

# "Pruebas de Cobre y Fibra Óptica en Infraestructura de Telecomunicaciones Críticas"

Jose Mena  
Especialista Telecomunicaciones  
Elvatron



**DATACENTER**  
FORUM NICARAGUA 2026

**Bicsi**  
**CALA**

# Pruebas de Cobre y Fibra Óptica

Infraestructura para Telecomunicaciones Críticas

**Ing. Jose David Mena Zúñiga**

Especialista de Producto – Elvatron

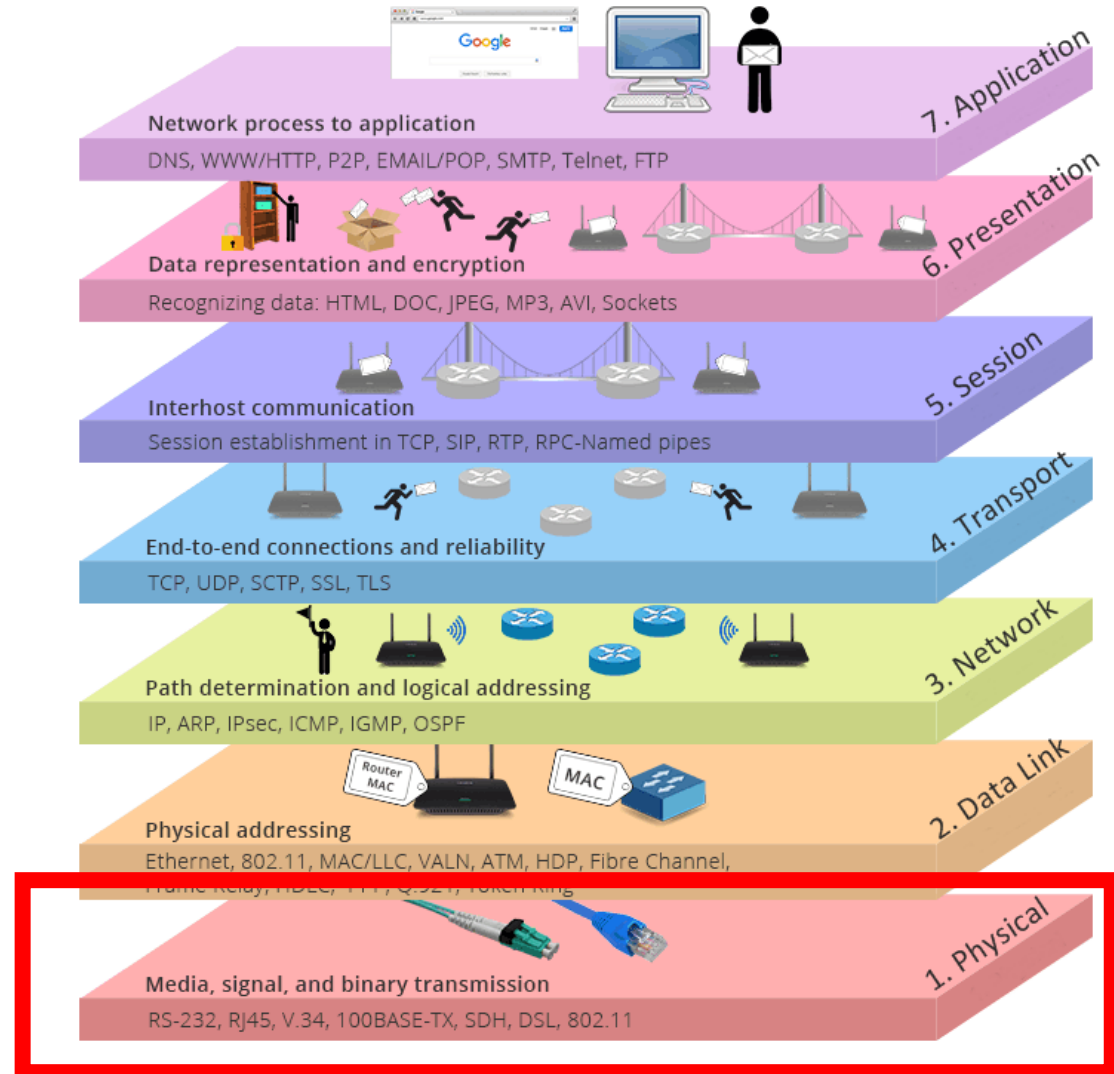
Abril 2026

# Agenda

1. Contexto del data center y la red como infraestructura crítica.
2. Arquitectura de cableado en data centers: rol del cobre y la fibra.
3. Pruebas en enlaces de cobre.
4. Procedimientos de prueba TIER I: medición con OLTS.
5. Pruebas TIER II: análisis con OTDR y localización de fallas.
6. Riesgos operativos de una infraestructura no validada.
7. Conclusiones

# La Red: el Punto Único de Dependencia

- ❖ Disponibilidad 24/7
- ❖ Alta densidad y velocidad
- ❖ Crecimiento constante



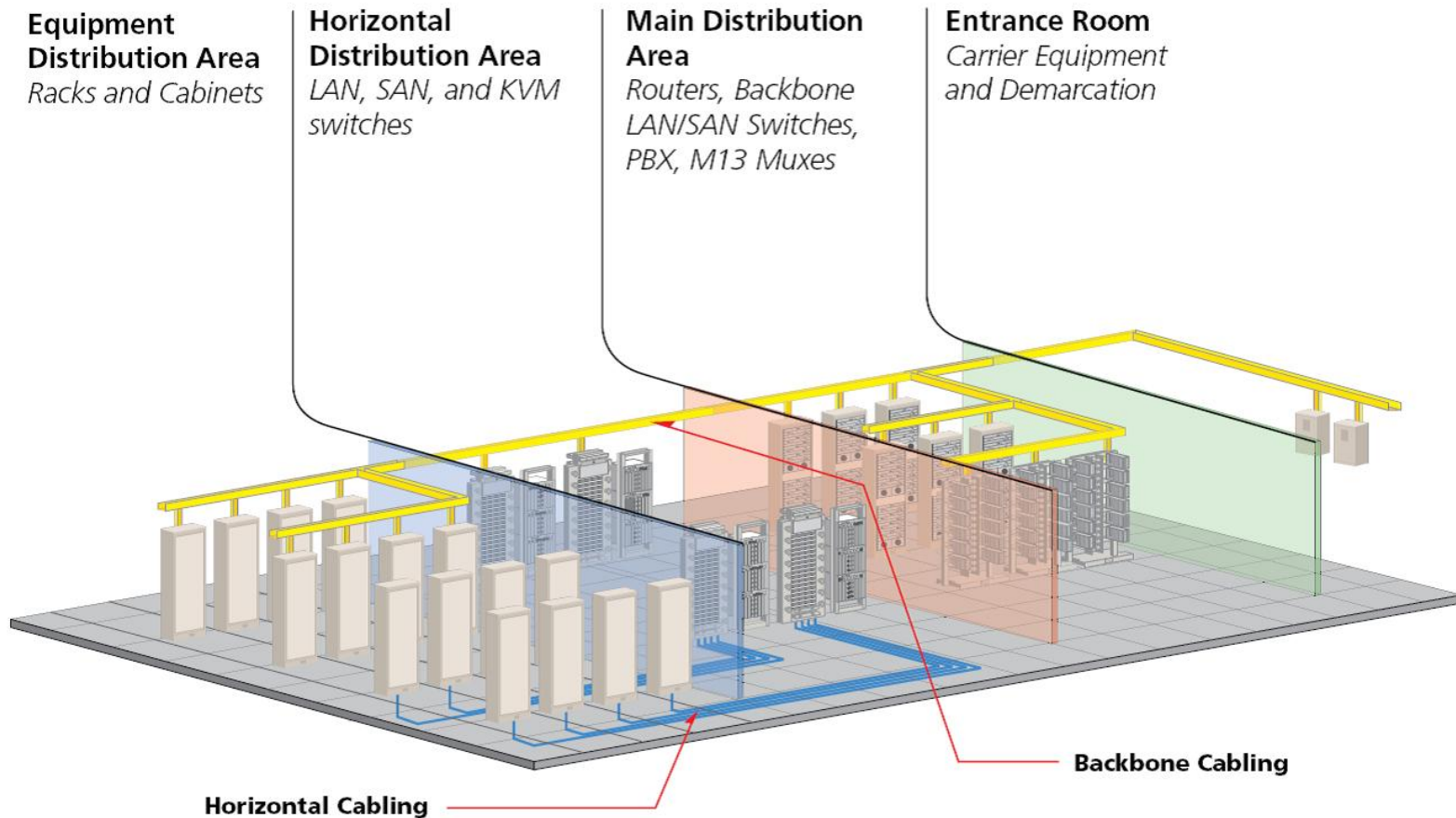
# Arquitectura de Cableado en un Data Center

Antes de hablar de pruebas, necesitamos entender dónde vive cada tipo de enlace dentro del data center.

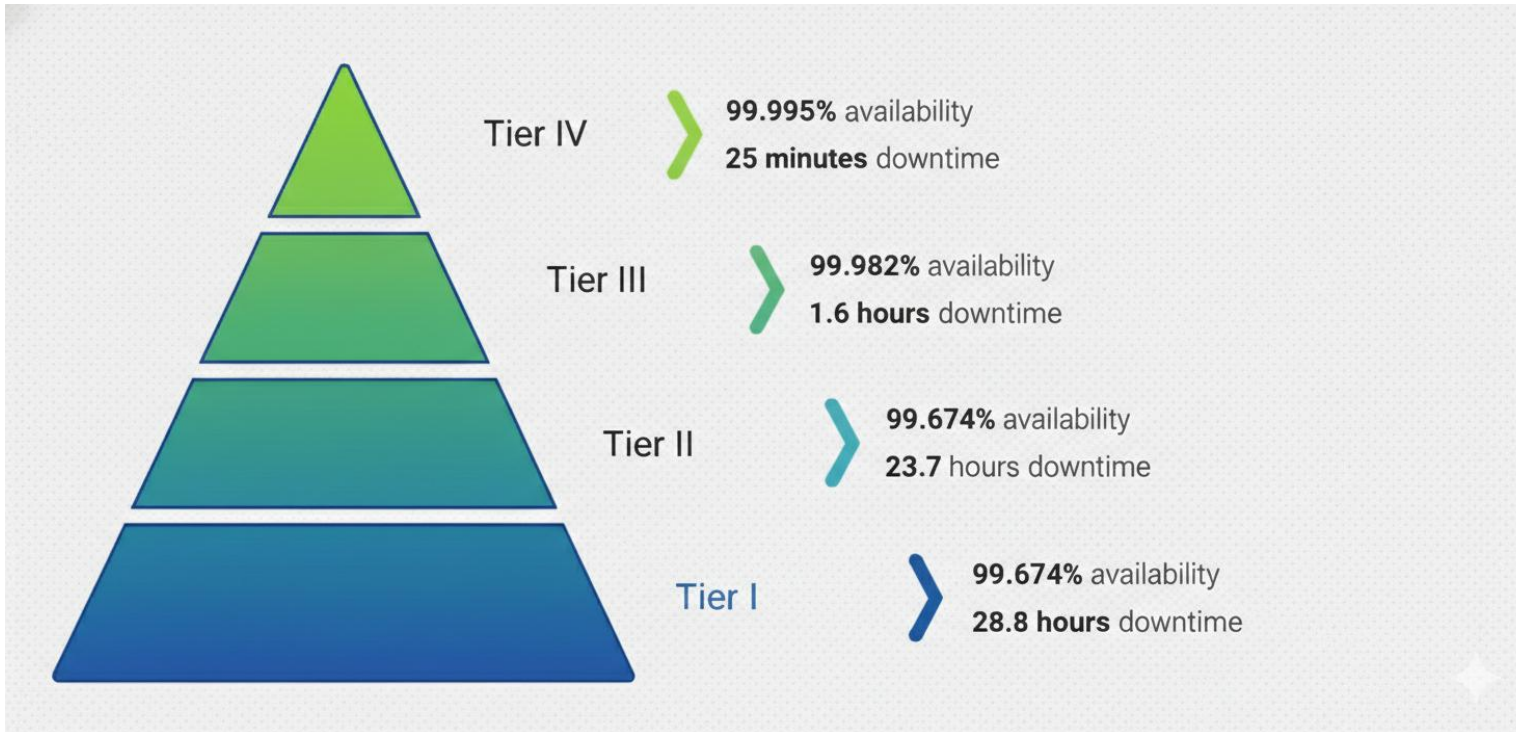
En términos generales, el cableado se organiza en capas: backbone, distribución y acceso.

Cada capa tiene funciones distintas, longitudes distintas y, por lo tanto, requisitos de prueba distintos.

Ahora bien, dentro de esta arquitectura, no todos los medios juegan el mismo rol.

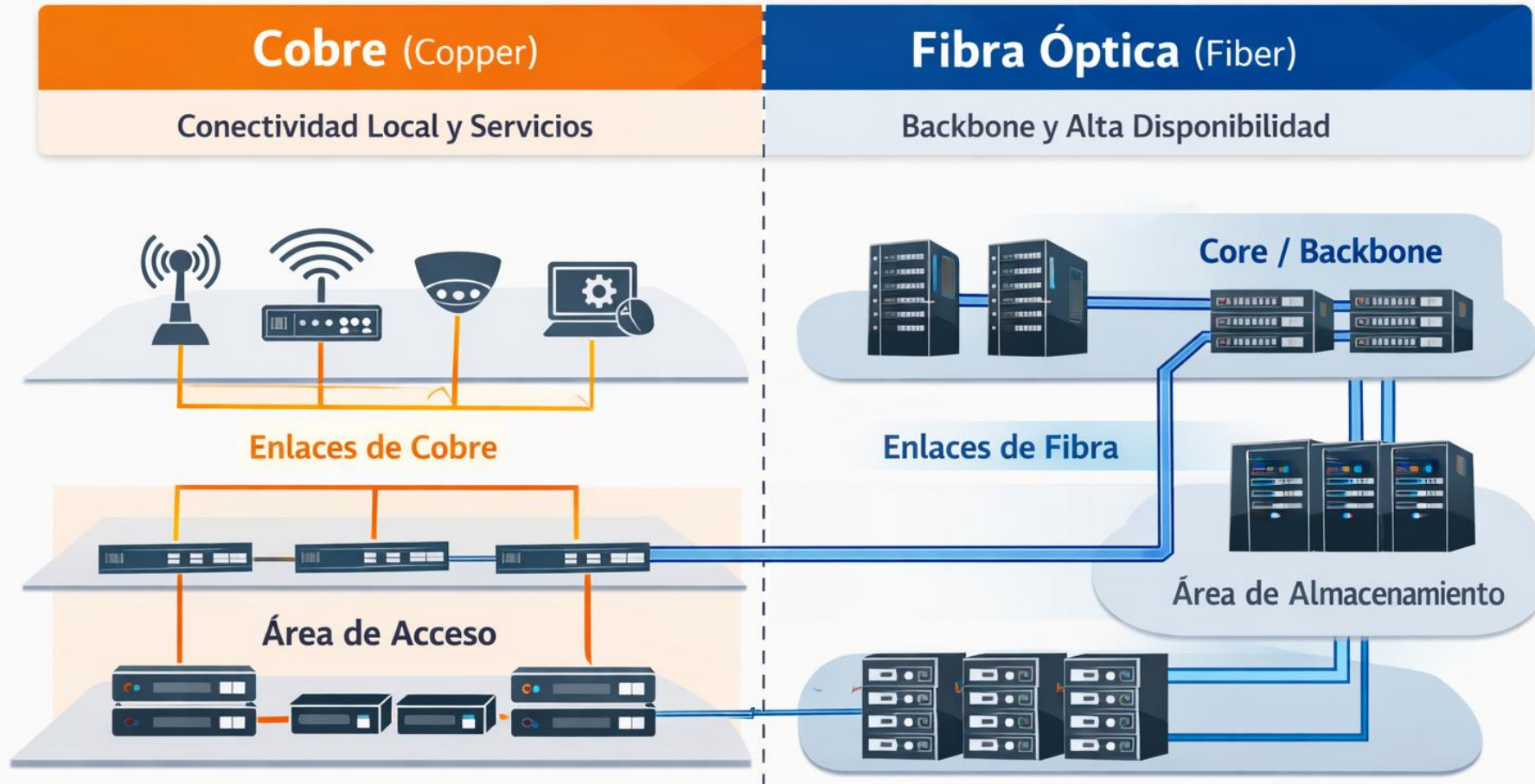


# Clasificación de Data Centers (Uptime / Tiers)



- ❖ Los Tiers del Uptime Institute clasifican el data center por disponibilidad y redundancia, no por tipo de cable.
- ❖ Un Tier más alto exige más confiabilidad, y eso impacta directamente cómo diseñamos y certificamos el cableado.
- ❖ El Tier no define el cable, pero sí define el nivel de exigencia.

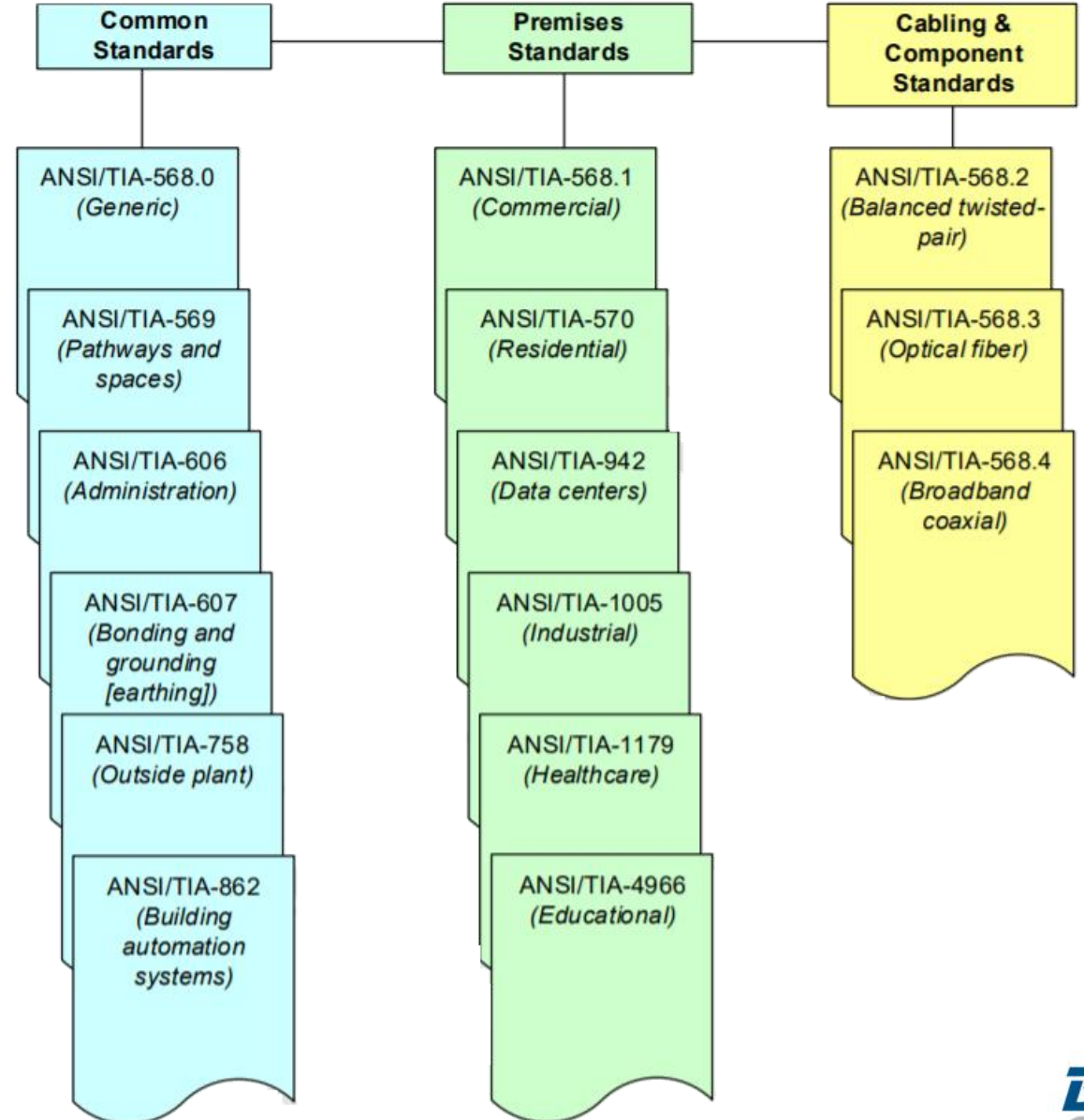
# Rol del Cobre y la Fibra en el Data Center



Cobre para conectividad local y servicios  
Fibra como base del backbone y la alta  
disponibilidad

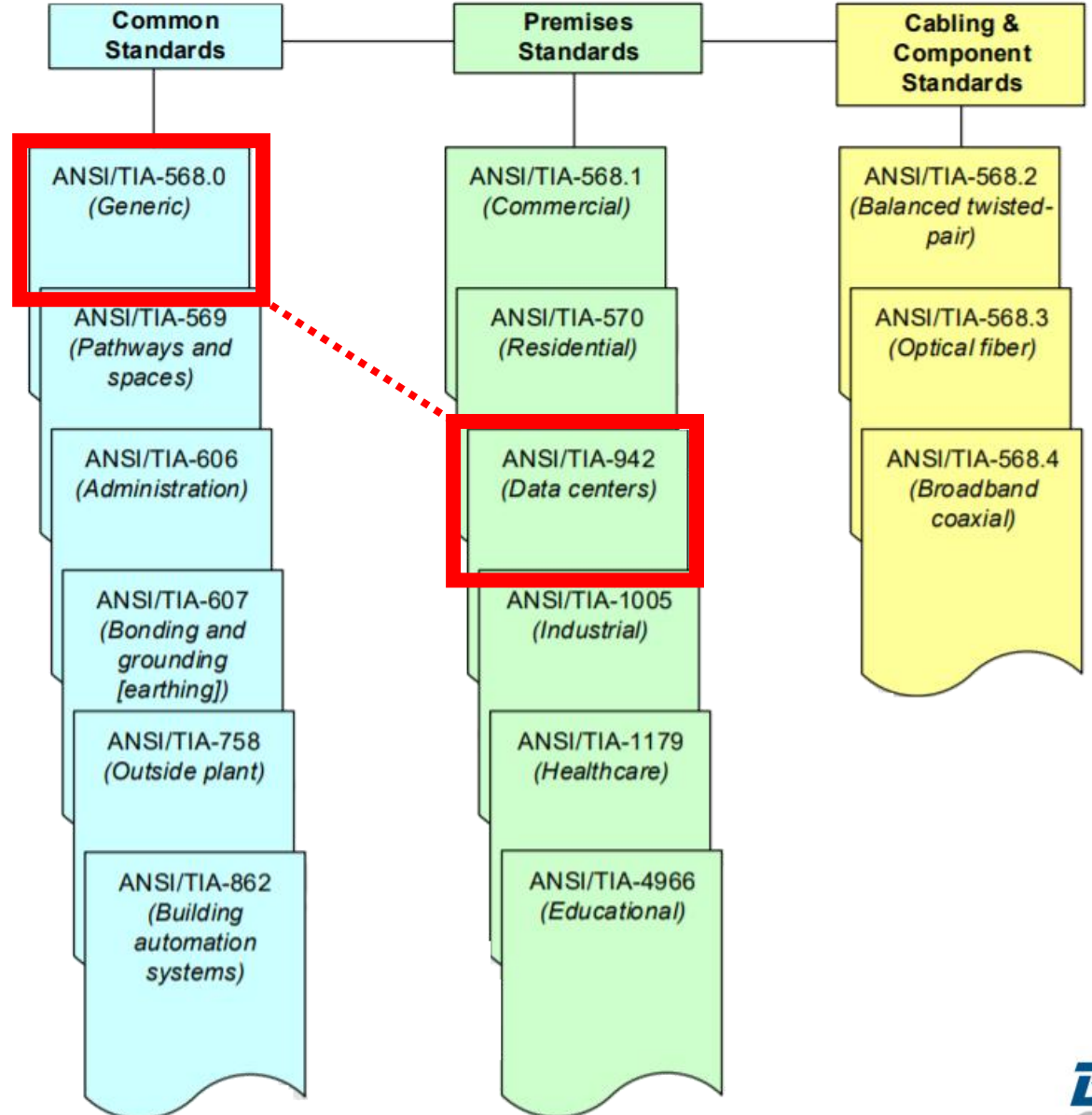
# Estándares Aplicables a Data Centers

- ❖ En un data center no se valida infraestructura por percepción, se valida contra estándares.
- ❖ Los estándares definen qué es aceptable, qué no, y bajo qué condiciones un enlace se considera confiable.
- ❖ No son un tema administrativo, son una herramienta técnica para reducir riesgo.
- ❖ Cumplir estándares no garantiza cero fallas, pero no cumplirlos garantiza problemas.



# Estándares Aplicables a Data Centers

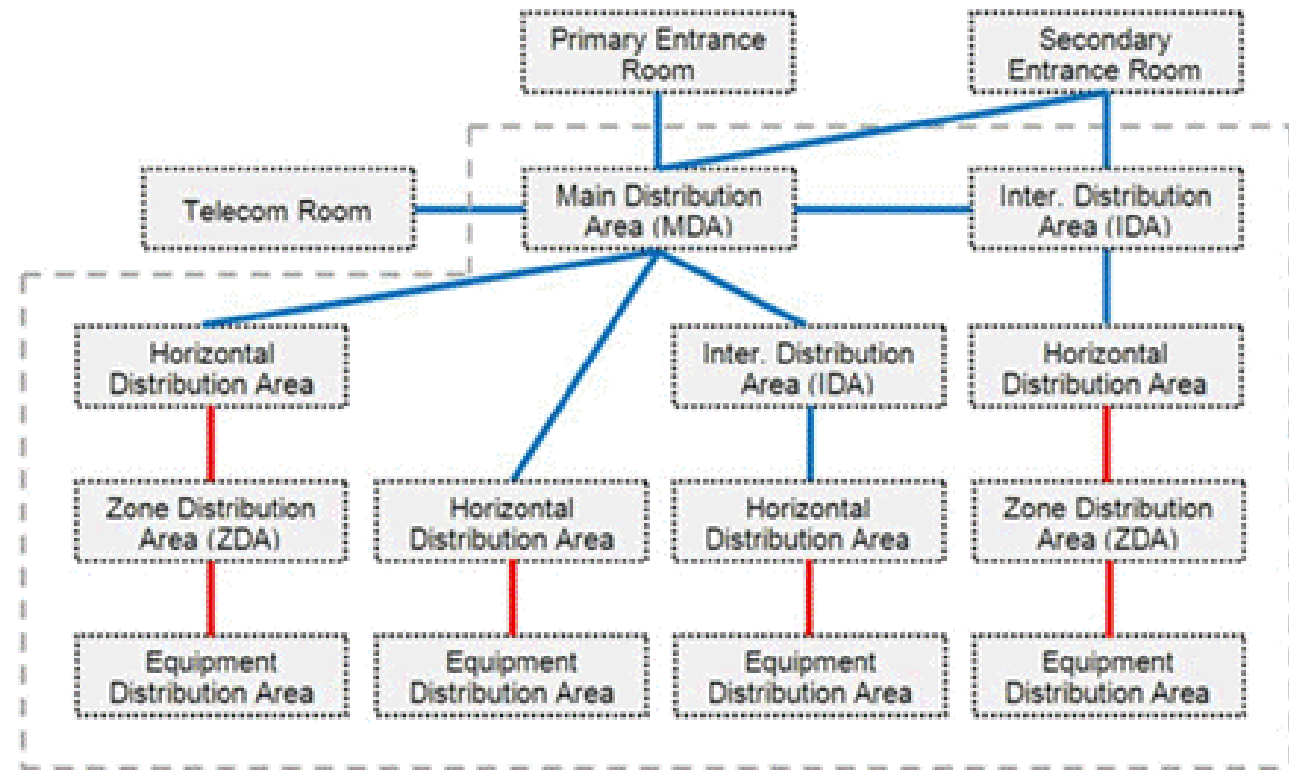
- ❖ Esta imagen muestra que los estándares no son una sola norma, sino un ecosistema.
- ❖ Para data centers, TIA-942 no reemplaza a los demás, los articula.
- ❖ Cuando probamos cobre o fibra en un DC, en realidad estamos validando contra varios estándares al mismo tiempo.
- ❖ El error común es aplicar un estándar genérico a un entorno que no es genérico.



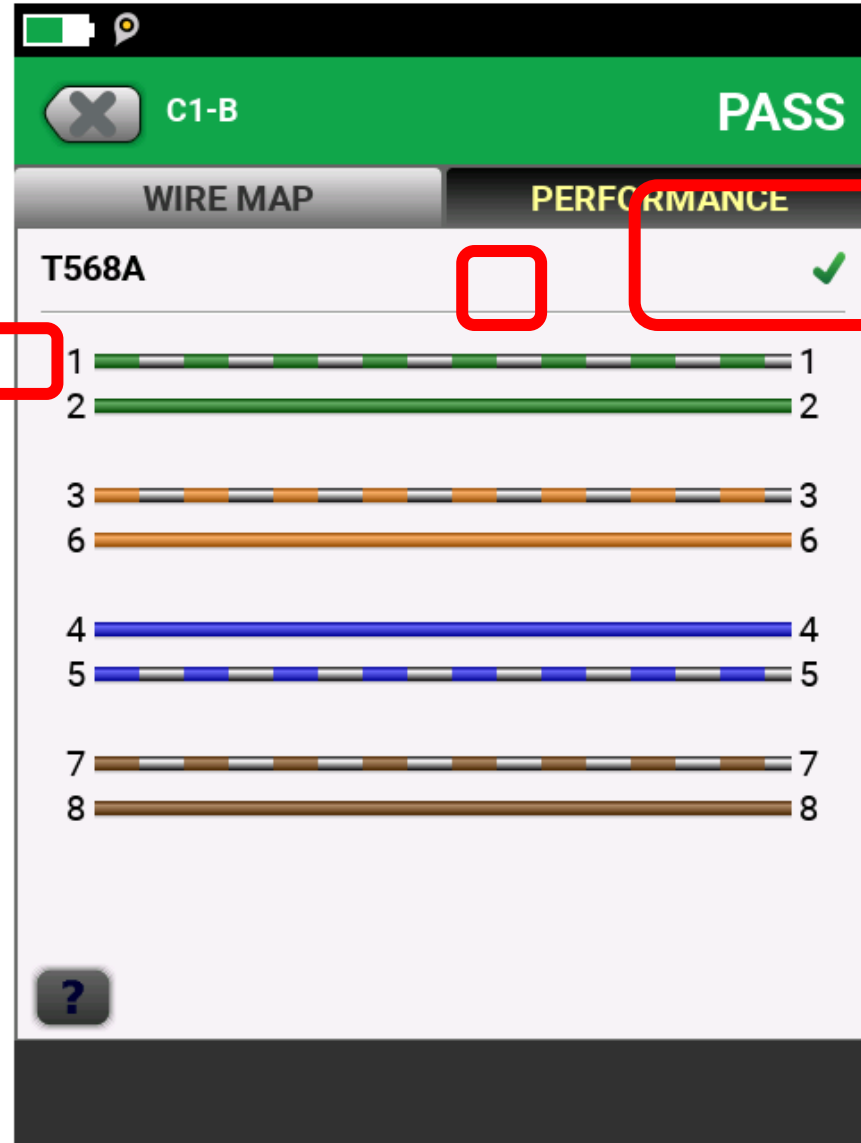
# Infraestructura de Cobre en Data Centers: Rol y Alcance

## Parámetros críticos a validar

- ❖ Wire map
- ❖ Longitud
- ❖ Insertion Loss
- ❖ NEXT / PSNEXT
- ❖ Return Loss
- ❖ Resistencia DC (crítica en PoE)



# Primero, continuidad: ejemplos de errores en mapa de Cableado



# Fuerza de la señal – Pérdida por inserción

## Pérdida de inserción:

- ❖ En dB, la pérdida de señal a lo largo del cable.



## La pérdida de señal aumenta con la:

- ❖ Longitud
- ❖ Frecuencia
- ❖ Temperatura: Los cables en zonas con altas temperaturas pueden no alcanzar los 100 metros.

# Implicación de la temperatura en la calidad de señal

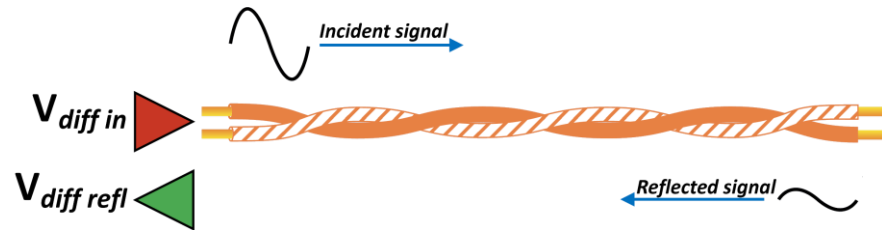
- ❖ Las distancias en los Estándares TIA-568 & ISO 11801 están basadas en una temperatura ambiente de 20c.
- ❖ Los Estándares no permiten que los límites en el equipo probador se relajen.
- ❖ Es posible que se tenga que reducir la distancia aceptable en sus enlaces.

Temperature (°C (°F))	Maximum horizontal unscreened cable length (m)	Maximum horizontal screened cable length (m)
20 (68)	90.0	90.0
25 (77)	89.0	89.5
30 (86)	87.0	88.5
35 (95)	85.5	87.7
40 (104)	84.0	87.0
45 (113)	81.7	86.5
50 (122)	79.5	85.5
55 (131)	77.2	84.7
60 (140)	75.0	83.0

# Ruido - Return Loss (pérdida de retorno)

## Pérdida de retorno:

- ❖ En dB, la señal reflejada en el mismo par.



## La pérdida de retorno aumenta con:

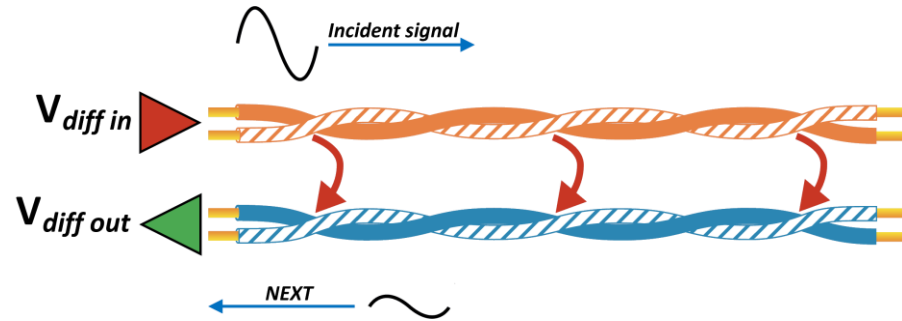
- ❖ Cable mal fabricado o dañado.
- ❖ Problema de resistencia de contacto de DC.
- ❖ Pares separados.
- ❖ Agua en el cable: El cable no está en mal estado, pero es el cable inadecuado para esta aplicación.

The screenshot shows a mobile application interface with a red header bar containing 'GARITA ESQ SALIDA' and 'FALLO'. Below the header, there are three tabs: 'MAPA DE CABLEADO', 'DESEMPEÑO', and 'INFORME SOBRE FALLOS'. The main content area shows a vertical cable diagram with 'REMOTE' at the top and 'MAIN' at the bottom. The cable length is indicated as 'Longitud: 84.0 m'. A blue callout box points to the cable with the text 'Pérd de retorno' and 'Revise si hay agua en el cable.'. Below the cable diagram, there are two buttons: 'ANALIZADOR HDTDR' and 'ANALIZADOR HDTDx'. At the bottom right, there is a button labeled 'PROB. OTRA VEZ'.

# Ruido - NEXT (Near-end Crosstalk)

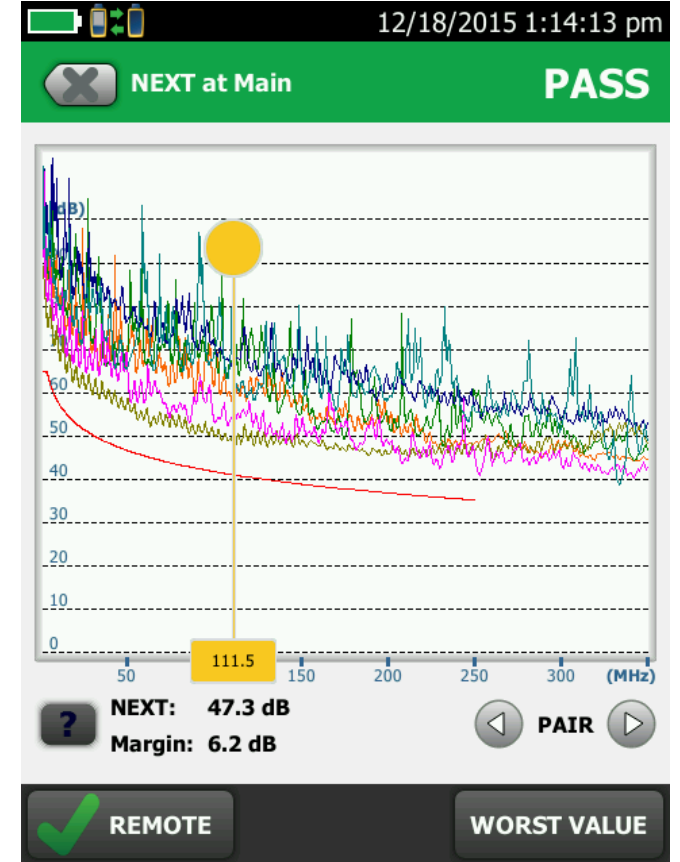
## NEXT:

- ❖ En dB, la señal perturbada en un par adyacente



## NEXT se incrementa por:

- ❖ El par 4.5 está dentro del par 3.6
- ❖ Cable mal hecho o dañado
- ❖ No se mantiene la torsión del par en el conector
- ❖ Límite de prueba/categoría de cable incorrectos



# Probando Cableado de par trenzado para utilizar PoE

El problema con las pruebas de desempeño es que son requerimientos mínimos y no pueden mostrar si el cable soporta transmisiones de PoE. Las pruebas de **Cableado** requieren las pruebas siguientes.

	Copper Certification	
	ANSI/TIA-568-C.2 (Cabling System)	ANSI/TIA-1152 (Minimum Field Test)
Wire Map	✓	✓
Length	✓	✓
Propagation Delay	✓	✓
Delay Skew	✓	✓
DC Loop Resistance	✓	
DC Resistance Unbalance	✓	
Insertion Loss	✓	✓
NEXT, PS NEXT	✓	✓
Return Loss	✓	✓
ACR-F, PS ACR-F	✓	✓
TCL, ELTCTL	✓	
PS ANEXT, PS AACR-F	✓	✓

Faltan pruebas clave

# Probando Cableado de par trenzado para utilizar PoE

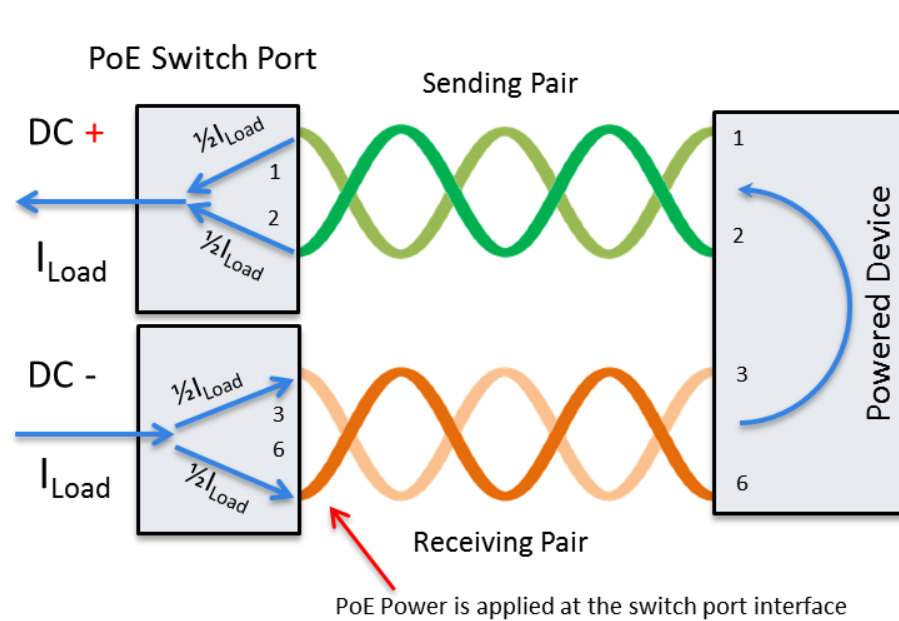
El problema con las pruebas de desempeño es que son requerimientos mínimos y no pueden mostrar si el cable soporta transmisiones de PoE. Las pruebas de **Aplicación** requieren las pruebas siguientes:

	Copper Certification	
	IEEE 802.3 (Application)	ANSI/TIA-1152 (Minimum Field Test)
Wire Map	✓	✓
Length	✓	✓
Propagation Delay	✓	✓
Delay Skew	✓	✓
DC Loop Resistance	✓	
DC Resistance Unbalance	✓	
Insertion Loss	✓	✓
NEXT, PS NEXT	✓	✓
Return Loss	✓	✓
ACR-F, PS ACR-F	✓	✓
TCL, ELTCTL	✓	
PS ANEXT, PS AACR-F	✓	✓

← **Opcional para 1152A**

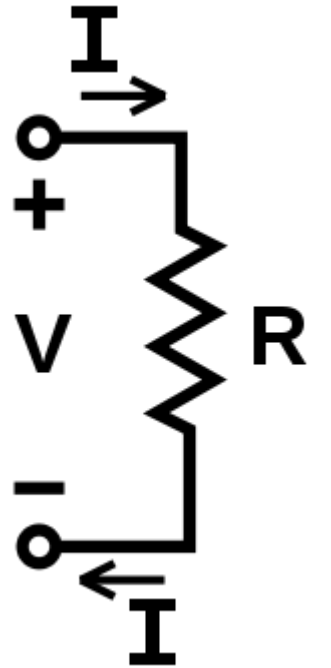
# La importancia de la “Resistencia balanceada” para PoE

- ❖ Uno de los principales problemas trabajando con PoE es “el como trabaja” el PoE:
- ❖ El dispositivo energizado completa el ciclo de la corriente permitiendo al dispositivo trabajar:



Ley de Ohm en forma algebraica

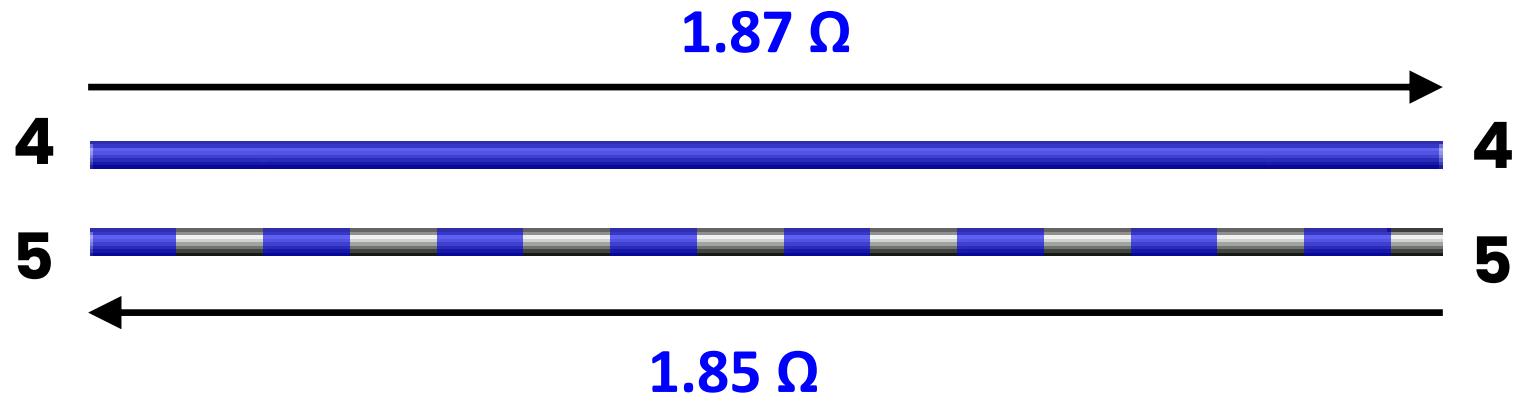
$$V = I \cdot R$$



- ❖ La corriente es “balanceada” a través de los 4 hilos usados.

# DC Resistance Unbalance dentro un par

Diferencia en DC Resistance entre conductores del mismo par:



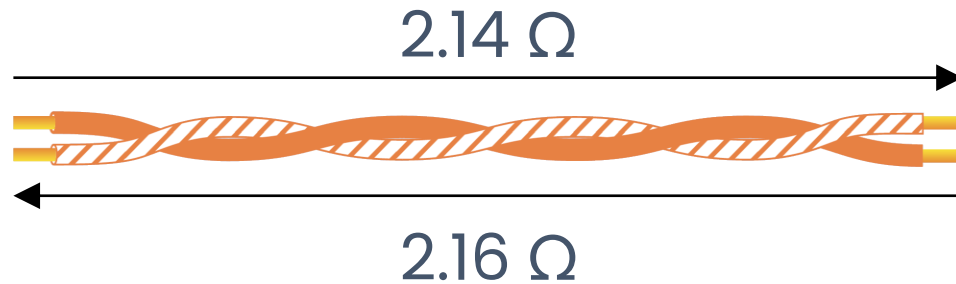
$$\begin{aligned} \text{DC Loop Resistance} &= 1.87 \Omega + 1.85 \Omega \\ &= 3.72 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DC Resistance Unbalance within a pair} &= |1.87 \Omega - 1.85 \Omega| \\ &= 0.02 \Omega \end{aligned}$$

# DC Resistance Unbalance within a pair (PAIR UBL)

Diferencia en DC Resistance entre conductores del mismo par PAIR UBL:

- ❖ Medición realizada en Ohms ( $\Omega$ )
- ❖ Es la diferencia en Ohms entre conductors del mismo par:



$$\begin{aligned} \text{Calculated} &= |2.14 \Omega - 2.16 \Omega| \\ &= 0.02 \Omega \end{aligned}$$

Causas de fallos incluyen problemas de DC contact resistance.

A screenshot of a network testing application interface. At the top, it shows a green status bar with a close button, the identifier '20AL.B01', and the word 'PASS'. Below this are three tabs: 'LOOP', 'PAIR UBL', and 'P2P UBL'. The 'PAIR UBL' tab is selected and has a green checkmark above it. The table below shows the following data:

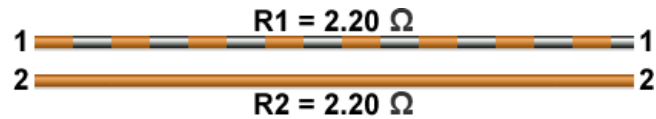
	VALUE ( $\Omega$ )	LIMIT ( $\Omega$ )
1,2	0.00	0.13
3,6	0.02	0.13
4,5	0.03	0.13
7,8	0.04	0.13

The value '0.02' in the 'PAIR UBL' column for pair '3,6' is circled in orange.

# DC Resistance Unbalance between pairs (P2P UBL)

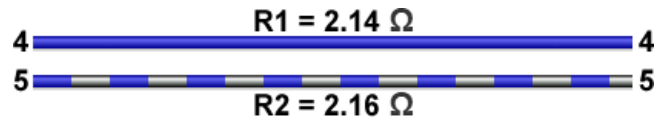
Diferencia en DC Resistance entre conductores de diferentes pares P2P UBL:

❖ Medición realizada en Ohms ( $\Omega$ )



**Parallel resistance for 1,2**

$$= (2.20 \Omega * 2.20 \Omega) / (2.20 + 2.20 \Omega) \\ = 1.10 \Omega$$



**Parallel resistance for 4,5**

$$= (2.14 \Omega * 2.16 \Omega) / (2.14 + 2.16 \Omega) \\ = 1.07 \Omega$$

❖ DC Resistance Unbalance between 1,2 - 4,5

$$= | 1.10 \Omega - 1.07 \Omega |$$

$$= 0.03 \Omega$$

LOOP	PAIR UBL	P2P UBL
	VALUE ( $\Omega$ )	LIMIT ( $\Omega$ )
1,2-3,6	0.04	0.20
1,2-4,5	0.03	0.20
1,2-7,8	0.02	0.20
3,6-4,5	0.01	0.20
3,6-7,8	0.02	0.20
4,5-7,8	0.01	0.20

# Resultados de mediciones DC Resistance Unbalance

- Al mismo tiempo, esta es una prueba opcional para ANSI/TIA-1152
- Especificada en IEEE 802.3at (PoE+, up to 25.5 Watts)
- Especificada IEEE 802.3bt (PoE++, up to 60 Watts)

LOOP	VALUE ( $\Omega$ )
1,2	3.9
3,6	3.9
4,5	4.0
7,8	3.9
LIMIT	N/A

Standard TIA test

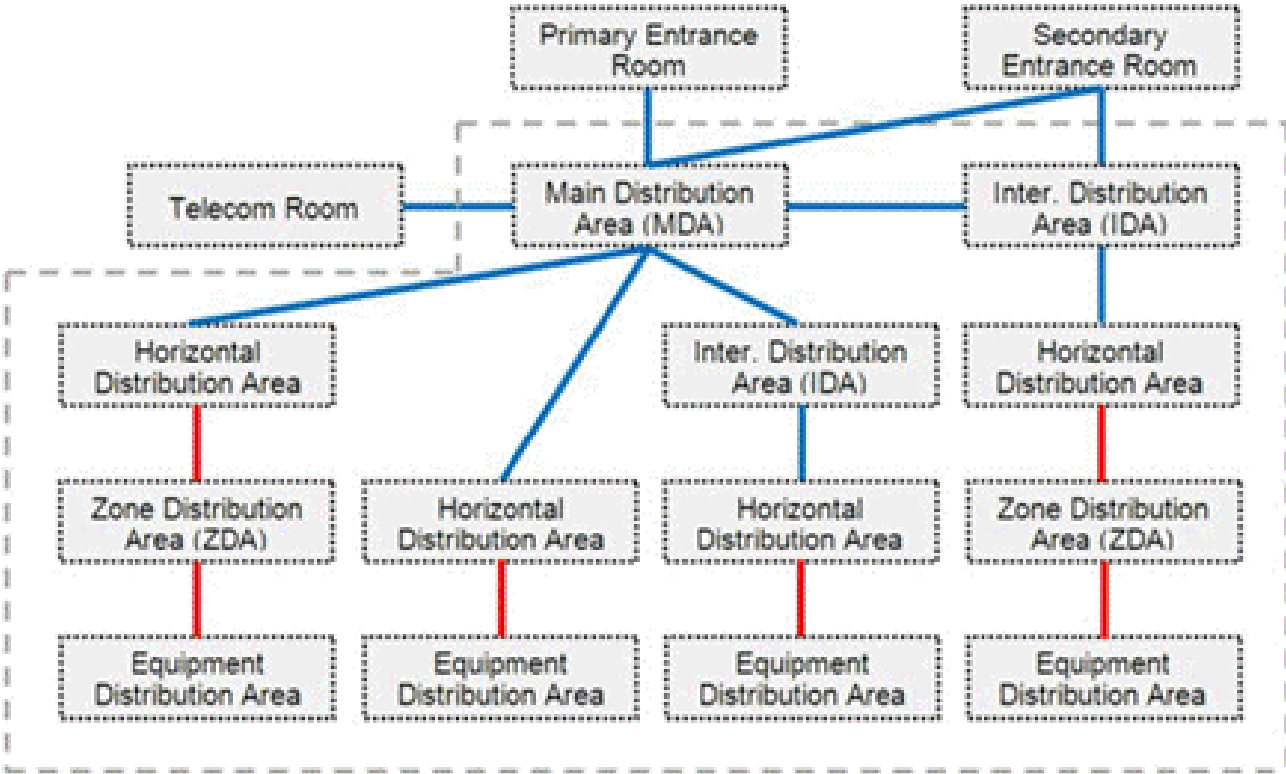
LOOP	PAIR UBL	P2P UBL
	✓	
	VALUE ( $\Omega$ )	
1,2	3.9	
3,6	4.0	
4,5	3.9	
7,8	3.9	
LIMIT	21.0	

Enhanced TIA test

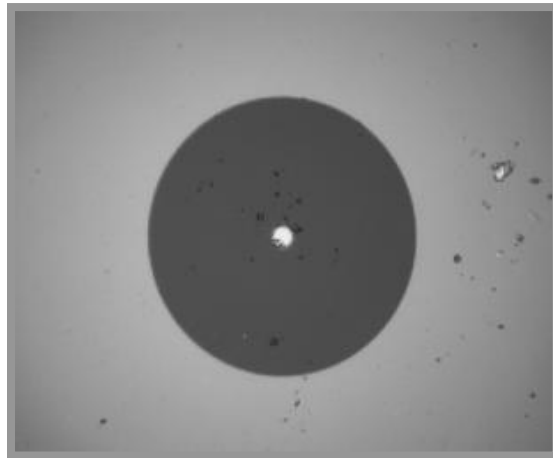
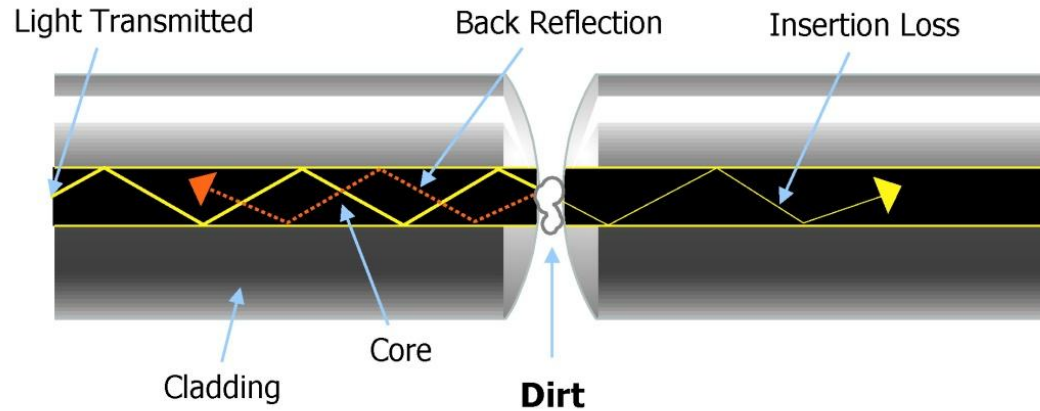
LOOP	PAIR UBL	P2P UBL
	✓	
	VALUE ( $\Omega$ )	LIMIT ( $\Omega$ )
1,2	0.01	0.20
3,6	0.02	0.20
4,5	0.00	0.20
7,8	0.01	0.20

Enhanced TIA test

# Infraestructura de Fibra en Data Centers: Rol y Alcance



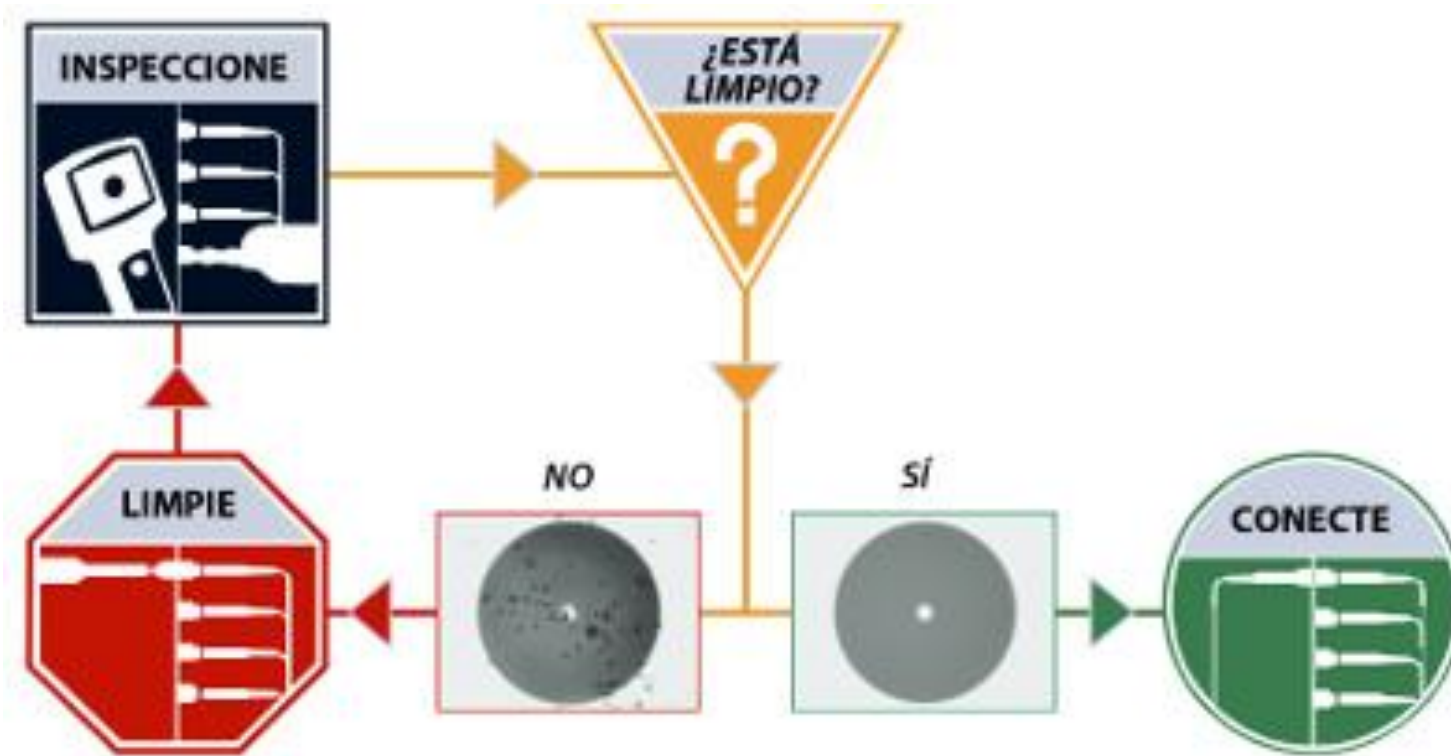
# Inspección y Limpieza de Fibra



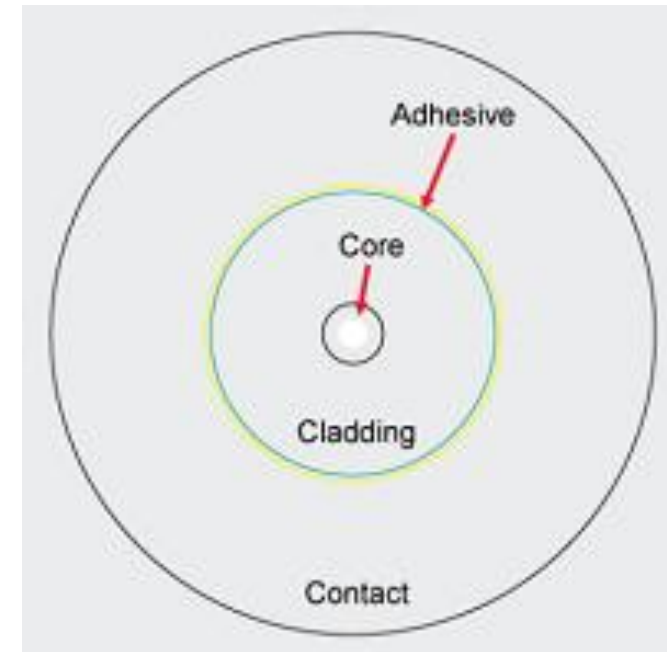
- ❖ Los conectores contaminados son la principal causa de fallos en los enlaces de fibra óptica.
- ❖ Las partículas de polvo y suciedad atrapada en el extremo de la fibra causan pérdida de señal y back reflection, pudiendo dañar los equipos.
- ❖ Existen demasiadas fuentes de contaminación:
  - ❖ Cuartos de telecomunicaciones en entornos sucios.
  - ❖ Procedimientos de limpieza incorrectos (herramientas y materiales inadecuados o insuficientes).
  - ❖ Las manos de los técnicos.
  - ❖ Aire transportado.

# Norma IEC 61300-3-35

La norma IEC 61300-3-35 (UNE-EN 61300-3-35) es un procedimiento para garantizar la calidad en la inspección visual de los conectores de fibra óptica



Los criterios de certificación IEC 61300-3-35 se basan en la cantidad y el tamaño de los rayones y otros defectos encontrados en cada región de medición del extremo de la fibra, incluido el núcleo, el revestimiento, la capa adhesiva y las zonas de contacto. Por supuesto, el núcleo de la fibra por donde viaja la señal tiene los requisitos más estrictos.



Zone	Multimode Polished Connectors	
	Scratches	Defects
Core	No limit $\leq 3 \mu\text{m}$ None $> 3 \mu\text{m}$	$4 \leq 5 \mu\text{m}$ None $> 5 \mu\text{m}$
Cladding	No limit $\leq 5 \mu\text{m}$ None $> 5 \mu\text{m}$	No limit $< 2 \mu\text{m}$ 5 from $2 \mu\text{m}$ to $5 \mu\text{m}$ None $\geq 5 \mu\text{m}$
Adhesive	No limit	No limit
Contact	No limit	None $\geq 10 \mu\text{m}$

Zone	Singlemode Polished Connectors	
	Scratches	Defects
Core	None	None
Cladding	No limit $\leq 3 \mu\text{m}$ None $> 3 \mu\text{m}$	No limit $< 2 \mu\text{m}$ 5 from $2 \mu\text{m}$ to $5 \mu\text{m}$ None $\geq 5 \mu\text{m}$
Adhesive	No limit	No limit
Contact	No limit	None $\geq 10 \mu\text{m}$

# ¿Qué dicen los estándares sobre las Pruebas en Fibra?

TSB140 “Additional Guidelines For Field-Testing Length, Loss And Polarity Of Optical Fiber Cabling Systems”

- Tier 1: OLTS (Optical Loss Test Set)  
Verifica Polaridad y Longitud  
Verificación para Aplicaciones Simples
- Tier 2: Tier 1 más OTDR  
Permite ver anomalías por conector  
Permite identificar las fuente de fallas

# ¿Qué dicen los estándares sobre las Pruebas en Fibra?

Estandares de la Industria Aplicables para Instalaciones de Fibra Optica

- ANSI/TIA: Para cableado de Fibra Óptica
- IEEE: Para aplicaciones en Fibra Óptica

# Límites de pérdida por aplicación 10/40/100 Gb en fibra multimodo

Ethernet Speed	IEEE Task Force	Designation	Fiber Type	Number of Fibers	Maximum Link Length (m)	Maximum Channel Insertion Loss (dB)
10 Gb	802.3ae	10GBASE-SR	OM3	2	300	2.6
40 Gb	802.3ba	40GBASE-SR4	OM3	8	100	1.9
40 Gb	802.3ba	40GBASE-SR4	OM4	8	150	1.5
100 Gb	802.3ba	100GBASE-SR10	OM3	20	100	1.9
100 Gb	802.3ba	100GBASE-SR10	OM4	20	150	1.5
100 Gb	802.3bm	100GBASE-SR4	OM4	8	100	1.9

# Límites de pérdida por aplicación 10/40/100 Gb en fibra monomodo

Ethernet Speed	IEEE Standard	Designation	Lanes	Total Number of Fibers	Max. Link Length	Max. Channel Insertion Loss (dB)	Reflectance 2 Connectors (< -55 dB)	Reflectance 10 Connectors (< -55 dB)
40 Gb/s	802.3ba	40GBASE-IR4 40GBASE-LR4	4 (4λ)	2	2 km 10 km	4.5 6.7	-26 dB	
100 Gb/s	802.3ba	100GBASE-LR4	4 (4λ)	2	10 km	6.3	-26 dB	
200 Gb/s	802.3bs	200GBASE-DR4	4	8	500 m	3.0	-42 dB	-49 dB
		200GBASE-FR4	4 (4λ)	2	2 km	4.0	-31 dB	-40 dB
		200GBASE-LR4	4 (4λ)	2	10 km	6.3	-29 dB	-38 dB
400 Gb/s	802.3bs	400GBASE-DR4	4	8	500 m	3.0	-42 dB	-49 dB
		400GBASE-FR8	8 (8λ)	2	2 km	4.0	-31 dB	-40 dB
		400GBASE-LR8	8 (8λ)	2	10 km	6.3	-29 dB	-38 dB

# Presupuesto Óptico

Antes de iniciar el cálculo del presupuesto de pérdida de enlaces de fibra óptica, necesita conocer los valores mínimos de pérdida aceptable. Éstos se pueden encontrar en ANSI/TIA/EIA-568-C.3 y ISO/IEC 11801:2002.

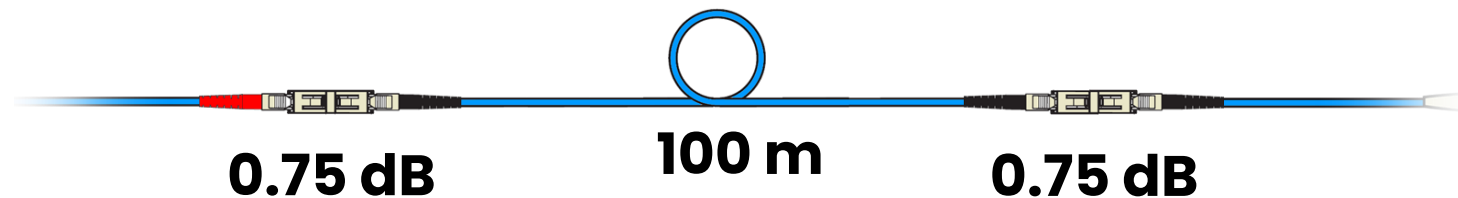
Par de conectores acoplados	0,75 dB
Empalme	0,3 dB
Fibra multimodo	3,5 dB por kilómetro a 850 nm 1,5 dB por kilómetro a 1300 nm
Fibra monomodo	1,0 dB por kilómetro a 1310 nm 1,0 dB por kilómetro a 1550 nm
Planta exterior (TIA solamente)	0,5 dB por kilómetro a 1310 nm 0,5 dB por kilómetro a 1550 nm

# TIA / ISO ejemplo

Total loss from connections...	$2 \times \mathbf{0,75} =$	1.50 dB
Total loss from splices.....	$0 \times \mathbf{0,3} =$	0.00 dB
Loss from fiber @ 850 nm...	$0,1 \times \mathbf{3,5} =$	0.35 dB
Total loss allowed (limit).....		<b>1.85 dB</b>

Resultado **1.7 dB** < **1.85dB**

Pérdida total = **1.7dB** Pasa en TIA!



32

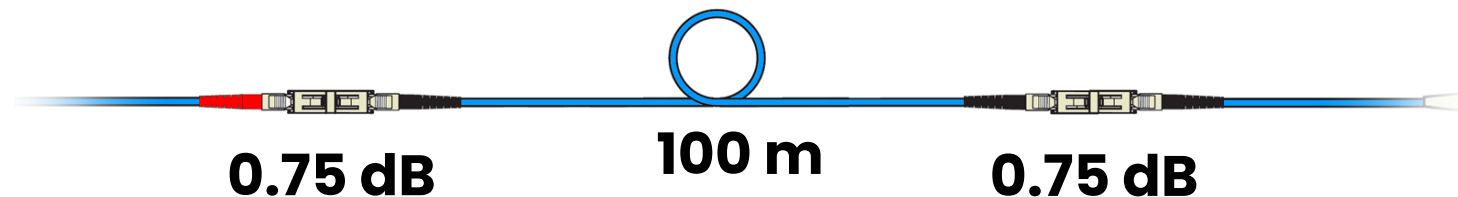
# TIA / ISO ejemplo

Total loss from connections...	$2 \times \mathbf{0,75} =$	1.50 dB
Total loss from splices.....	$0 \times \mathbf{0,3} =$	0.00 dB
Loss from fiber @ 850 nm...	$0,1 \times \mathbf{3,5} =$	0.35 dB
Total loss allowed (limit).....		<b>1.85 dB</b>

Resultado **1.7 dB** < **1.85dB**

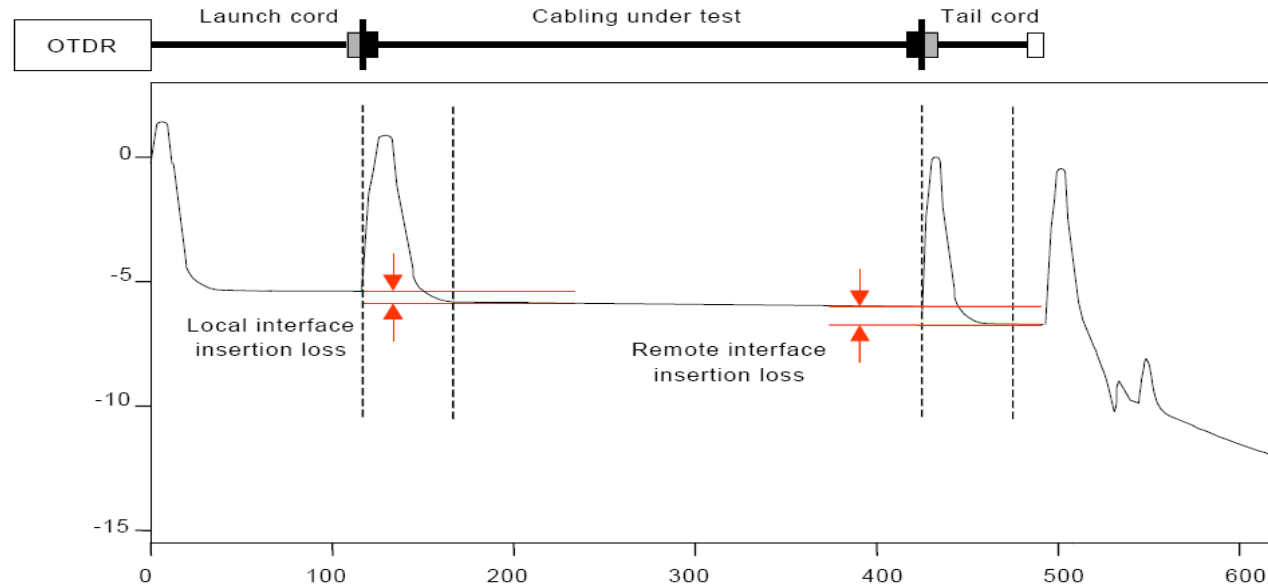
Pérdida total = **1.7dB** Pasa en TIA!

Pero no soporta 40Gig / 100Gig que utiliza límite **1.5dB.**



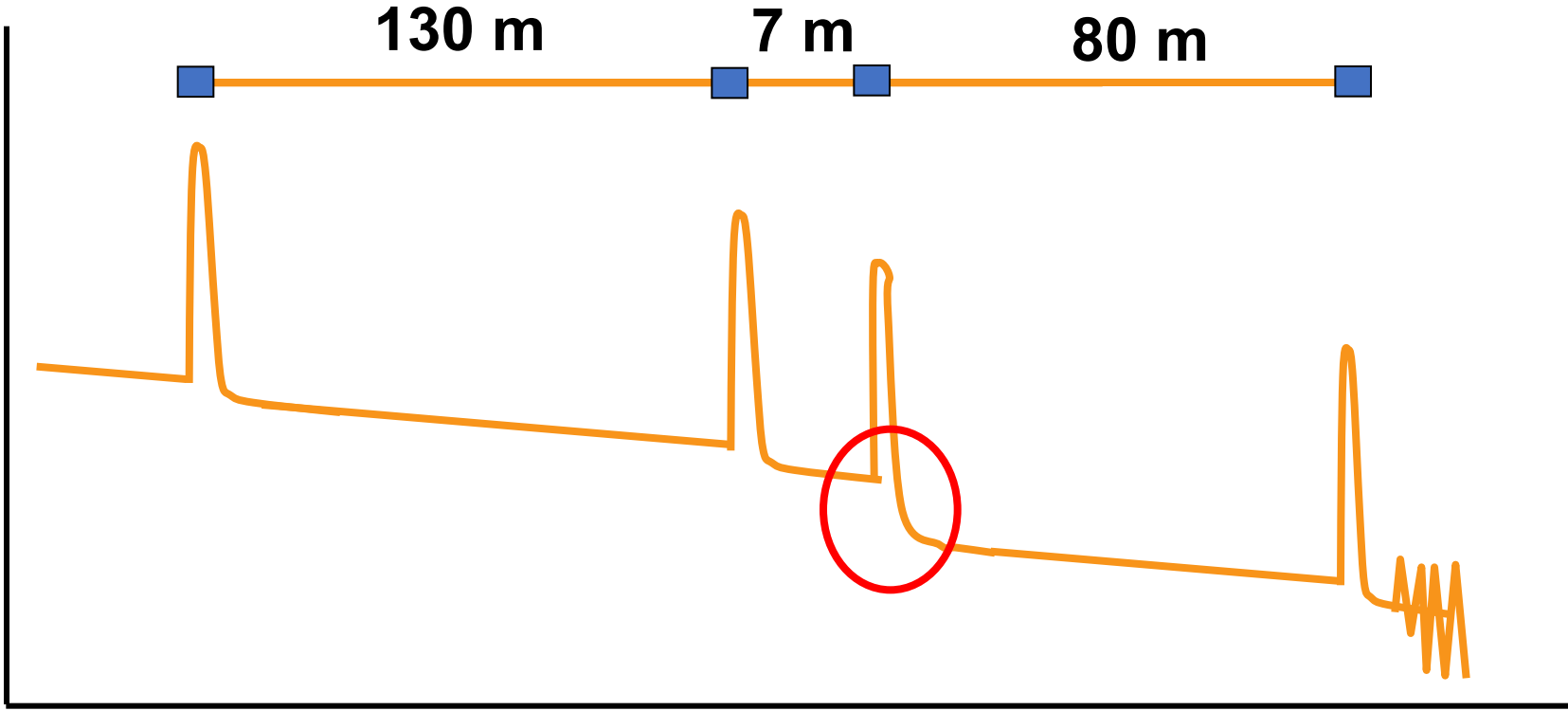
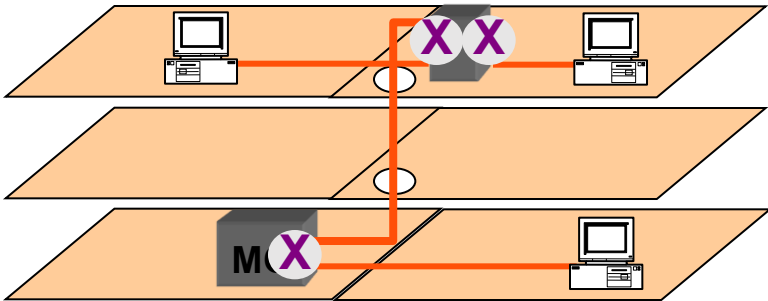
# Y si no pasa la fibra?

- Típicamente utilizábamos pruebas de OTDR???

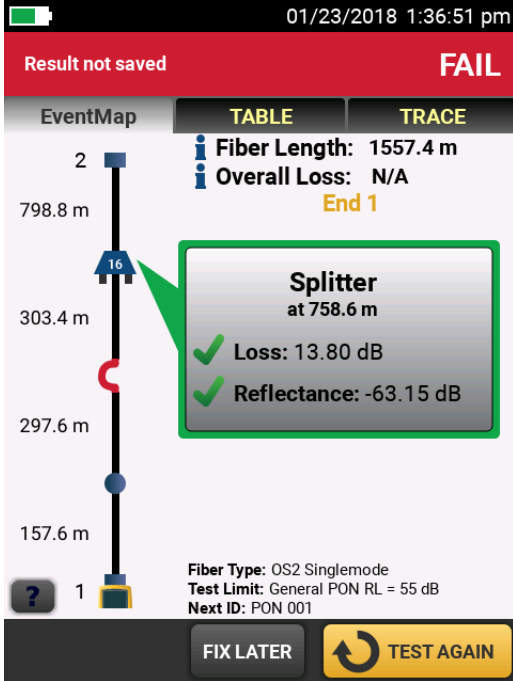
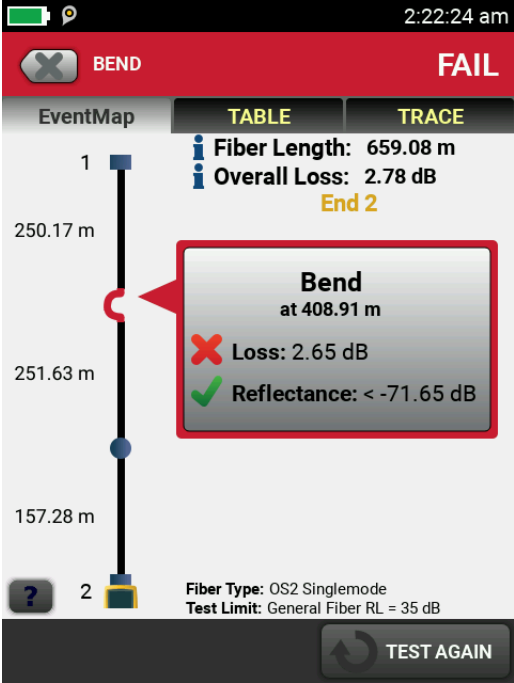
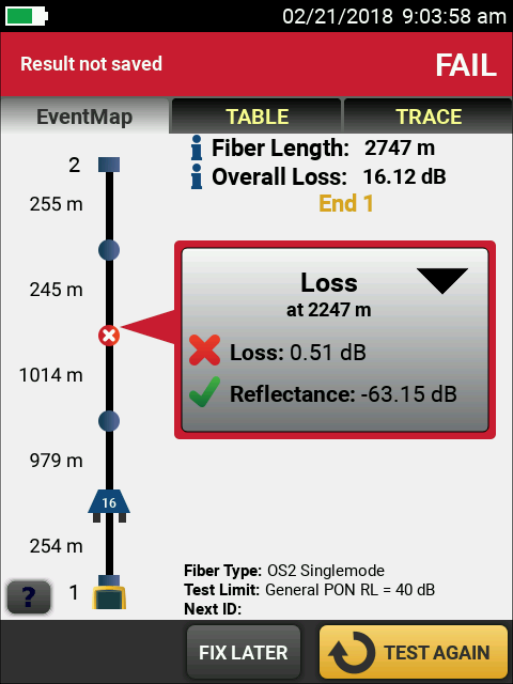
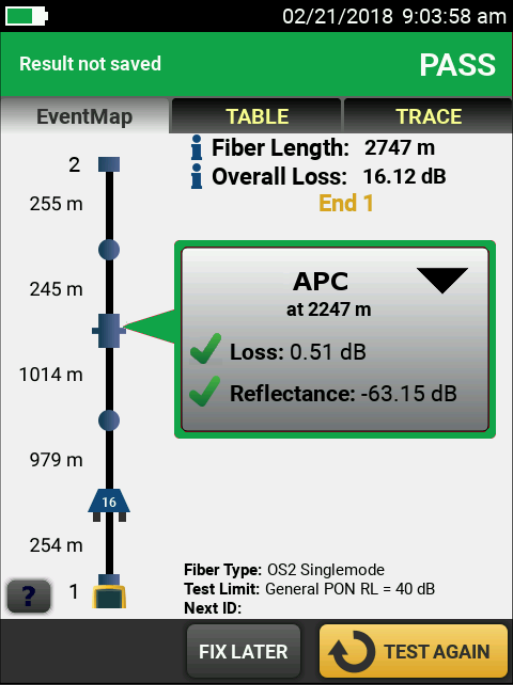


- ???????????

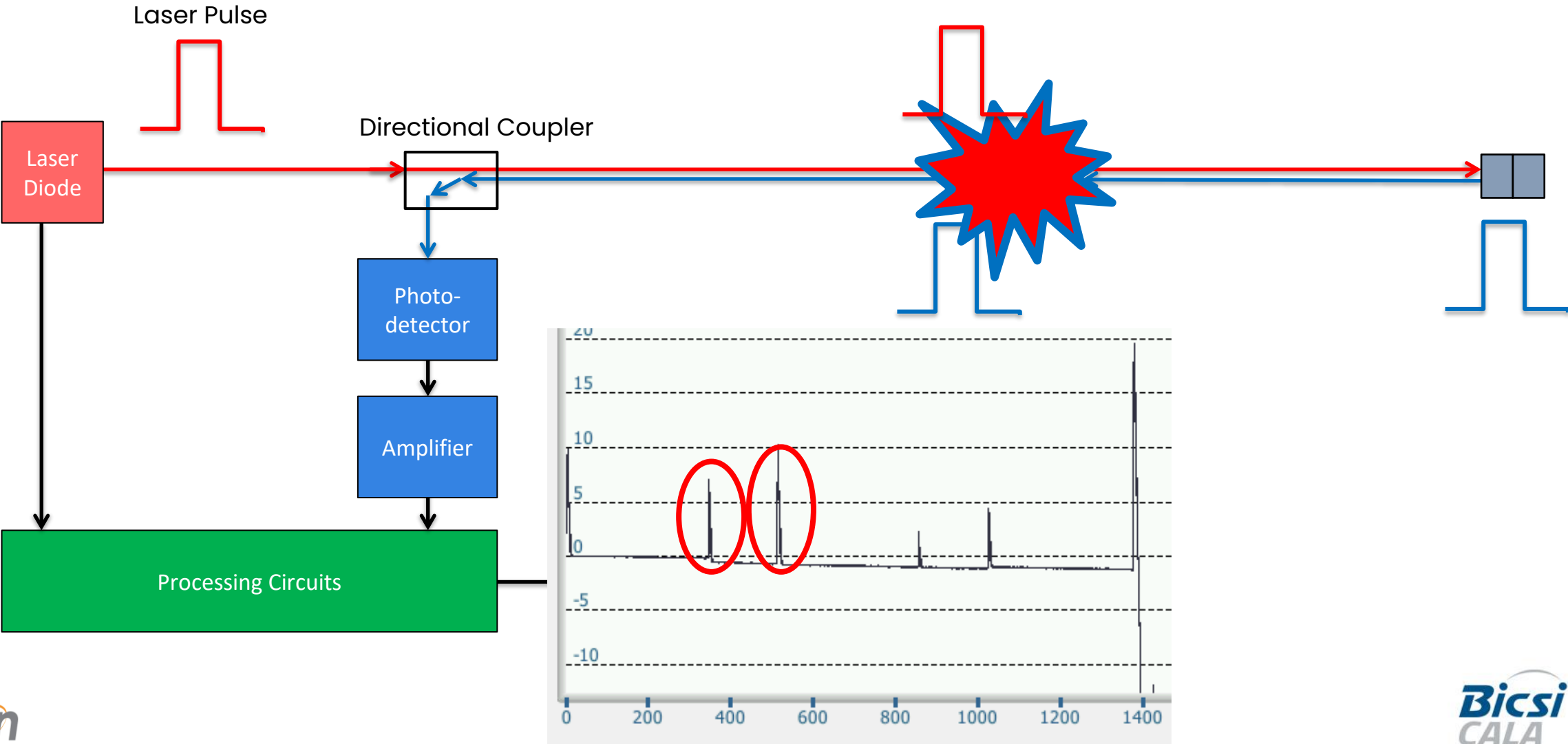
# Caracterización del Enlace, OTDR



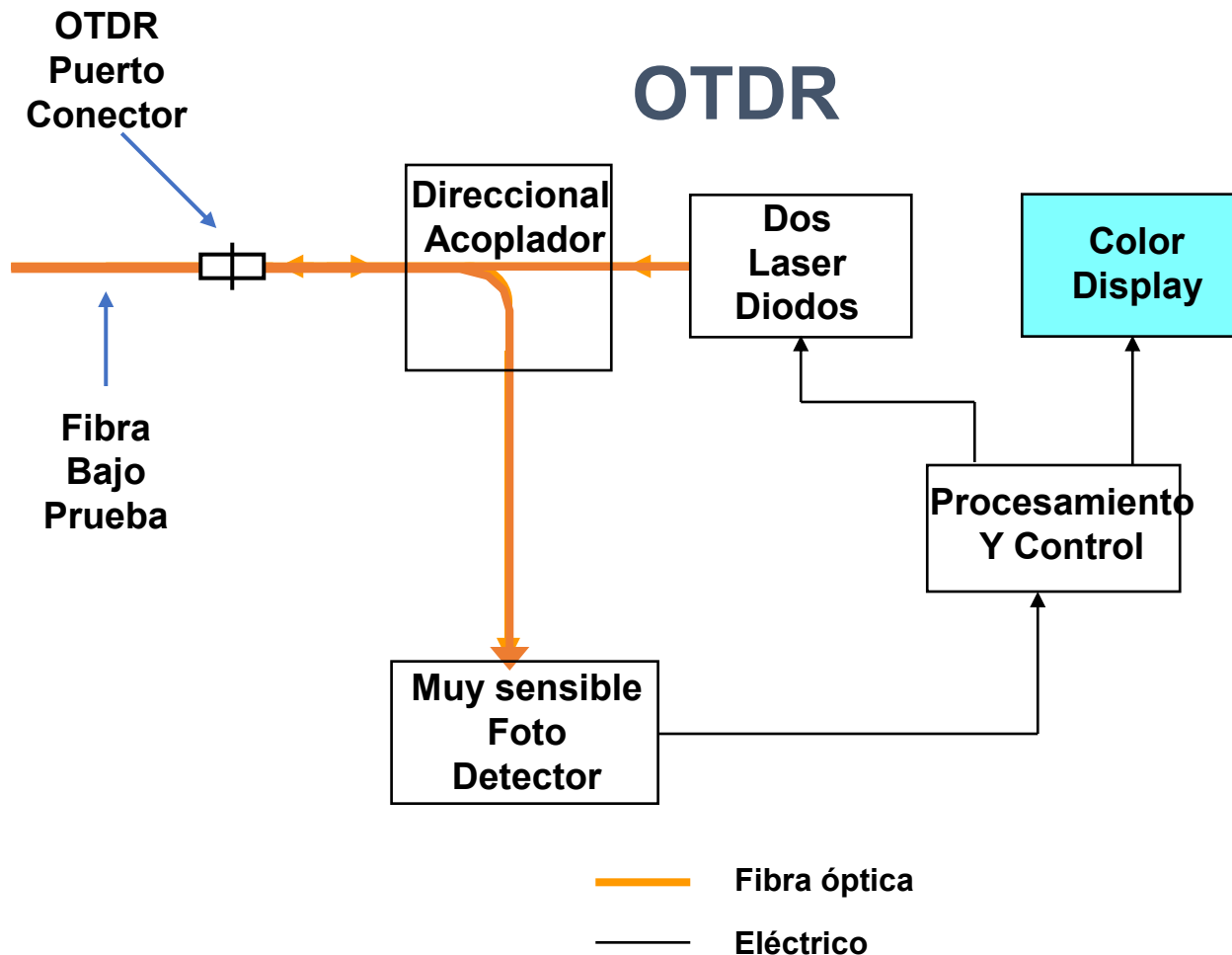
# OTDR y el troubleshooting



# Como funciona un OTDR: Optical Time Domain Reflectometer

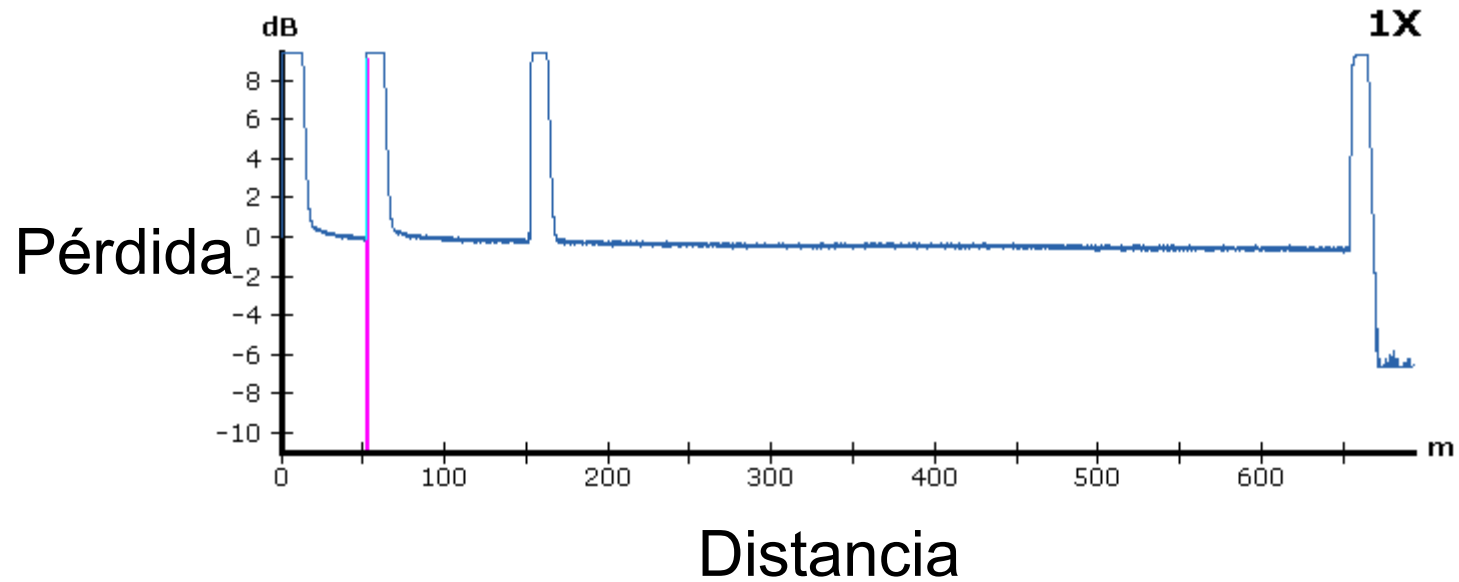


# Como funciona un OTDR



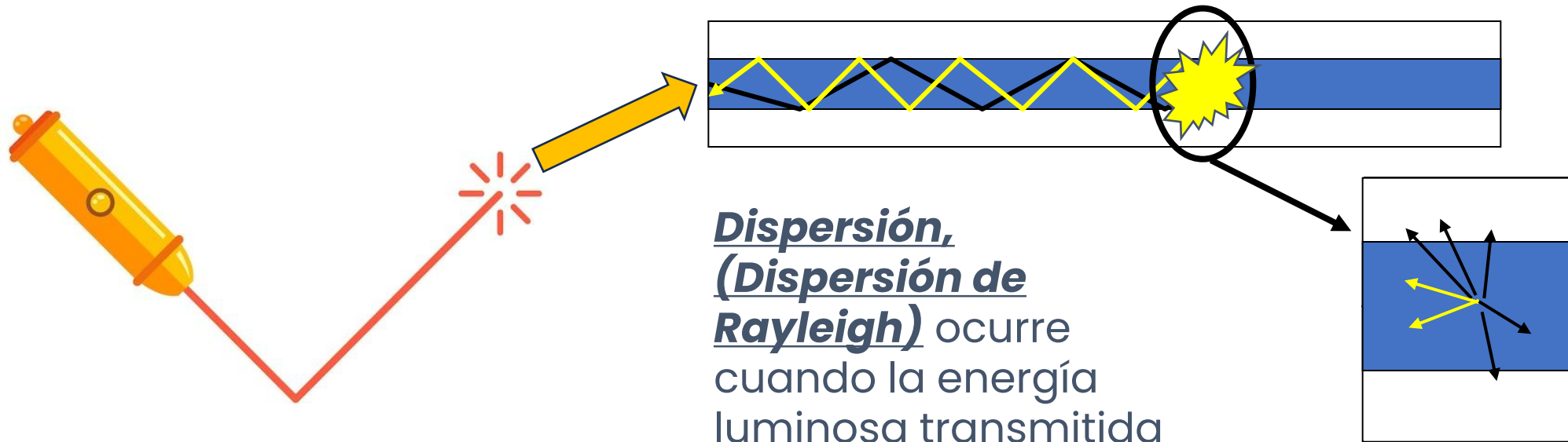
- Envía pulsos de luz.
- Mide la luz reflejada.
- Cuanto más lejos viaja la luz, más tiempo se tarda en regresar:
  - (medidas de longitud).
- Cuanto más lejos viaja la luz, más la pérdida que encuentra, menos luz regresa:
  - (medidas de pérdida).
- Cuando la luz choca con una conexión, un pico extra de luz se refleja de vuelta:
  - (encuentra conexiones).

# OTDR en Acción



**El OTDR mide la energía reflejada y NO el nivel de luz transmitida.**

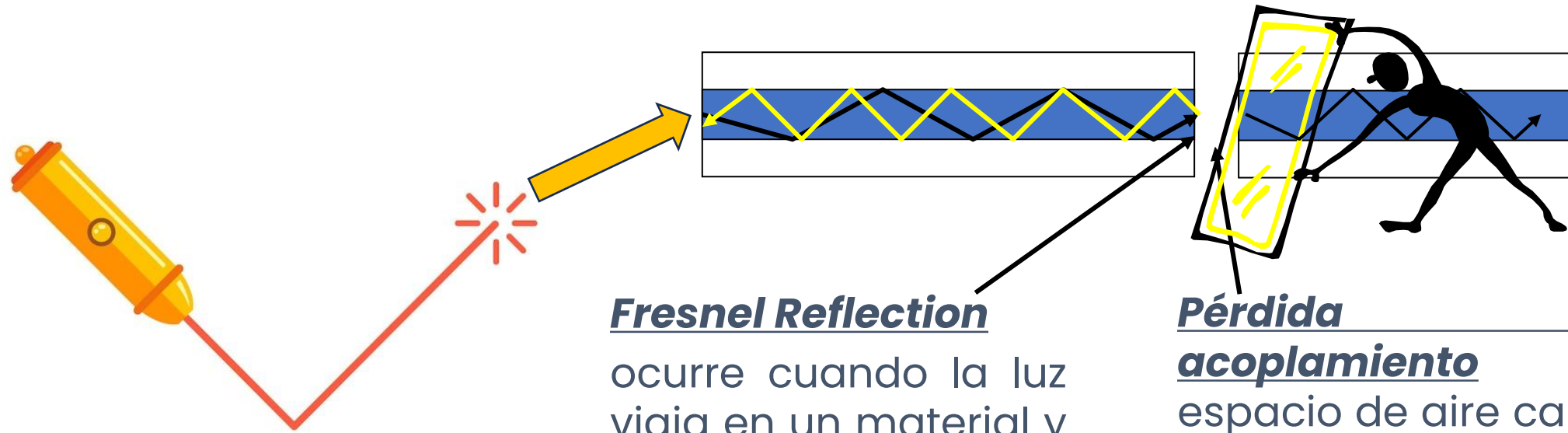
# Dispersión de Rayleigh



**Dispersión,**  
**(Dispersión de**  
**Rayleigh)** ocurre cuando la energía luminosa transmitida es superior a lo que las moléculas de cristal pueden absorber y la energía se libera en todas las direcciones. Es el principal factor de pérdida en la fibra.

**Retrodispersión** ocurre de aproximadamente 0,0001% de la luz que se refleja de regreso al OTDR.

# Fresnel Reflection



## Fresnel Reflection

ocurre cuando la luz viaja en un material y se encuentra con un material de densidad diferente (como el aire).

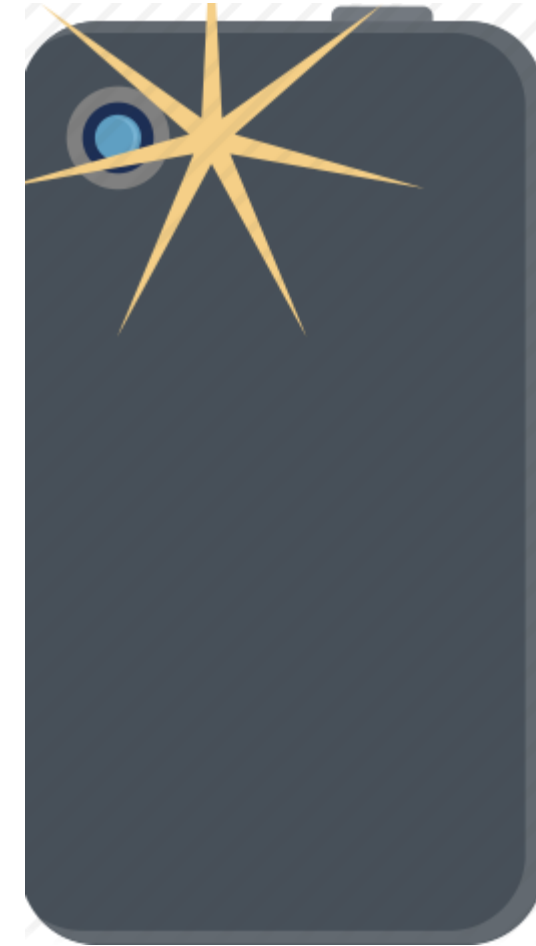
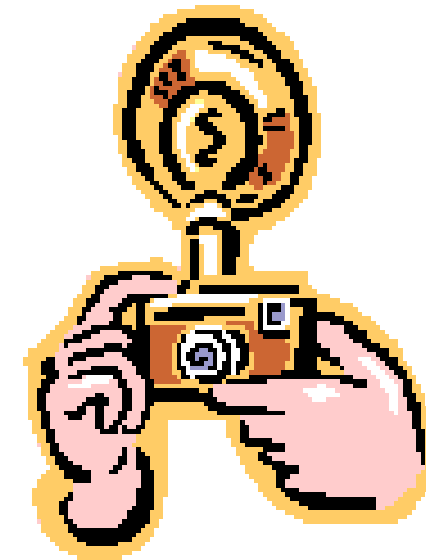
Hasta 8% de la luz se refleja de nuevo a la Fuente, mientras que el resto se mantiene fuera del material.

## Pérdida de acoplamiento

Un espacio de aire causa pérdida de la luz transmitida.

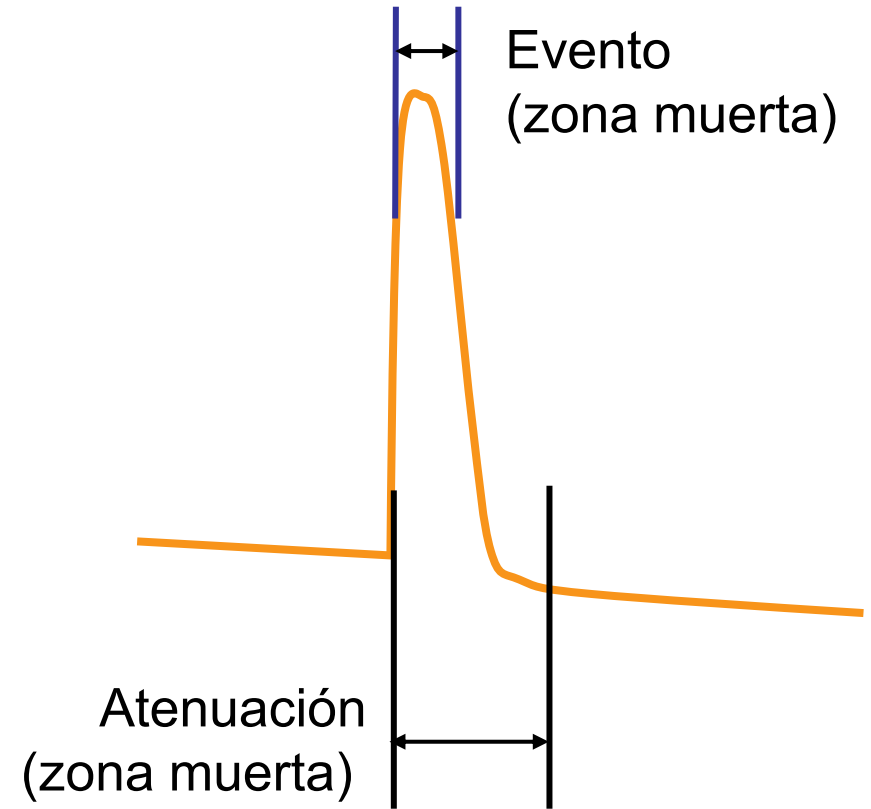
# Zona Muerta

- ❖ Una zona muerta es como cuando tus ojos necesitan tiempo para recuperarse de mirar el sol brillante o la flash de una cámara.
- ❖ Puede ser reducido mediante el uso de un ancho de impulso menor, pero disminuirá el rango dinámico.



# Dos tipos de zonas muertas

- ❖ Típicamente se produce en una traza cada vez que hay un conector.
- ❖ El receptor OTDR va "a ciegas" debido a la reflexión.
- ❖ Incluye duración de la reflexión y el tiempo de recuperación para el receptor.



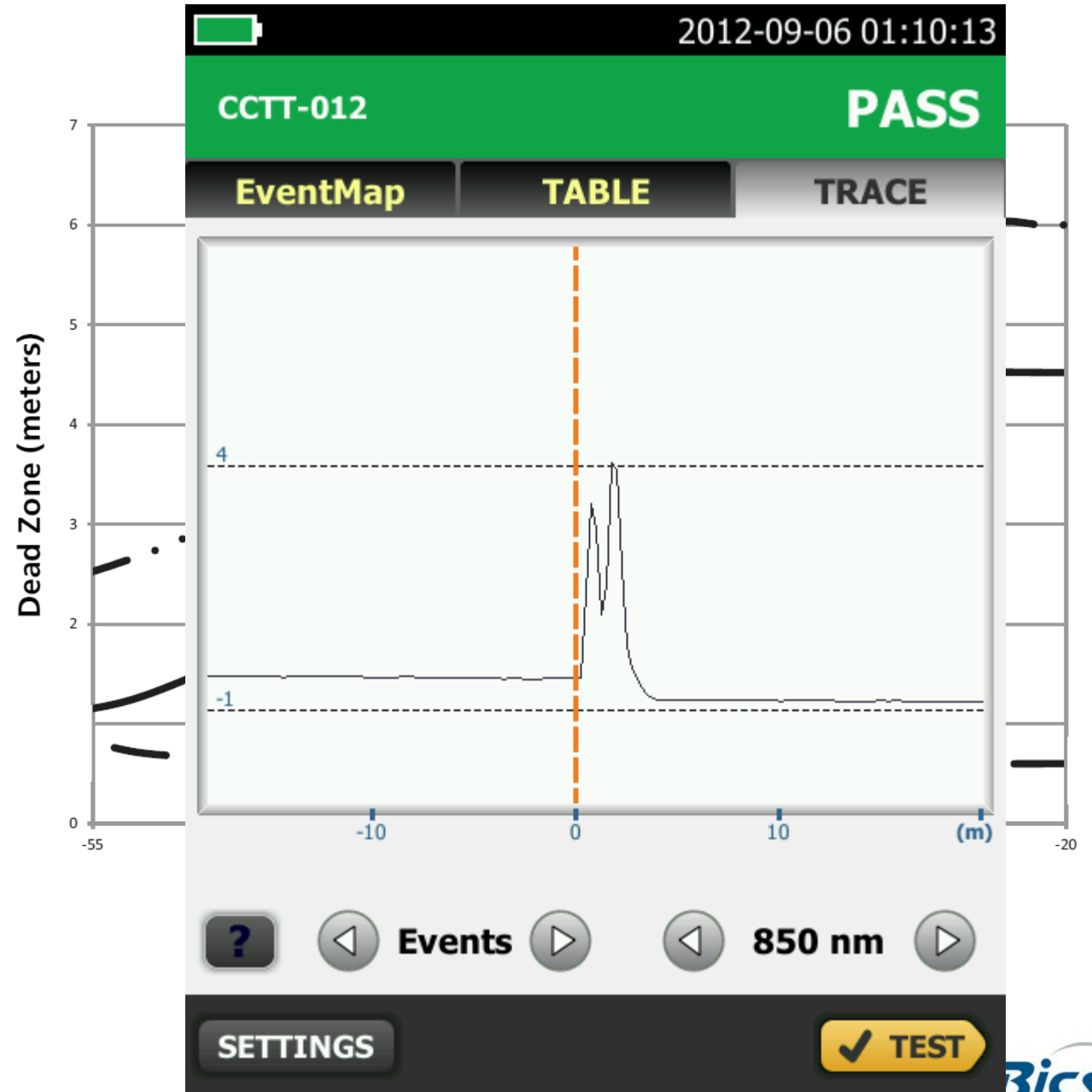
# Zonas muertas

## Zona muerta por Evento:

- ❖ Mínima distancia requerida, después de un evento reflectivo, para poder detectar un evento, pero no medirlo.

## Zona muerta por Atenuación:

- ❖ Mínima distancia requerida, tras un evento reflectivo, para medir la pérdida en un evento reflectivo o no reflectivo.



# ¿Que es la reflectancia?



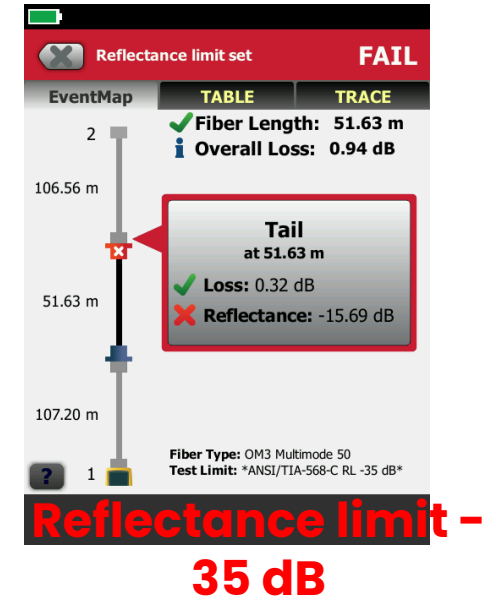
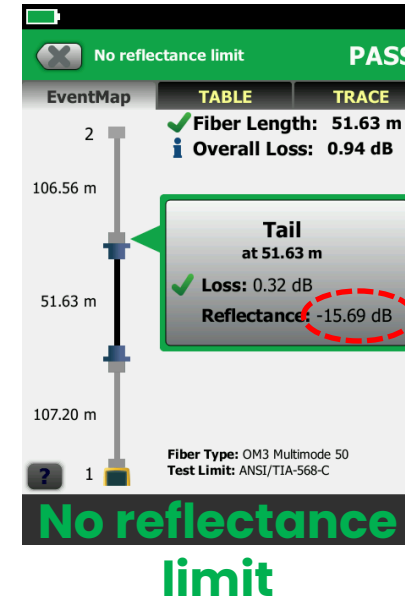
**Un espacio de aire entre las terminaciones de una fibra, también hace que se produzcan reflexiones de Fresnel.**

**Reflectancia:** es el término preferido al caracterizar un solo conector:

- Es una medida de la cantidad de energía reflejada por una conexión.
- Incluye un conector.
- Es siempre **negativo**.
- **Menor** es mejor (por ejemplo  $-35\text{dB}$  es mejor que  $-20\text{ dB}$ ).

# Importancia de establecer un límite de reflectancia

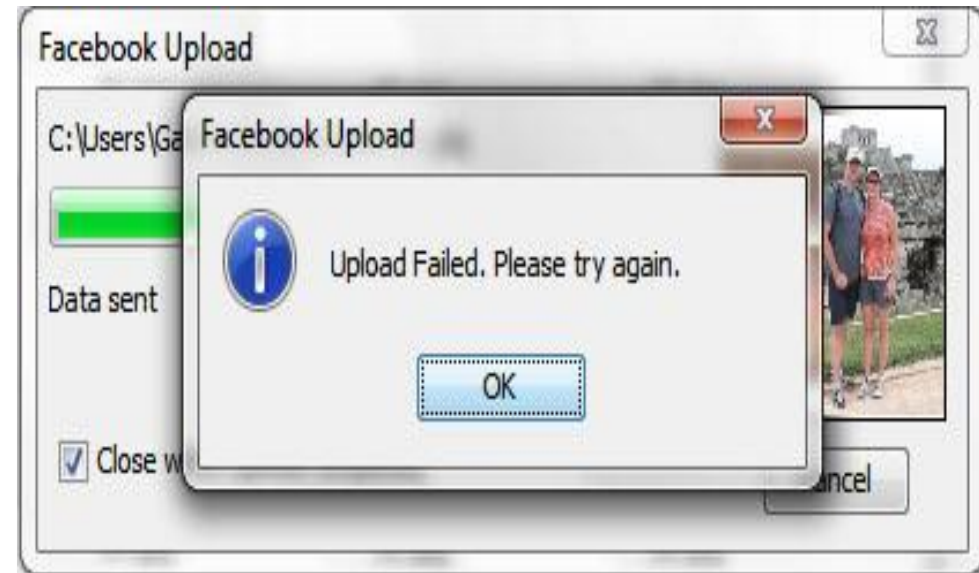
- ❖ Las mediciones de eventos de pérdida depende en gran medida de una buena reflectancia.
- ❖ Una pobre reflectancia puede resultar en:
  - ❖ Mediciones de pérdida optimistas / negativos.
  - ❖ Errores cuando la aplicación se ejecuta.
- ❖ Se recomienda ponerse de acuerdo sobre un límite de reflectancia.
- ❖ A modo de guía (consulte con su proveedor):
  - ❖ -35 DB para multimodo
  - ❖ -40 DB para modomodo
  - ❖ -55 DB para APC modomodo



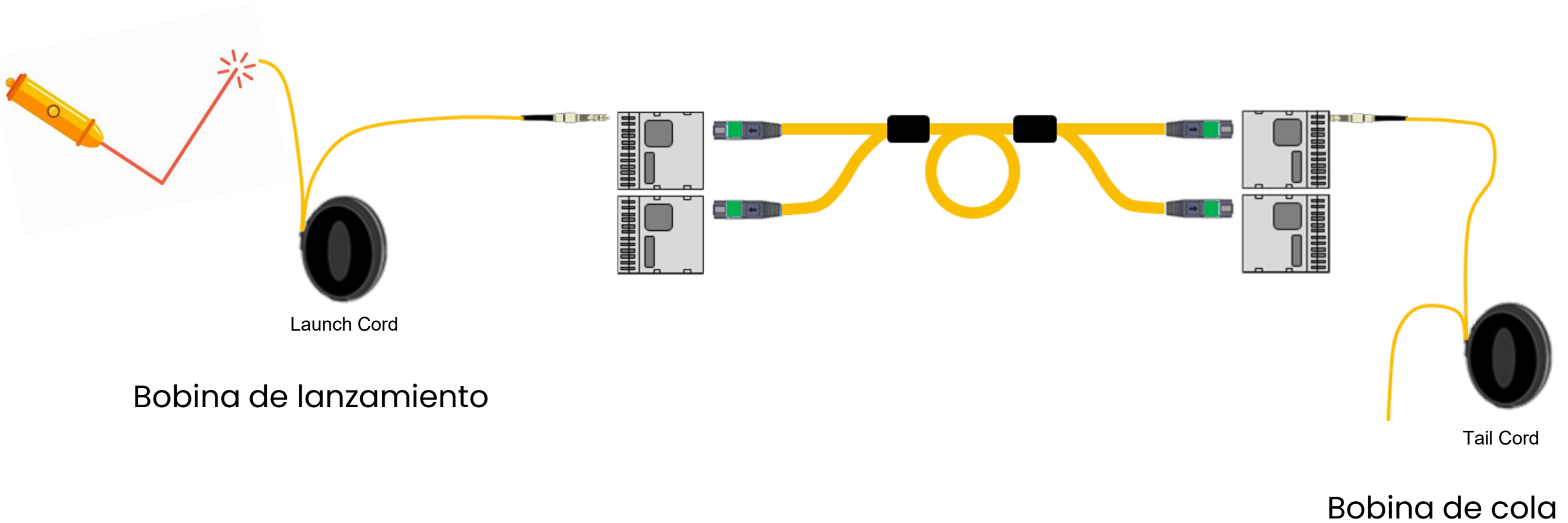
Mismo enlace probado

# ¿Por qué nos importa la Reflectancia?

**Alta reflectancia provoca aumento de errores en la tasa de bits enviados (Errores CRC) en la red.**



# Uso de bobinas de lanzamiento y finalización



# Conclusiones:

- ❖ **La infraestructura física define la disponibilidad real del Data Center**  
No basta con diseño lógico o redundancia eléctrica, la confiabilidad comienza en el cableado certificado bajo estándar.
- ❖ **Cumplir el estándar no es opcional en entornos críticos**  
TIA-942, TIA-568 e ISO/IEC 11801 establecen los criterios mínimos para garantizar desempeño y aceptación de enlaces.
- ❖ **En fibra óptica, medir no es suficiente: hay que medir correctamente**  
OLTS valida el desempeño del enlace completo;  
OTDR permite analizar eventos y diagnosticar fallas.  
Ambos cumplen funciones complementarias, no reemplazables.
- ❖ **La limpieza de conectores no es una buena práctica, es un requisito operativo**  
La mayoría de fallas en fibra están asociadas a contaminación, no a defectos del cable.
- ❖ **En un Data Center, la certificación reduce riesgo antes de que aparezca la falla**  
Las pruebas no se realizan para “ver si funciona”, sino para garantizar continuidad, escalabilidad y resiliencia.



**PREGUNTAS????**



# ¡Gracias por su tiempo!

**David Mena Zúñiga**

**[David.Mena@elvatron.com](mailto:David.Mena@elvatron.com)**

**Cel: +506 8327-5688**