monomodo como multimodo. Para cableados que sólo contienen hardware de conexión en los extremos locales y remotos, sólo es necesario que la medición se realice en una sola dirección. Sin embargo, cuando el cableado contenga hardware de conexión intermedio, se debe realizar un ensayo bidireccional. En este caso, se debe considerar como resultado total medido al mayor de los resultados medidos. El resultado medido se debe mencionar junto con la precisión de la medida. Cuando se requiere la conformidad con un valor específico, el resultado medido se debe clasificar adicionalmente como un resultado positivo, negativo o marginal. Adicionalmente a los requisitos generales de la documentación a entregar se deberá presentar: el tipo y método de ensayo utilizado; la anchura y categoría del espectro de la fuente óptica; dirección en la cual se realiza la medición.
<b>Pérdida de retorno</b>	El procedimiento de ensayo se aplica al cableado de fibra óptica tanto monomodo como multimodo. El resultado medido se debe mencionar junto con la precisión de la medida. La conformidad con un valor específico se debe clasificar como un resultado positivo, negativo o marginal. Se debe establecer la longitud de onda a la cual se ha realizado la medida.

## 9.2.4 Valores límites de los parámetros fibra óptica

	Atenuación Cable (dB/km)			Pérdida por Empalme (dB)	Pérdida por Conexión (dB)
Long Onda (nm)	850	1300	1550	--	--
Tipo Fibra					
OM1	3,5	1,5	-	0,3	0,3**
OM2	3,5	1,5	-		
OM3	3,5	1,5	-		
OM4	3,5	1,5	-		
OS1	-	1*	1	0,3	0,5**
OS2	-	0,4*	0,4		

\* a 1310 nm

\*\* 0,75 si no se usan  
latiguillos de referencia

\*\* Máximo 0,1 dB conector referencia >> Conector de referencia

Máximo 0,3 dB conector referencia >> otro Conector

Máximo 0,75 dB otro conector >> otro Conector

**Tabla 7 – Atenuación de los componentes de un enlace de fibra**

Aplicación	Longitud de onda	OM1		OM2		OM3		OM4		OM5		OS1		OS2	
		Dist. (m)	Pérdida (dB)	Dist. (m)	Pérdida (dB)	Dist. (m)	Pérdida (dB)	Dist. (m)	Pérdida (dB)	Dist. (m)	Pérdida (dB)	Dist. (m)	Pérdida (dB)	Dist. (m)	Pérdida (dB)
10/100BASE-SX	850	300	4	300	4	300	4								
100BASE-FX	1300	2000	11	2000	6	2000	6								
1000BASE-SX	850	275	2,6	550	3,6	800	4,5								
1000BASE-LX	1300	550	2,3	550	2,3	550	2,3					2560	4,56	2560	4,56
10GBASE-SW	850	33	1,6	82	1,8	300	2,6	300	2,6	300	2,6				
10GBASE-LW	1310											4200	6,2	4200	6,2
40GBASE-SR4	850	--	--	--	--	100	1,9	150	1,5	150	1,5				
40GBASE-LR4	850	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4700	6,7	4700	6,7
100GBASE-SR10	850	--	--	--	--	--	--	150	1,5	150	1,5				
100GBASE-LR4	850	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	10000	8,3	10000	8,3

**Tabla 8 – Límite de distancias y pérdidas según el tipo de fibra (ISO 11801)**

Las causas principales de fallo en el Nivel I son:

- Suciedad de los conectores.
- Terminación incorrecta de los conectores.
- Eventos que generan pérdidas (eventos no reflexivos, como empalmes o curvaturas excesivas).

En caso de fallo se pasará al Nivel II de pruebas para el diagnóstico y localización. Resuelto el problema se volverá a medir.

Forma parte de la documentación general a entregar la copia de los gráficos que genera el certificador de fibra para cada uno de los enlaces.

### 9.3 Red eléctrica

El objeto del presente capítulo es establecer las pruebas que reglamentariamente deben llevarse a cabo para comprobar la conformidad de la instalación eléctrica con el **REBT 2002**.

El Reglamento Electrotécnico de baja Tensión, aprobado mediante Real Decreto 842/2002, establece en su artículo 18 "que la instalación deberá verificarse por el instalador, con la supervisión del director de obra, en su caso, a fin de comprobar la correcta ejecución y funcionamiento seguro de la misma".

El Certificado de la Instalación (Boletín) que se cumplimenta con el fin de tramitar el alta de la misma es una declaración firmada donde se dice expresamente que: "El titular del certificado de cualificación individual perteneciente a la empresa habilitada como instalador autorizado arriba indicado, certifica haber ejecutado y verificado la instalación de acuerdo con el vigente **REBT** e Instrucciones Técnicas (**ITC**), así como las normas particulares de la empresa distribuidora oficialmente aprobadas y con la Documentación Técnica de la instalación". Por tanto, según el nuevo **REBT**, el instalador es, a todos los efectos, el máximo responsable de la ejecución y verificación de la instalación.

Según la **ITC-BT-05: Verificaciones e inspecciones**, apartado 4.1, determinadas instalaciones deberán ser objeto de inspección por un "Organismo de Control Autorizado" previamente a ser documentadas ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma y con el fin de asegurar, en la medida de lo posible, el cumplimiento reglamentario a lo largo de la vida de dichas instalaciones. En el caso de que se emita un informe desfavorable, el instalador deberá llevar a cabo los trabajos pertinentes para regularizar el estado de la instalación hasta que se pueda obtener la calificación de favorable y la obtención del correspondiente Certificado de Instalación.

De otra parte, según el REBT la ITC-BT-05 señala que "las instalaciones deberán ser verificadas previamente a su puesta en servicio y según corresponda, en función de sus características, siguiendo la metodología de la norma **UNE 20460-6-61: Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 6: Verificación inicial. Capítulo 61**. La norma **UNE 20460** está adaptada al estándar internacional **IEC 60364** que prescribe la realización de ensayos eléctricos y de verificaciones visuales a realizar en las instalaciones eléctricas realizadas, tanto de nueva construcción, como ampliadas o modificadas.

Según la norma, la verificación inicial de las instalaciones eléctricas comprende dos fases diferentes:

- La primera denominada "Verificaciones por examen", que se realiza sin tensión en la instalación y consiste en una inspección visual a realizar antes de los ensayos.
- La segunda, con y sin tensión en la instalación, a llevar a cabo mediante ensayos y medidas, denominada "Verificaciones mediante Medidas o Ensayos".

La empresa instaladora deberá presentar un **Certificado de Calibración del comprobador de instalaciones eléctricas multifunción o de los diferentes equipos de medida utilizados en las distintas pruebas.**

Así mismo, deberá aportar un **Certificado de las medidas realizadas, junto con la documentación de los resultados obtenidos.**

#### 9.3.1 Verificaciones por examen

La finalidad de esta verificación de la instalación es la de comprobar visualmente que el material eléctrico instalado cumple con las prescripciones de seguridad de las normas aplicables, se ha seleccionado e instalado correctamente -conforme a la norma **UNE 20460** y las especificaciones del fabricante- y, en general, no presenta ningún daño apreciable que pueda afectar a la seguridad.

Debe preceder a los ensayos y medidas, y normalmente se efectuará para el conjunto de la instalación estando ésta sin tensión.

Está destinada a comprobar:

- Si el material eléctrico instalado permanentemente es conforme con las prescripciones establecidas en el proyecto o memoria técnica de diseño.
- Si el material ha sido elegido e instalado correctamente conforme a las prescripciones del Reglamento y del fabricante del material.
- Que el material no presenta ningún daño visible que pueda afectar a la seguridad.

En concreto los aspectos cualitativos que este tipo de verificación debe tener en cuenta son los siguientes:

- La existencia de medidas de protección contra los choques eléctricos por contacto de partes bajo tensión o contactos directos, como, por ejemplo: el aislamiento de las partes activas, el empleo de envolventes, barreras, obstáculos o alejamiento de las partes en tensión.
- La existencia de medidas de protección contra choques eléctricos derivados del fallo de aislamiento de las partes activas de la instalación, es decir, contactos indirectos. Dichas medidas pueden ser el uso de dispositivos de corte automático de la alimentación tales como interruptores de máxima corriente, fusibles, o diferenciales, la utilización de equipos y materiales de clase II, disposición de paredes y techos aislantes o alternativamente de conexiones equipotenciales en locales que no utilicen conductor de protección, etc.
- La existencia y calibrado de los dispositivos de protección y señalización.
- La presencia de barreras cortafuegos y otras disposiciones que impidan la propagación del fuego, así como protecciones contra efectos térmicos.
- La utilización de materiales y medidas de protección apropiadas a las influencias externas.
- La existencia y disponibilidad de esquemas, advertencias e informaciones similares.
- La identificación de circuitos, fusibles, interruptores, bornes, etc.
- La correcta ejecución de las conexiones de los conductores.
- La accesibilidad para comodidad de funcionamiento y mantenimiento.

### 9.3.2 Mediciones de Tierras, Cuadros y Red Eléctrica

Una vez efectuada la "Verificación por Examen" se procede a los ensayos, empleando para ello los instrumentos de medida exigidos al instalador autorizado en la **ITC-BT-03** del **REBT** de 2002.

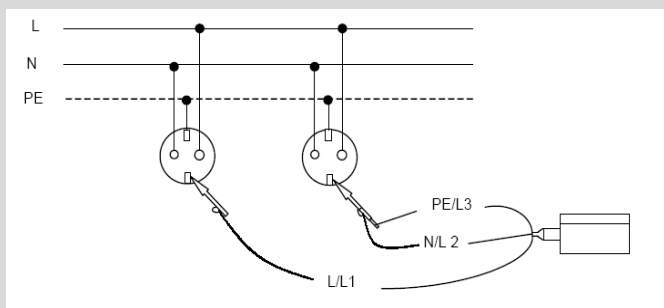
La norma define una serie de diez ensayos, con el siguiente orden de ejecución:



## MEDIDAS O ENSAYOS

- 1. Continuidad** de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales principales y suplementarias. La finalidad de la prueba es garantizar que no se han producido desperfectos o cortes en el cableado durante la instalación del mismo, ya sea sobre los conductores activos o en los conductores de protección.

El equipo a utilizar debe cumplir la **EN 61557**: instrumento que disponga una fuente interna de tensión de 4 V a 24 V en vacío en CC o CA y con una intensidad mínima de ensayo de 200 mA.



**Figura 30 – Medida de la resistencia de un conductor de protección**

- 2. Resistencia de aislamiento** de la instalación eléctrica. La finalidad de la prueba es comprobar la integridad de los conductores y sus aislantes. Su verificación ayuda a excluir la posibilidad de un cortocircuito o de una derivación a tierra que represente un peligro mortal (por descarga eléctrica), o para la propia instalación (incendio de origen eléctrico).

Equipo: medidor de aislamiento de hasta 1.000 V y 1 mA. Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente (**ITC-BT-19**). Por seguridad y conveniencia en la medida es aconsejable que el instrumento de medida disponga de una función de descarga automática del circuito al acabar el ensayo.

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS)	250	≥ 0,25
Muy Baja Tensión de protección (MBTP)		
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥ 0,5
Superior a 500 V	1000	≥ 1,0

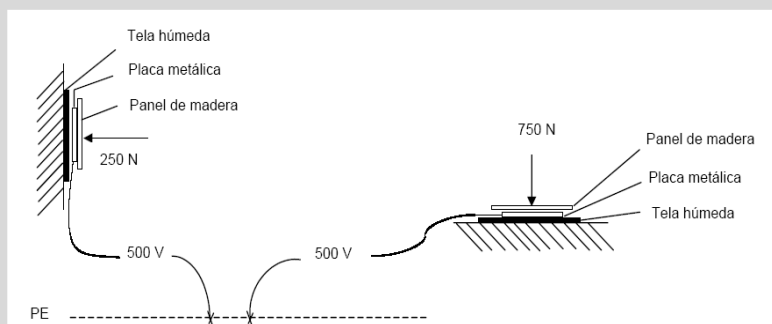
**Tabla 9 – Tensiones de ensayo y valores resistencia de aislamiento**

**3. Protección por separación de circuitos MBTS (Muy Baja Tensión de Seguridad) y MBTP (Muy Baja Tensión de Protección)** y en el caso de protección por separación eléctrica. La finalidad de esta prueba consiste en verificar que la instalación se encuentre galvánicamente separada de la red de alimentación. Se pretende evitar el riesgo de un choque eléctrico, originado tanto por contacto directo con la alimentación como por contacto indirecto.

Equipo: medidor de aislamiento.

**4. Resistencia de suelos y paredes (ITC-BT-24, apartado 4.3).** Esta medida tiene su ámbito de aplicación en locales o emplazamientos no conductores, por ejemplo: quirófanos, salas de intervención, donde se considera el suelo o pared no conductor aquel suelo no susceptible de propagar potenciales y que presenten una resistencia igual o superior a 50.000 Ohmios si la tensión nominal de la instalación es inferior a 500 V; y una resistencia igual o superior a 100.000 Ohmios si es superior a 500 V e inferior a 1.000 V.

Equipo: medidor de aislamiento.

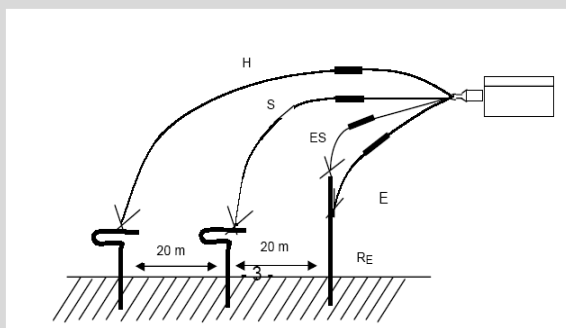


**Figura 31 – Resistencia de aislamiento de suelos y paredes**

**5. Medida de Resistencia de Puesta a Tierra (ITC-BT-18).** Los circuitos a ensayar deben estar libres de tensión. La puesta a tierra de una instalación eléctrica es la conexión eléctrica directa a tierra, sin fusibles ni protección alguna, de todas las masas metálicas accesibles de la instalación. Una buena puesta a tierra debe permitir el paso franco a tierra de las corrientes de defecto (debidas a fallos de aislamiento de los elementos bajo tensión) y de las descargas de origen atmosférico.

El cometido de la puesta a tierra es limitar la tensión que, en el caso de defecto, pueda aparecer en aquellas masas conductoras accesibles de la instalación, así como asegurar la actuación eficiente de las protecciones ante contactos indirectos por corte automático de la alimentación. Esta tensión se conoce como tensión de contacto y está limitada a 24 V para local o emplazamiento conductor y, en general, a 50 V en los demás casos.

Equipo: Telurómetro. Se inyecta una intensidad de corriente alterna conocida, a una frecuencia superior a los 50 Hz, y se mide la tensión resultante en bornes del electrodo bajo prueba. El cociente entre tensión medida y la corriente inyectada proporciona el valor de la resistencia de puesta a tierra:  $R_E = V/I_{an}$ . La conexión (Guía-BT-ANEXO 4) se efectúa a tres terminales tal y como se indica en la figura, de forma que la intensidad se inyecta entre E y H, y la tensión se mide entre S y ES. El electrodo de puesta a tierra está representado por  $R_E$ , mientras que los otros dos electrodos hincados en el terreno son dos picas auxiliares de unos 30 cm de longitud que se suministran con el propio telurómetro. Los tres electrodos se deben situar en línea recta.



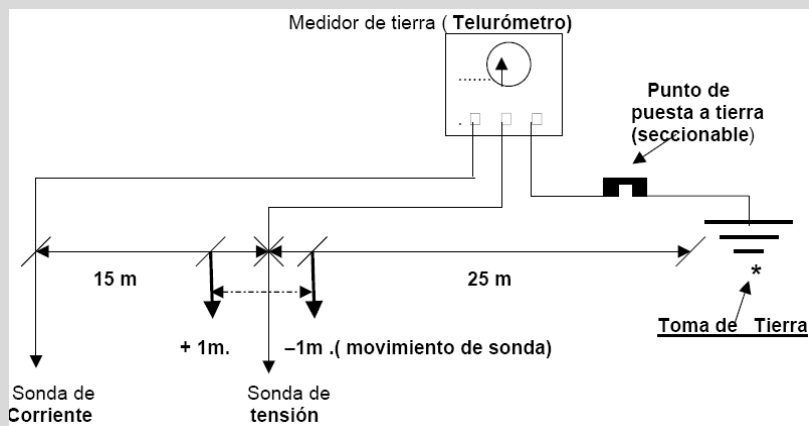
**Figura 32 – Medida resistencia de puesta a tierra (Guía-BT-Anexo 4)**

Según la ITC-BT-18, el valor de la resistencia de toma de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24 V y 50 V.

Con el fin de facilitar la rápida desconexión del interruptor diferencial y asegurar una baja tensión de defecto en las masas antes de que esta desconexión se produzca, el valor requerido por Madrid Digital en sus instalaciones es menor o igual a **5  $\Omega$** .

Si las condiciones de la instalación son tales que pueden dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados a la corriente de servicio.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco.



**Figura 33 – Esquema medición de tierras**

**6. Ensayos de Polaridad.** Cuando las normas prohíban la instalación de dispositivos de corte unipolares sobre el conductor de neutro, debe efectuarse un ensayo de polaridad para verificar que estos dispositivos son instalados únicamente en el conductor de fase.

Equipo: detector de tensión que comprueba que los interruptores unipolares están correctamente conectados, es decir, en el conductor de fase. De esta manera, puede garantizarse que estando el interruptor abierto no existe potencial en las tomas de corriente o de iluminación sobre las que actúe dicho elemento de corte. Por motivos de seguridad es recomendable realizar esta prueba con un detector de tensión con materiales no conductores.

**7. Medida de la resistencia de Bucle (ITC-BT-24).** Esta medida está estrechamente relacionada con la verificación de las protecciones ante los contactos indirectos en las instalaciones eléctricas. El circuito eléctrico definido depende del tipo de puesta a tierra de la instalación y pueden ser a tierra (esquema de distribución TT e IT) o a neutro (esquema de distribución TN-C y TN-S).

La medida del valor de impedancia de bucle es necesaria para comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de protección basados en la utilización de fusibles o interruptores automáticos en sistemas de distribución TN, e IT principalmente.

Los sistemas de protección requieren determinar la intensidad de cortocircuito prevista fase tierra, para comprobar que para ese valor de intensidad de cortocircuito el tiempo de actuación del dispositivo de protección de máxima intensidad es menor que un tiempo especificado. Este tiempo depende del esquema de distribución utilizado y de la tensión nominal entre fase y tierra de la instalación, tal y como se especifica en la ITC-BT-24.

$U_0$ (V)	Tiempos de interrupción (s)
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

**Tabla 10 – Tiempos de interrupción máximos especificados para esquemas TN**

Tensión nominal de la instalación ( $U_0/U$ )	Tiempo de interrupción (s)	
	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

**Tabla 11 – Tiempos de interrupción máximos especificados para esquemas IT**

En el caso de los sistemas **TT**, la medida de la impedancia de bucle es una alternativa rápida para la medida de la resistencia de la toma de tierra. En estos sistemas, el valor de la resistencia del bucle de protección (bucle de tierra) es, tal y como se aprecia en la figura  $R_B = R_e + R_t + R_{s1} + R_{L1}$

Donde:

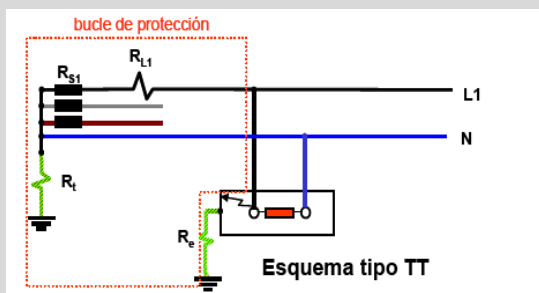
$R_e$ , es la resistencia de tierra de la instalación

$R_t$ , es la resistencia de tierra del transformador (típicamente de 2 a 5  $\Omega$ )

$R_{s1}$ , es la resistencia del devanado de una fase del secundario del transformador

$R_{L1}$ , es la resistencia del conductor de fase L1 a lo largo de toda su extensión, desde el secundario del transformador hasta el receptor

Generalmente  $R_e$  es mucho mayor que  $R_t + R_{s1} + R_{L1}$  con lo que se puede utilizar la aproximación  $R_B \approx R_e$



**Figura 34 – Componentes del bucle de tierra**

Se deben utilizar equipos de tecnología adecuada para que la medida sea precisa y sin provocar el disparo de los interruptores diferenciales.

#### 8. Medida de la tensión de contacto y comprobación de los interruptores diferenciales.

En la **ITC-BT-24** se prescriben las condiciones generales y particulares que deben respetar las diferentes instalaciones en función de su topología (**TT**, **TN** o **IT**). En particular, en una instalación **TT** los interruptores diferenciales son los dispositivos que se emplean para la protección contra los contactos indirectos y se debe cumplir la siguiente condición:

$$R_A \times I_a \leq U$$

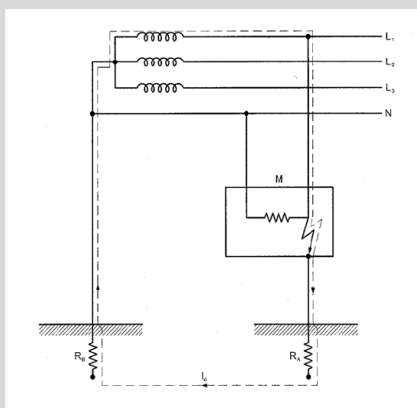
Donde:

**R<sub>A</sub>**, es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.

**I<sub>a</sub>**, es la corriente diferencial – residual asignada del diferencial.

**U**, es la tensión de contacto límite convencional (50, 24 u otras, según los casos)

Para garantizar la seguridad de la instalación se tienen que dar dos condiciones, la primera que la tensión de contacto que se pueda presentar en la instalación en función de los diferenciales instalados sea menor que el valor límite convencional (50 V ó 24 V), y la segunda que los diferenciales funcionen correctamente.



**Figura 35 – Instalación TT con un defecto a tierra (Guía-BT-Anexo 4)**

**Medida de la tensión de contacto:** en la práctica los medidores de la impedancia de bucle que sirven también para medir el valor de la tensión de contacto no suelen ser capaces de medir únicamente el valor de la resistencia **R<sub>A</sub>**, sino que miden el valor de la impedancia de todo el bucle indicado en la figura anterior incluyendo la resistencia de tierra del centro de transformación (**R<sub>B</sub>**), de forma que se obtiene un valor superior al valor buscado de **R<sub>A</sub>**. Finalmente, el medidor multiplica este valor por la intensidad asignada del interruptor diferencial que se haya seleccionado para obtener así la tensión de contacto. Como la impedancia de bucle es siempre mayor que la de puesta a tierra el valor de la tensión de contacto medida siempre será mayor que el valor real y estaremos del lado de la seguridad. Obviamente la instalación es segura si la tensión de contacto medida es menor que la tensión de contacto límite convencional.

**Comprobación de los interruptores diferenciales:** no es suficiente verificar mecánicamente el interruptor diferencial (mediante su pulsador “T” de prueba), sino que es necesario realizar el ensayo contemplando el factor tiempo. Por tanto, la comprobación de diferenciales requiere un aparato –capaz de verificar la característica “intensidad-tiempo”- y de inyectar a través del diferencial una corriente de fugas especificada y conocida que según su valor deberá hacer disparar el diferencial. Para hacer la prueba el comprobador se conecta en cualquier base de enchufe aguas abajo del diferencial de ensayo, estando la instalación en servicio. Además, cuando se dispare el diferencial el comprobador debe ser capaz de medir el tiempo que tardó en disparar desde el instante en que se inyectó la intensidad de fugas.

Las pruebas habituales para comprobar el funcionamiento de un diferencial del tipo AC y A con sensibilidades iguales o superiores a 30 mA son las siguientes:

- Se inyecta una intensidad diferencial igual a la mitad de la corriente nominal de disparo del interruptor diferencial, con un ángulo de fase de 0º grados. El interruptor diferencial no debe disparar.
- Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase 180º. El interruptor diferencial no debe disparar.
- Se inyecta una intensidad igual a la intensidad nominal de disparo, con un ángulo de fase de 0º. El interruptor diferencial debe disparar en menos de 300 ms.
- Se repite la prueba con un ángulo de fase de 180º y el interruptor diferencial debe disparar en menos de 300 ms.
- Se inyecta una intensidad igual a cinco veces la intensidad nominal de disparo, con un ángulo de fase de 0º. El interruptor diferencial debe disparar en menos de 40 ms.
- Se repite la prueba anterior con un ángulo de fase de 180º. El interruptor diferencial debe disparar en menos de 40 ms.

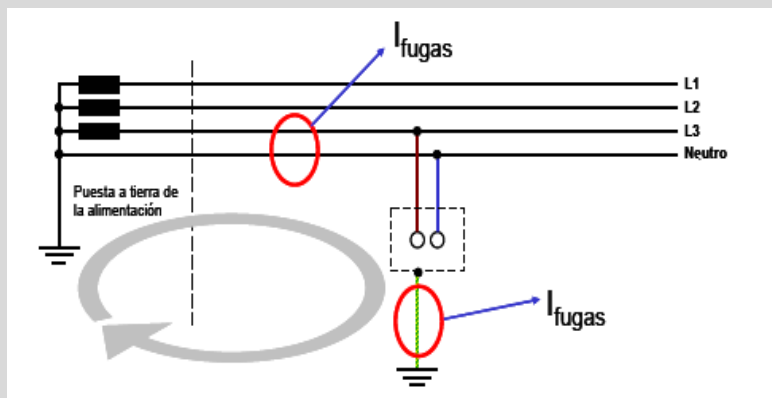
Se recomienda la utilización de comprobadores multifunción que llevan a cabo estos seis pasos de forma automática, de manera que una vez lanzada la prueba el usuario sólo tiene que ir rearmando el interruptor diferencial en los casos en que la prueba lo dispare; el comprobador detectará el rearme del diferencial y proseguirá automáticamente con el siguiente paso.

**9. Medida del alumbrado de emergencia (ITC-BT-28).** Para comprobar que los niveles de iluminancia están en conformidad con el REBT se utiliza un instrumento de medida fotosensible conocido como **luxómetro** de al menos 0,01 luxes de resolución. Esta prueba no aplica en las instalaciones que actualmente son responsabilidad de Madrid Digital

**10. Medida de corrientes de fugas (ITC-BT-19, ITC-BT-24)**

Se define la corriente de fuga aquella que, en ausencia de fallos, se transmite a tierra o a los elementos conductores del circuito. Las corrientes de fuga son habituales en muchos receptores –sobre todo los de tipo electrónico (PCs)- que en condiciones normales de funcionamiento derivan una cierta intensidad desde los conductores de alimentación hacia el conductor de protección. La suma de las corrientes de fuga y de defecto es la que provoca el disparo intempestivo de las protecciones ante contactos indirectos de la instalación

(interruptores diferenciales, en el caso de los sistemas **TT**). Por eso es conveniente efectuar, para cada uno de los circuitos protegidos con interruptores diferenciales, la medida de corrientes de fuga a la tensión de servicio de la instalación y con los receptores conectados.



**Figura 36 – Corrientes de fugas en fase-neutro y conductor de protección**

Para la medida de la corriente de fuga se necesita una **pinza amperimétrica** (pinzas de fugas) que sea capaz de medir con precisión corrientes muy pequeñas (del orden de mA). La medida se efectúa abrazando con la mordaza todos los conductores activos (de fase y neutro). Si la suma vectorial de las corrientes por estos conductores no es nula, la pinza medirá la intensidad de la diferencia, que es, justamente, la corriente de fugas aguas abajo del punto de medida.

En la ITC-BT-19 se dice que el valor de la corriente de fugas no debe ser superior para el conjunto de la instalación, o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados.

**11. Ensayos funcionales.** Los dispositivos de protección deben someterse a ensayos funcionales a fin de verificar que están correctamente instalados y regulados.



## 10 Entregables

La empresa instaladora deberá presentar (cuando aplique) los documentos que se describen a continuación debidamente cumplimentados y firmados. En el anexo "Anexos al Protocolo de Pruebas y Certificación de Redes Multiservicio.zip" se incluyen los modelos de estos documentos.

- **Certificado de la Instalación de la Red de Datos**

Mediante este documento, el adjudicatario acredita que las medidas realizadas en el cableado horizontal de cobre para voz/datos cumplen con todos criterios establecidos por Madrid Digital.

- **Certificado de la Instalación de la Red de Fibra**

Mediante este documento, el adjudicatario acredita que las medidas realizadas en el cableado de fibra cumplen con todos criterios establecidos por Madrid Digital.

- **Certificado de Cuadros Eléctricos**

Mediante este documento, el adjudicatario acredita que se han seguido los criterios técnicos correctos para la comprobación de cuadros eléctricos, así como de que el resultado de dichas medidas, cuyos valores se incluyen, es satisfactorio.

- **Certificado de la Instalación de la Red Eléctrica**

Mediante este documento, el adjudicatario acredita que las medidas realizadas en el cableado eléctrico cumplen con todos criterios establecidos por Madrid Digital.

- **Certificado de Medidas de Tierra**

Mediante este documento, el adjudicatario acredita que las pruebas realizadas en la medición de tierras cumplen con todos criterios establecidos por Madrid Digital.

- **Medidas de la Red de Datos**

El adjudicatario deberá entregar todas las pruebas realizadas por el equipo de medida (formato .flw, en el caso de FLUKE, y formato .pdf) y el posterior cotejo y validación de las mismas.

- Medidas de Datos
- Sumario de Medidas
- Gráficos (sólo en formato .pdf)

- **Medidas de la Red de Fibra**

El adjudicatario deberá entregar todas las pruebas realizadas por el equipo de medida (formato .flw, en el caso de FLUKE, y formato .pdf) y el posterior cotejo y validación de las mismas.

- Medidas Reflectométricas
- Sumario de Medidas Reflectométricas
- Medidas de Potencia
- Sumario de Medidas de Potencia

- **Medidas de la Red Eléctrica**

El objeto de este documento es la de dejar constancia de que se han seguido los criterios técnicos correctos para la comprobación de cuadros eléctricos, así como de que el resultado de dichas medidas, cuyos valores se incluyen, es satisfactorio

- **Certificados de Calibración**

Junto con las medidas anteriores, el adjudicatario deberá entregar los certificados de calibración en vigor de los equipos de medida:

- Certificado de Calibración de Datos, correspondiente al equipo utilizado para el cableado horizontal y tomas.
- Certificado de Calibración de Medidores Eléctricos, correspondiente al equipo utilizado para el cableado y dispositivos eléctricos.
- Certificado de Calibración de OTDR, correspondiente al equipo utilizado para la Reflectometría.
- Certificado de Calibración de Potencia, correspondiente al equipo utilizado para medir la potencia en la fibra.

### 10.1 Garantía de la Instalación de red de datos

Tras la completa instalación del sistema y la correspondiente inspección, el contratista deberá proporcionar a Madrid Digital un certificado de garantía numerado de la empresa fabricante de cableado estructurado, registrando la instalación. Para ello, el instalador seguirá el procedimiento de solicitud del certificado de garantía que tenga establecido el fabricante, rellenando los formularios que procedan y adjuntando los resultados de las medidas finales, en el plazo que se tenga fijado desde la realización de las pruebas.

Se proveerá una garantía extendida sobre producto, -que cubrirá contra defectos de los componentes pasivos para el sistema de cableado- por un periodo mínimo de veinte años. Esta garantía se aplicará a todos los componentes pasivos del sistema de cableado estructurado. La garantía cubre contra defectos del producto y asegura que todos los componentes aprobados del sistema superan las especificaciones establecidas en las normas para canales/enlaces de cableado y que la instalación supera los requisitos de ancho de banda y pérdidas para canales/enlaces de fibra óptica. Como parte de la garantía el fabricante reparará, o autorizará a instalador homologado a reparar, los productos instalados sin ningún coste, incluyendo la mano de obra necesaria para reparar o sustituir cualquier producto defectuoso. Esta reparación o sustitución tendrá una garantía equivalente al resto de tiempo hasta que expire la garantía original.

La instalación quedará registrada en el Programa de Garantías del fabricante.

Se adjunta en los anexos, como ejemplo, la garantía de un fabricante de cableado.

## 11 Anexos

Este documento debe venir acompañado del fichero de anexos “Anexos - Certificación”, en su última versión disponible, en el que figuran todas las plantillas y ejemplos de los entregables de las pruebas a realizar.

Los nombres de los ficheros que se entregarán como resultado de las pruebas realizadas deberán estar formados por los siguientes campos, y en este orden:

- Descripción del documento (ejemplo: Certificado de Medidas de Tierra).
- Fecha de elaboración del documento, en formato ISO (año, mes y día - AAAAMMDD-).
- Versión del modelo de plantilla (por ej.: V1).
- Para este ejemplo sería: “Certificado de Medias de Tierra\_20120404\_V1.docx”.

La entrega de los documentos que se corresponden con “Plantillas” del fichero de anexos debe realizarse actualizando la fecha de elaboración de la plantilla (AAAAMMDD) pero manteniendo el versionado (por ej.: Certificado de la Instalación de la red de Fibra\_20120210\_V1). Para los ficheros que se corresponden con ficheros de “Ejemplo” del fichero de anexos, deberá añadirse la fecha (\_AAAAMMDD\_) y la versión (\_VX). Por ejemplo: “Sumario de Medidas de Potencia\_20120404\_V1”.

## 12 Documentos relacionados

Normativa

Red Eléctrica

Etiquetado

Control de Calidad

Documentación

Guía de Diseño

Guía de Instalación

## 13 Roles

No Aplica