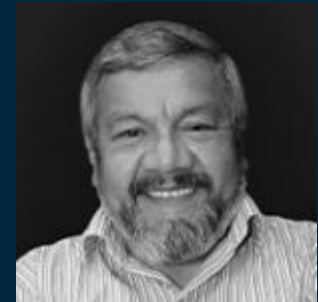


Tecnologías y Roadmap Ethernet

Luis Andrade
Gerente General
Fibermax



TENDENCIAS Y ROADMAP ETHERNET

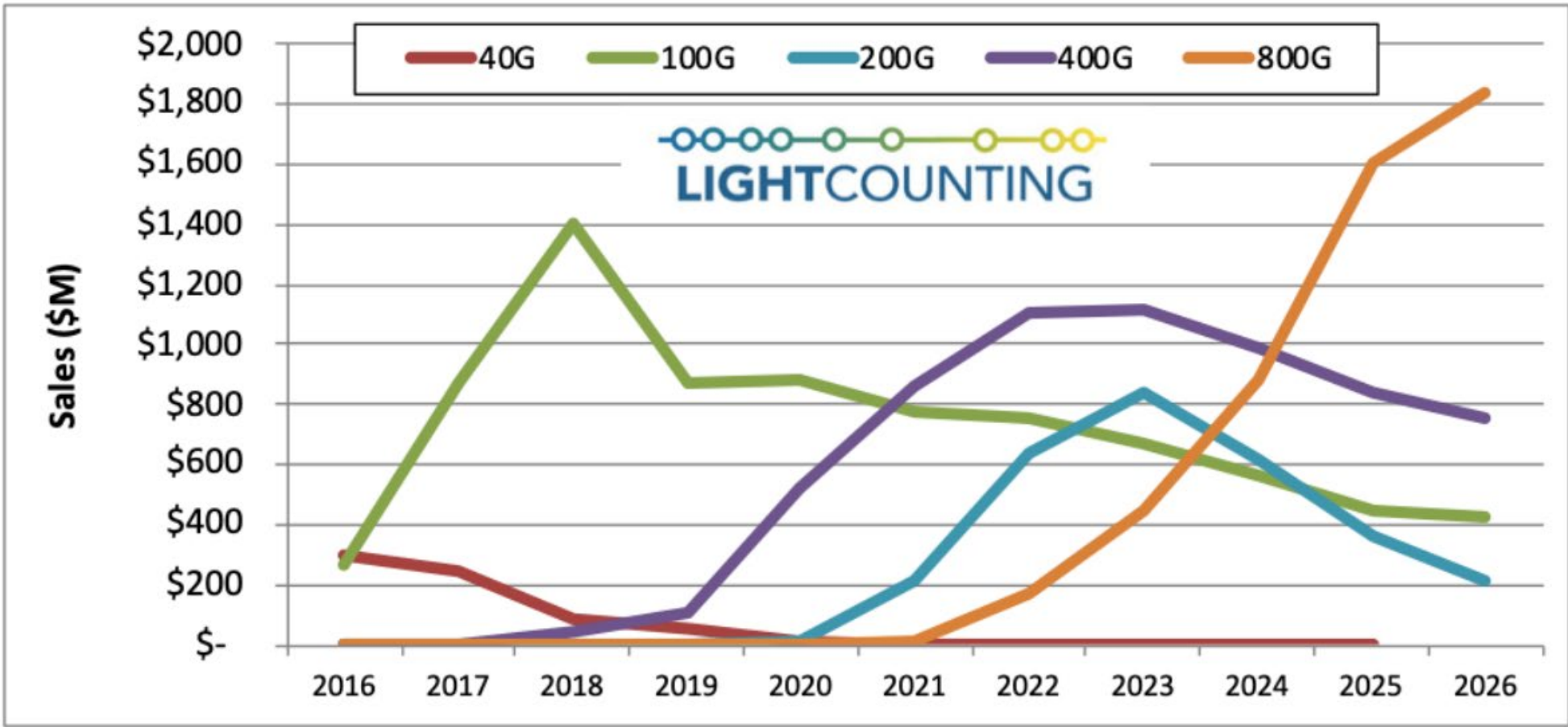


AGENDA

- **Tendencias actuales**
- **Roadmap Ethernet**
- **Co-Packaged Optics (CPO)**
- **Las fibras ópticas**

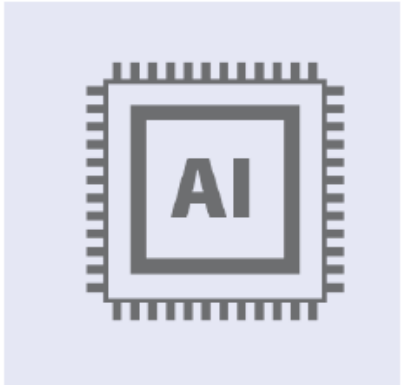
Adopción de los 400G y 800G

Figure: Sales of Ethernet Transceivers to the Top 5 Cloud Companies



Tendencias actuales

Drivers para el crecimiento del mercado



AI



LLM/ Artificial Intelligence



HPC



High Performance Computing



ML



Machine Learning



Hyperscale



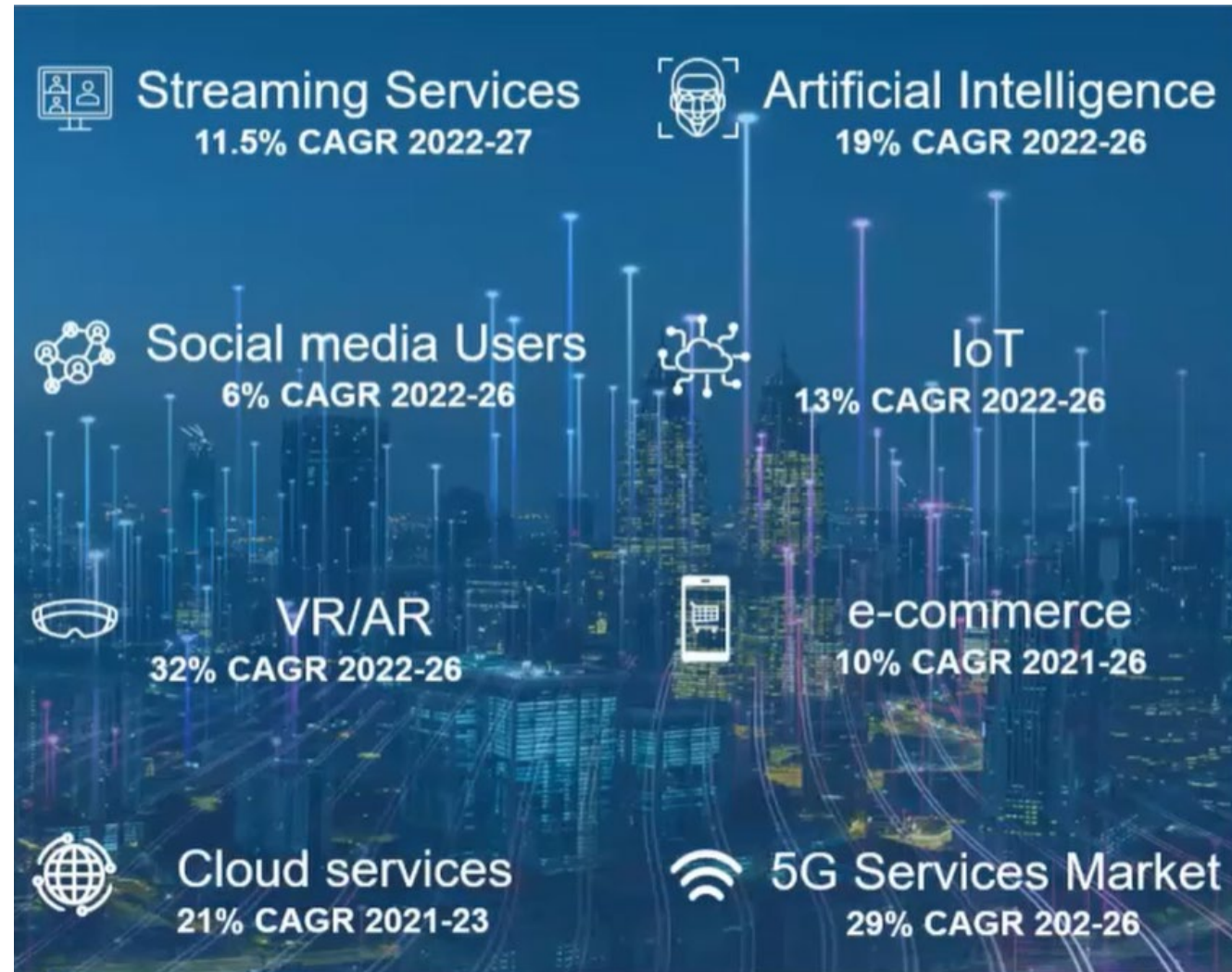
Data Centers

Tendencias actuales

Infraestructura de Red y Cómputo demandan crecimiento por:

- Comunicaciones móviles (5G+)
- Trabajo remoto, educación, entretenimiento (Metaverso)
- Entrenamiento AI (coches autónomos)

Redes de datos consumen entre 1% y 1.5% de la electricidad global



CAGR: tasa de crecimiento anual compuesto

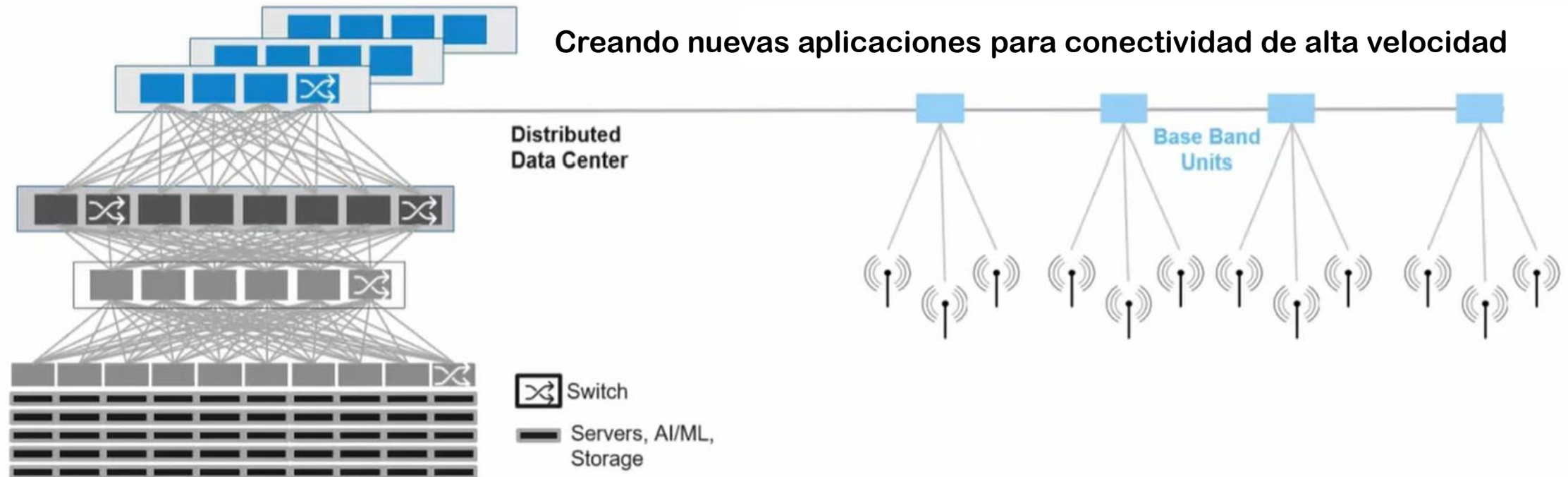
Tendencias actuales

Dentro del Data Center

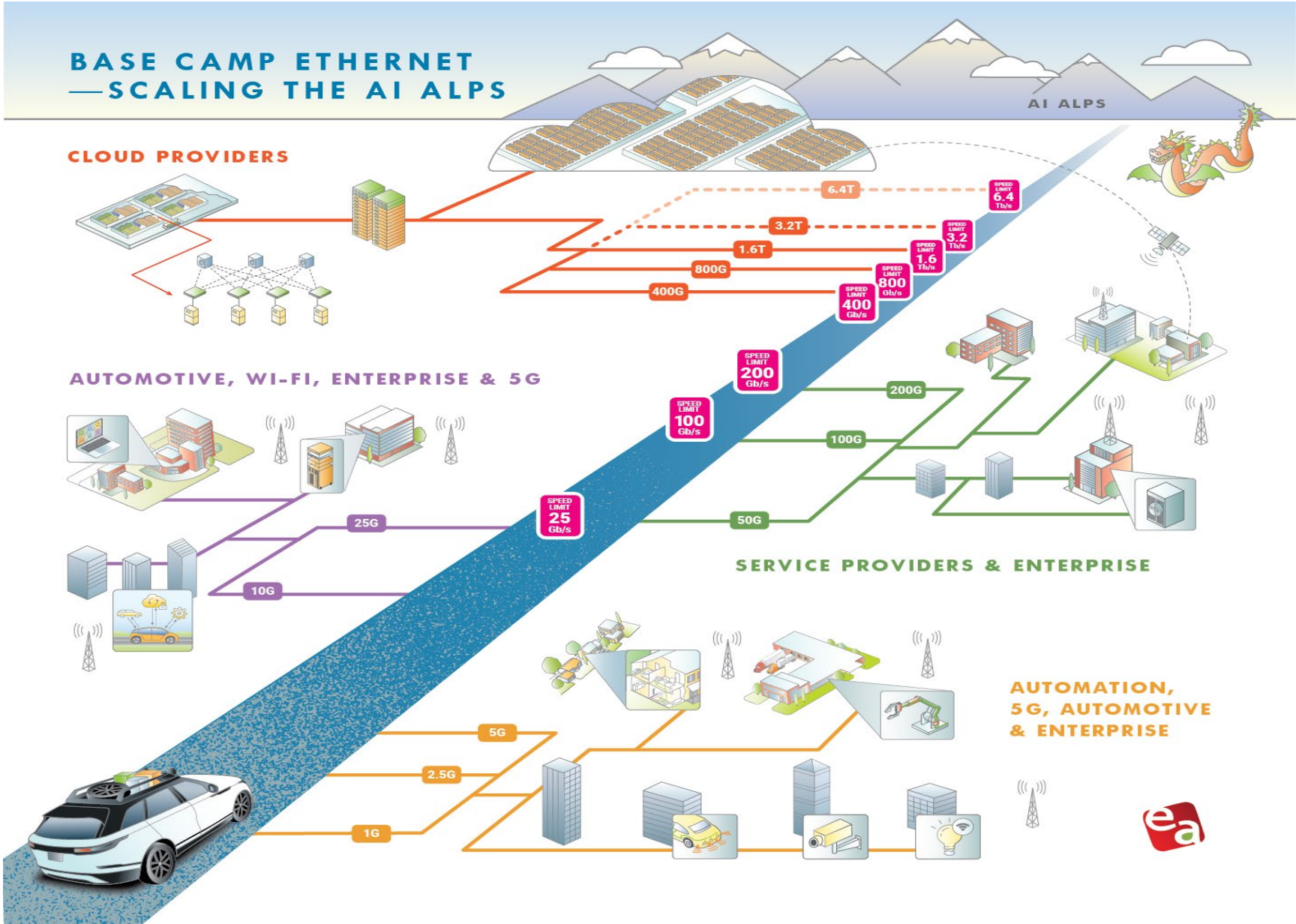
- Hasta un 76% del tráfico Internet atraviesa internamente dentro de los Data Centers

.... Y en el Edge (5G es el mayor impactante)

- Ubicando aplicaciones específicas de cómputo cerca a las fuentes de datos

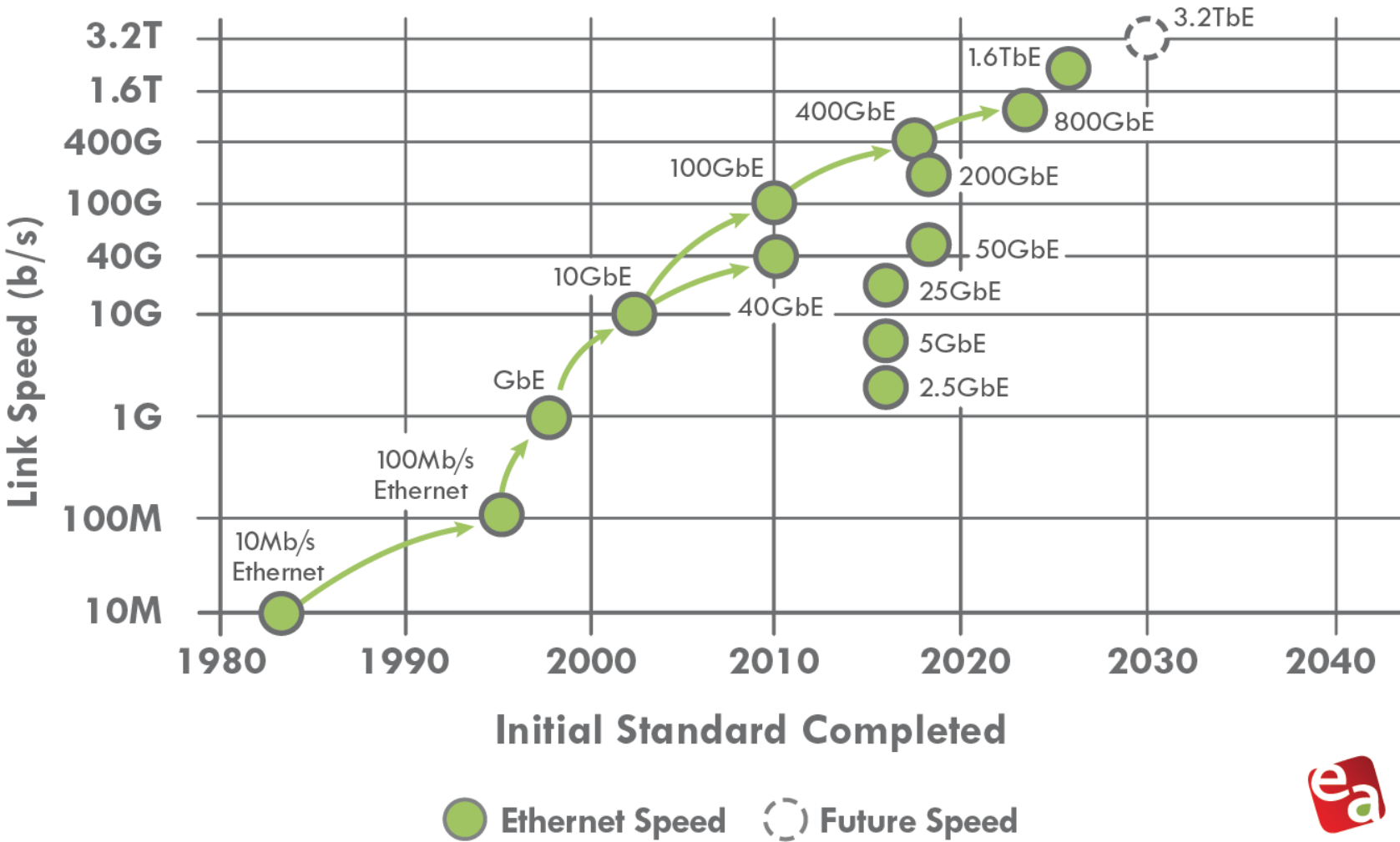


Ethernet Alliance Roadmap 2026

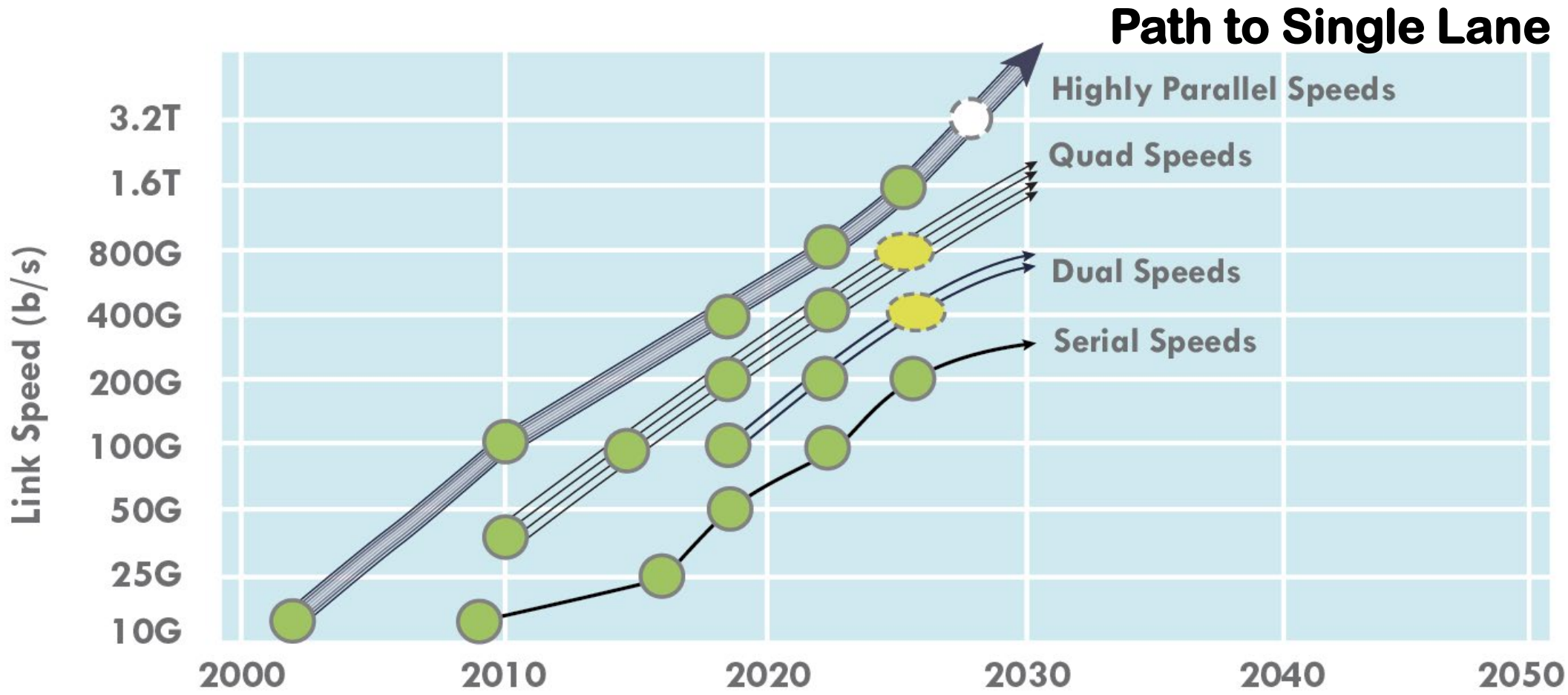


Ethernet Alliance Roadmap 2026

Ethernet Speeds



Ethernet Alliance Roadmap 2026



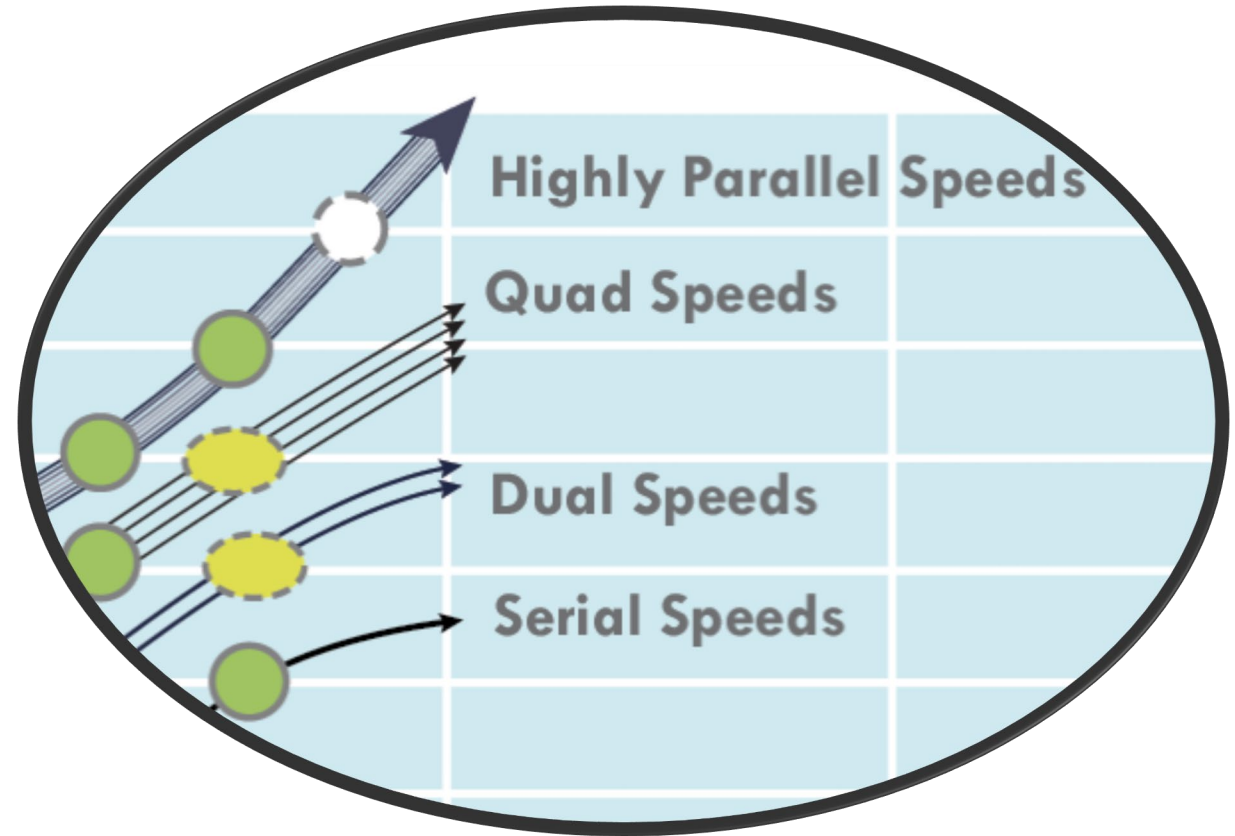
Ethernet Speed
 Speed in Development
 Future Speed



Ethernet Alliance Roadmap 2026

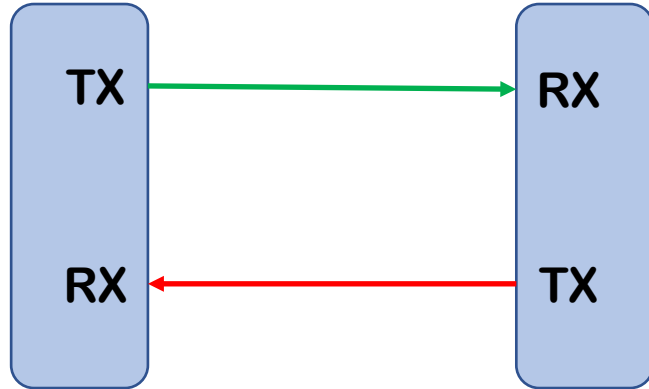
Path to Single Lane

**Todos los
desarrollos
apuntan a fibras
ópticas Dual,
Quad y
Multifibras
paralelas**

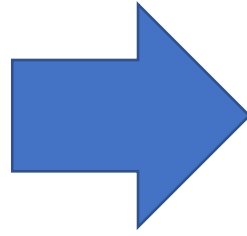


La ruta tecnológica óptica

1G, 10G,
25G, 40G,
50G



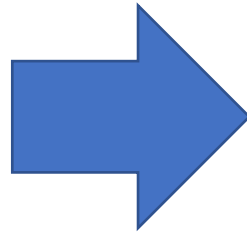
LO TRADICIONAL:
UN SOLO CANAL DE
TRANSMISIÓN SERIAL DUPLEX



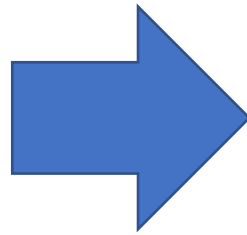
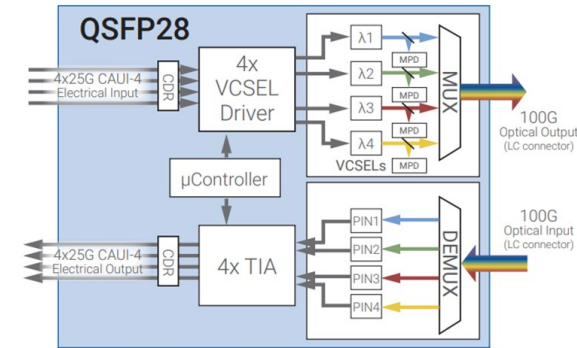
FIBRAS
PARALELAS



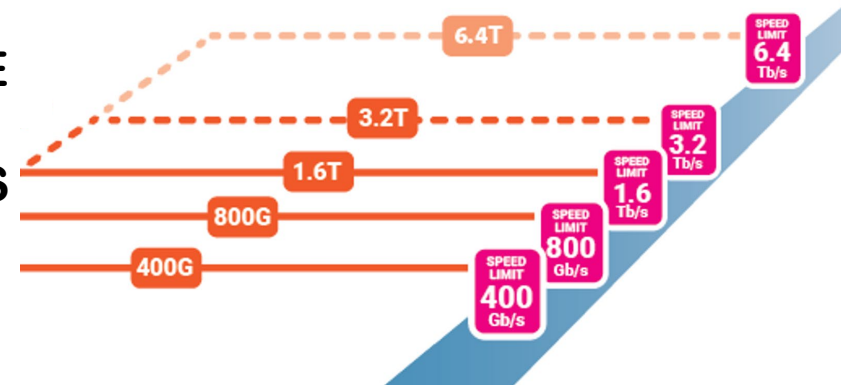
100G, 200G, 400G, 800G, 1.6T, 3.2T



WDM
MULTIPLEXAJE
ÓPTICO



MULTIPLEXAJE
ÓPTICO
SOBRE FIBRAS
PARALELAS

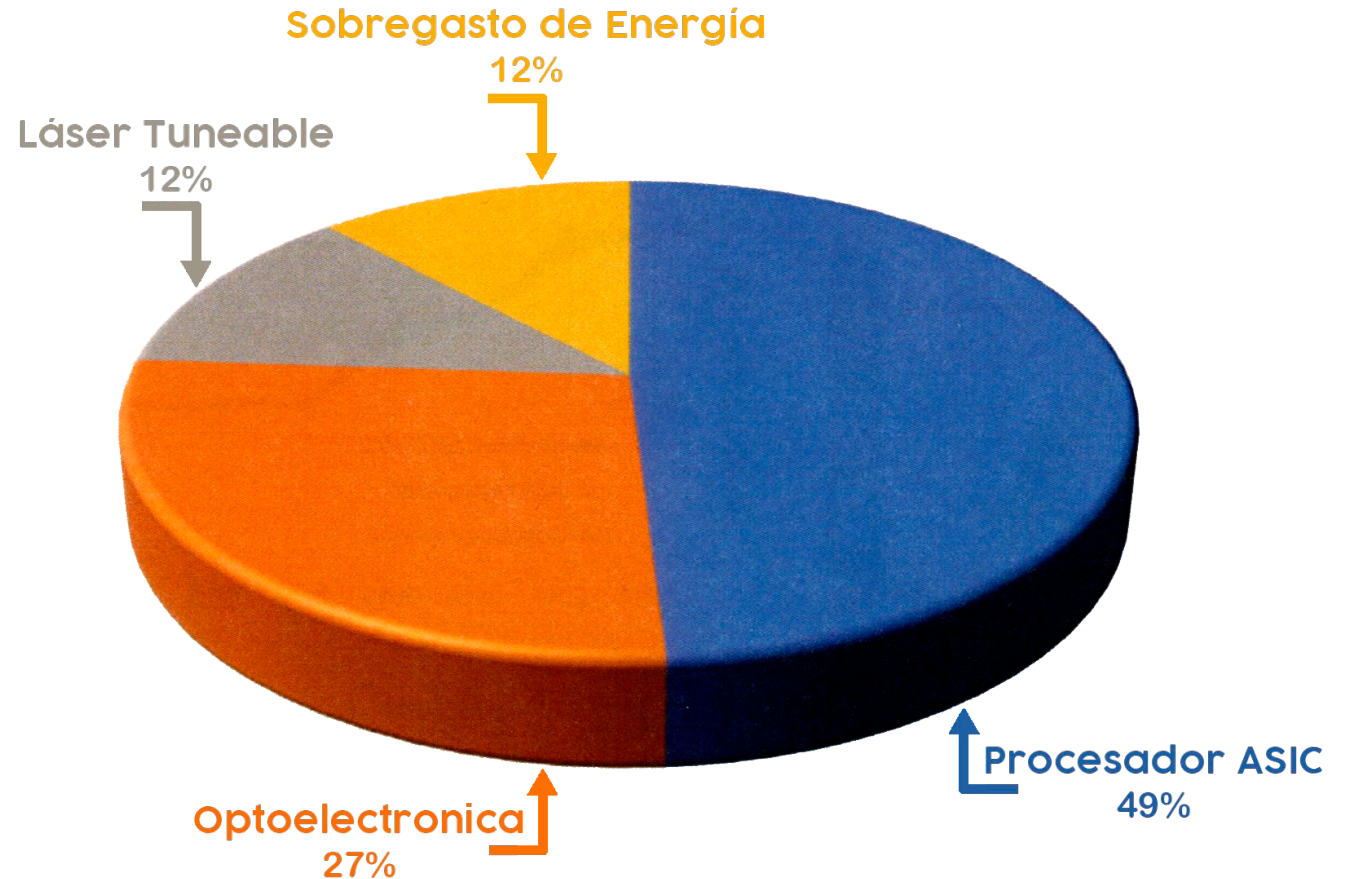


TRANSCEIVERS: El reto tecnológico

Consumo de Energía del Transceiver

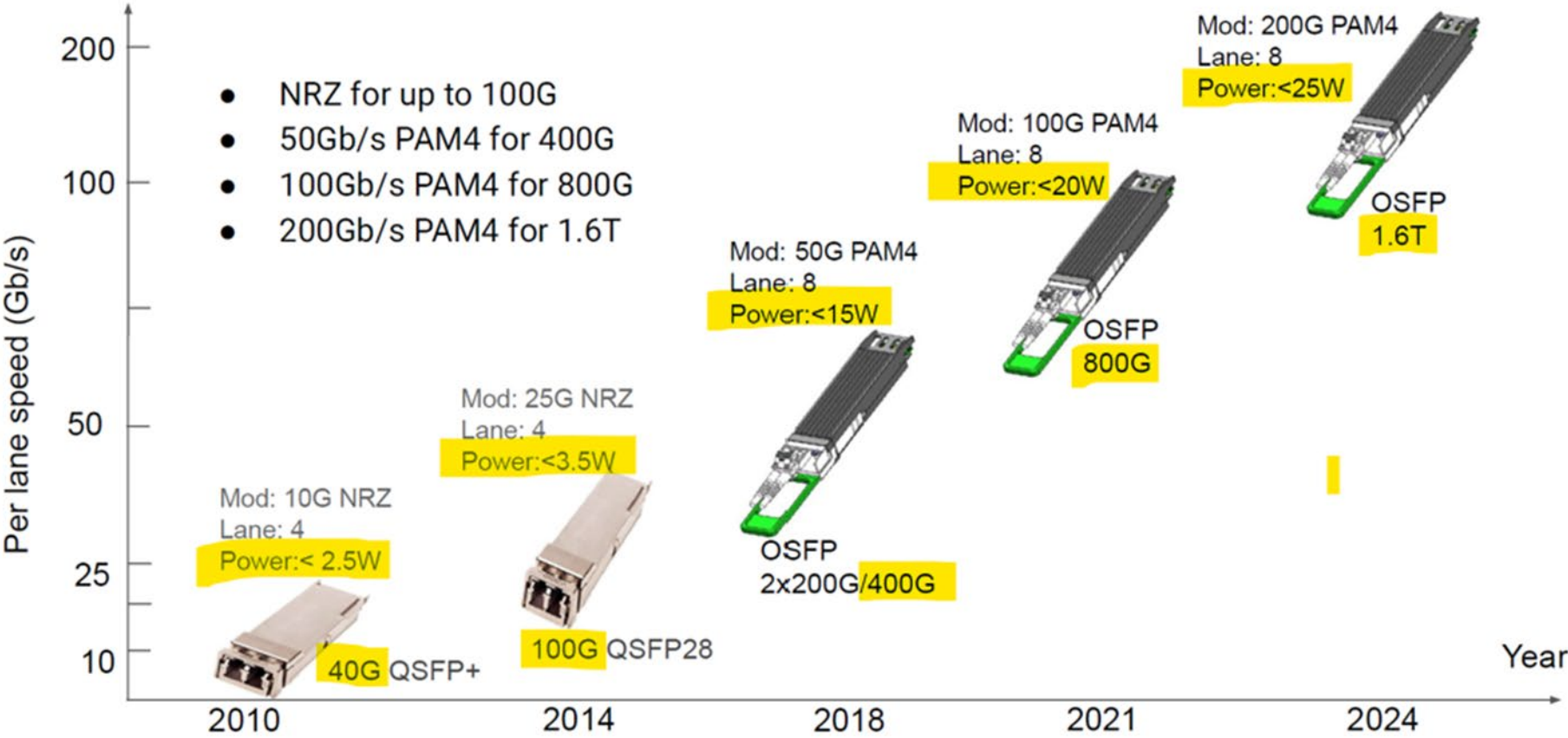
Es el reto mas desafiante de diseño.

- Consumo Objetivo : 15W
 - Actualmente están entre 16 y 17W
 - Casi 50% (8W) lo consume el procesador ASIC
 - ~2W los usa el laser
 - ~4.5W consume la opto electrónica



TRANSCEIVERS: El reto tecnológico

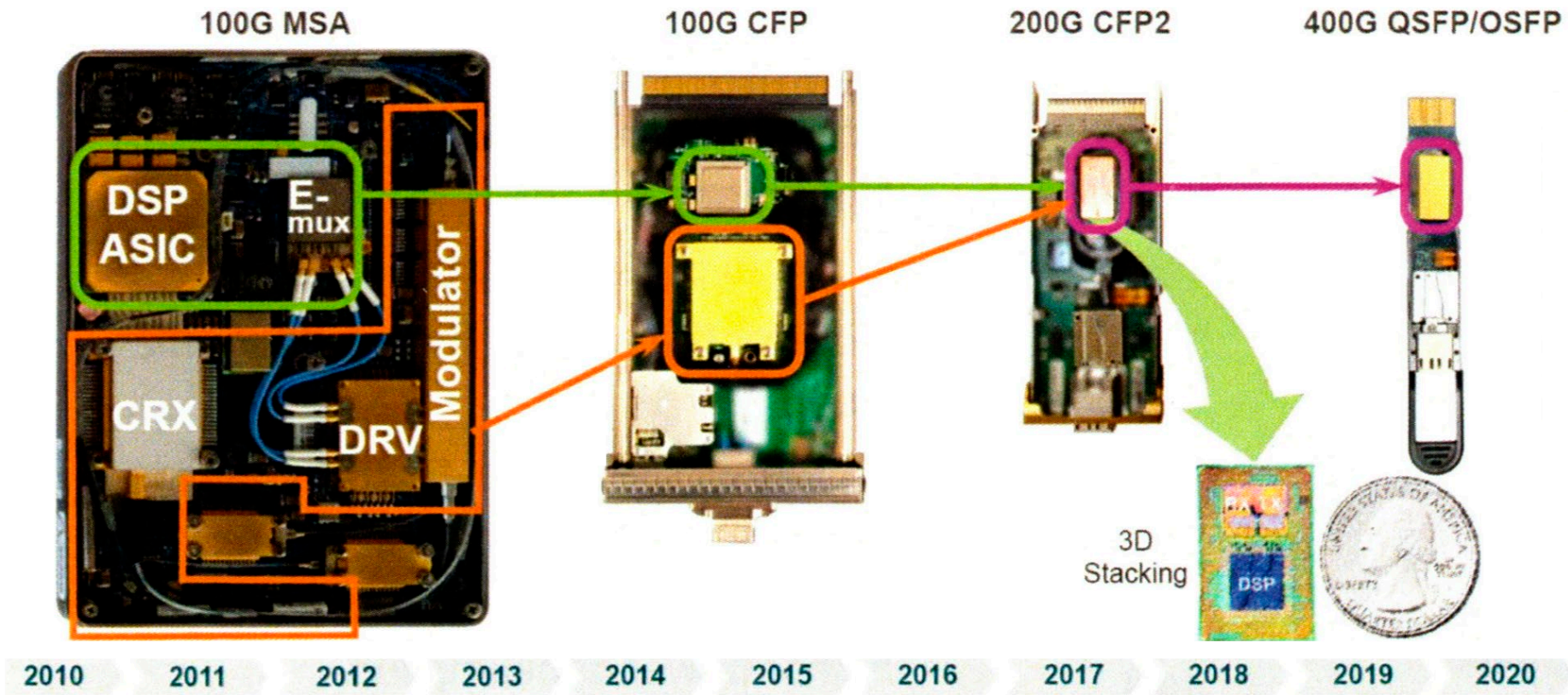
Consumo de Energía del Transceiver



TRANSCEIVERS: El reto tecnológico

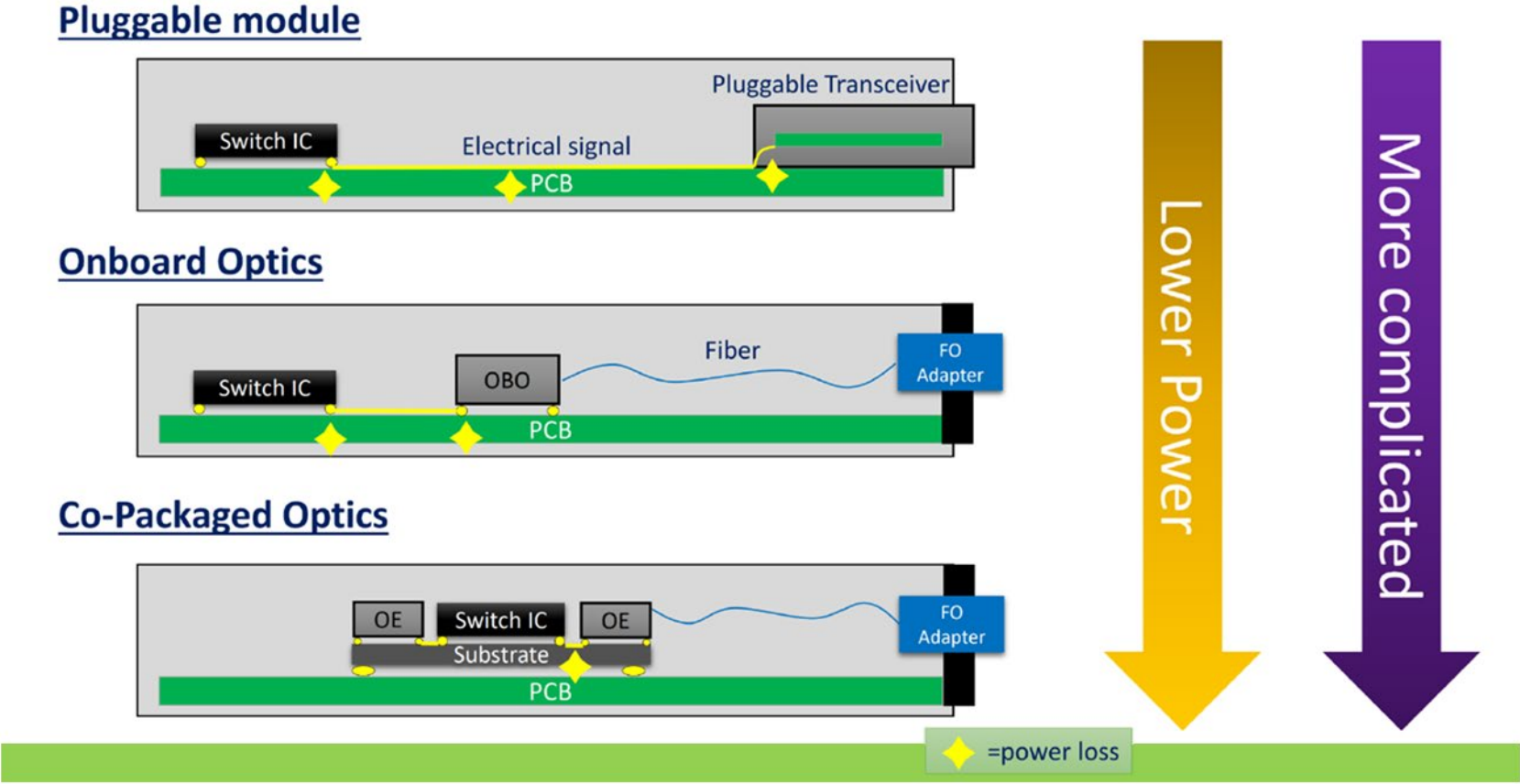
La Integración Óptica

La larga ruta hacia un coherente DWDM en un tranciever QSFP-DD

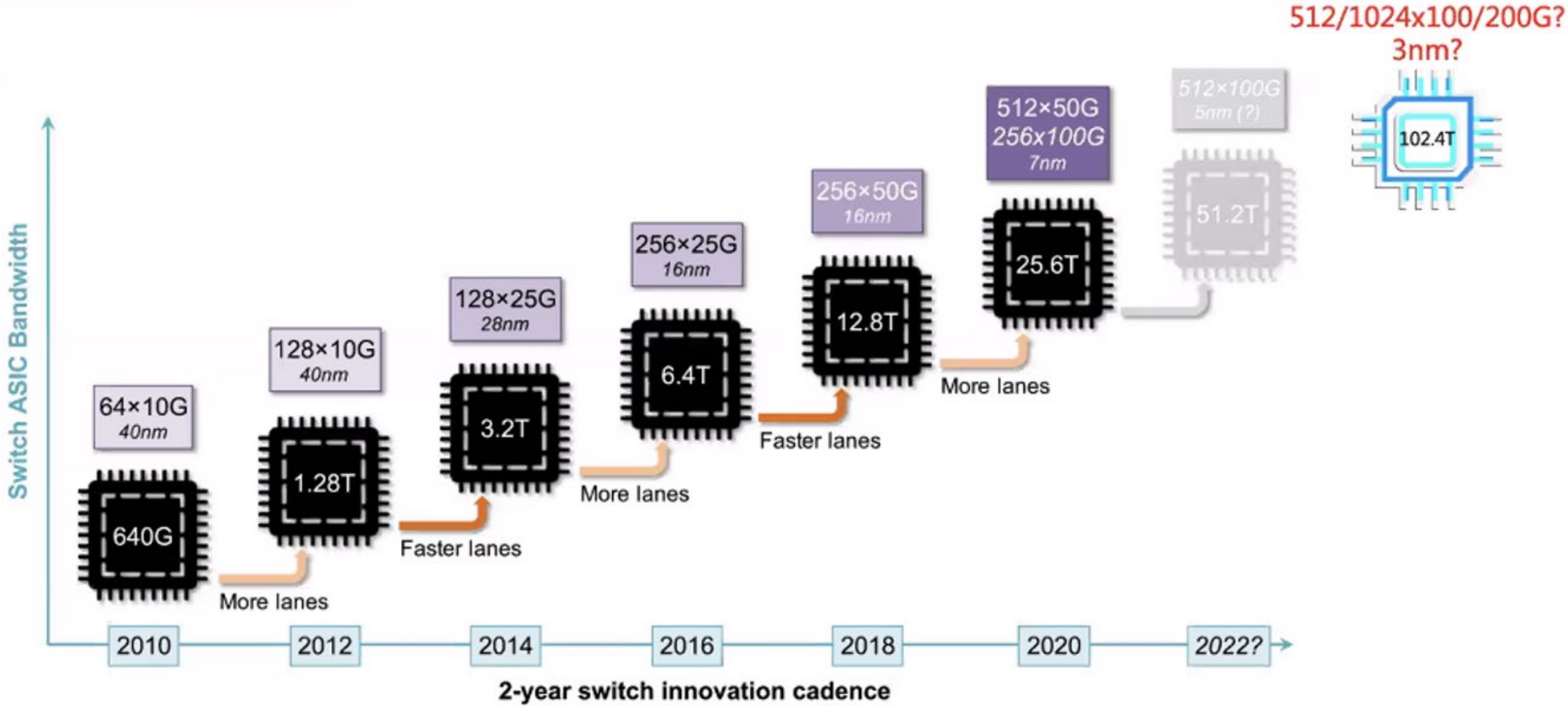


TRANSCEIVERS: El reto tecnológico

CPO: CO-PACKAGED OPTICS



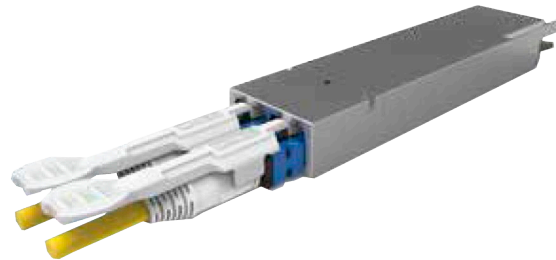
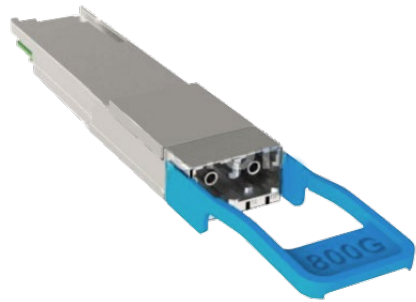
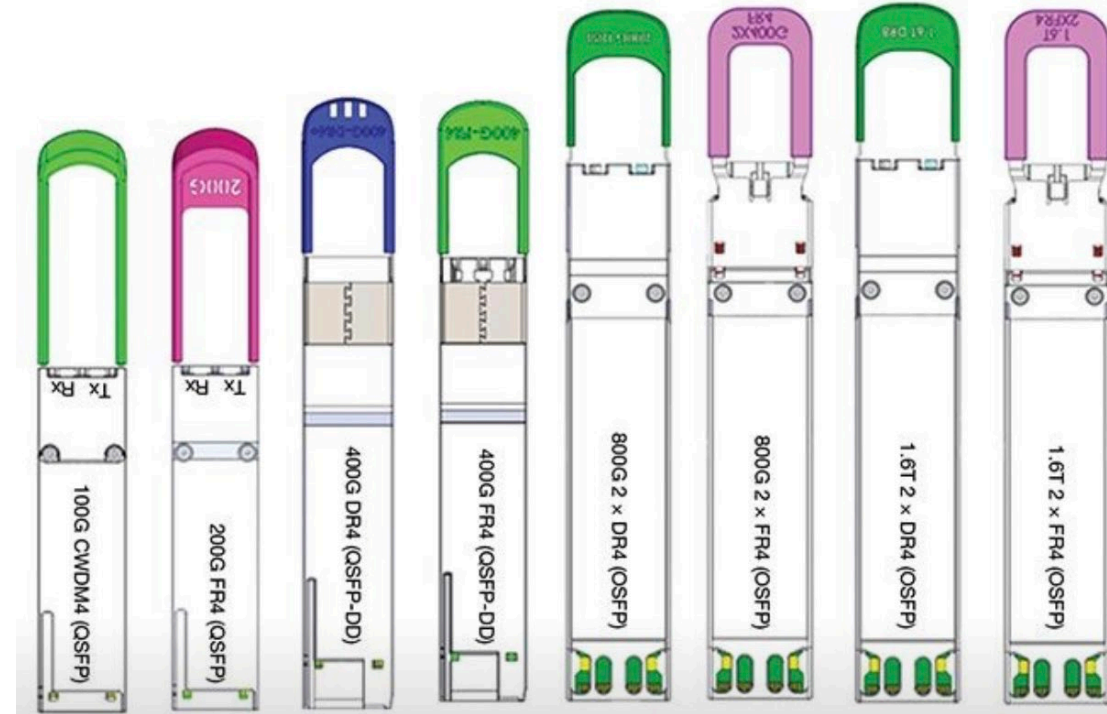
Evolución del Procesador ASIC



Fuente: Broadcom press releases; Cyriel Minkenberg

Por qué 400G, 800G, 1.6T?

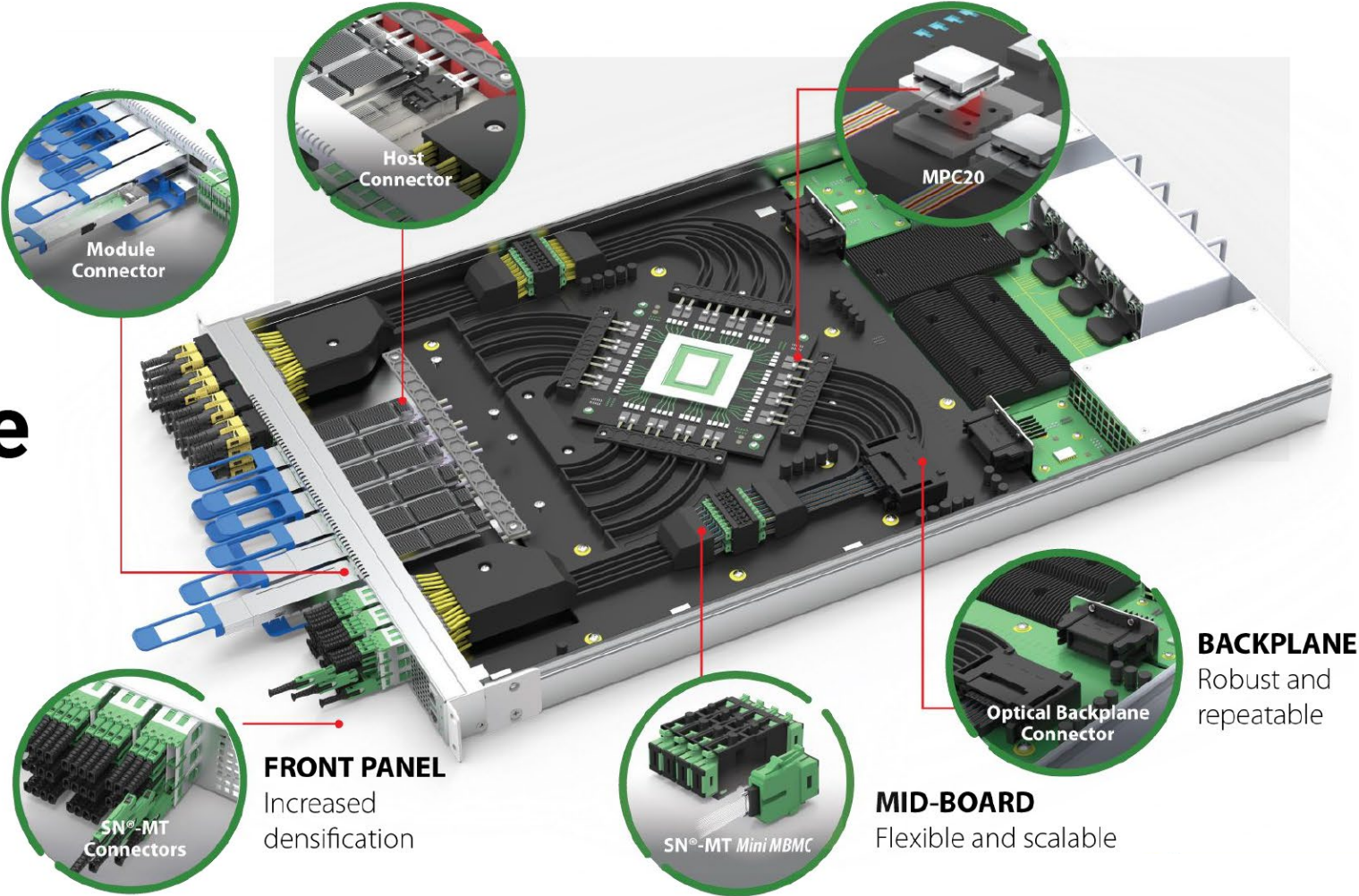
- Interconectar DC de borde con el DC central
- Atender a más usuarios – menor costo por datos
- Menor costo por Energía
- Reducir Latencia
- Mayor densidad por UR



La solución completa CPO

The Complete CPO Solution

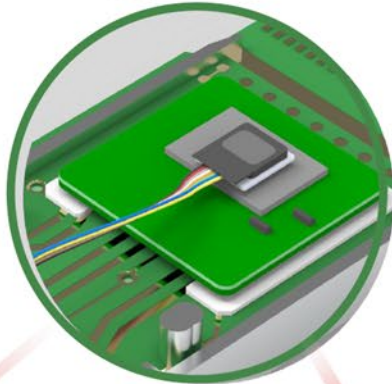
On-Board Interconnect



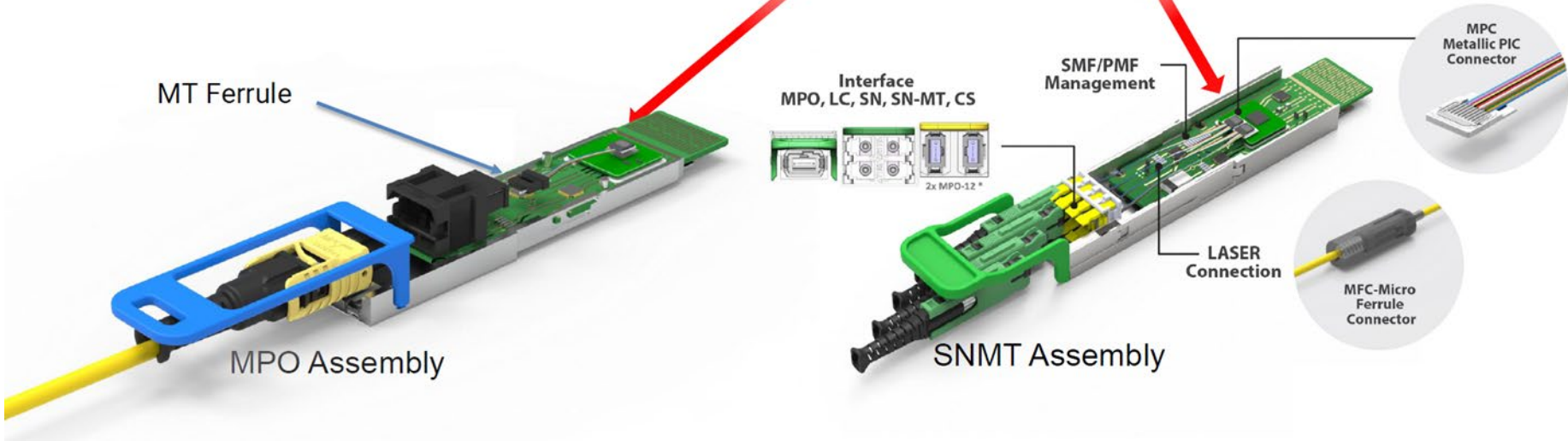
La solución completa CPO

Transceivers: Total Integrated Solution

- MT-MPO Adapter
- VSSF + Std. Interfaces
- Low Profile MPO
- MPC-MT Assembly
- MFC – Micro-ferrule Connector

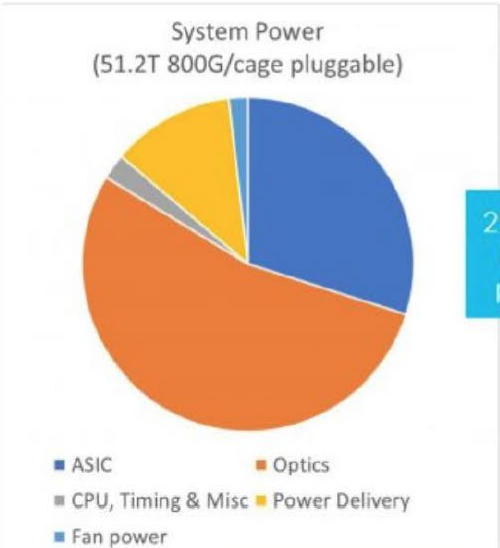


Non-Detachable (permanent)
MPC PIC Connector
-coupling light directly to the chip

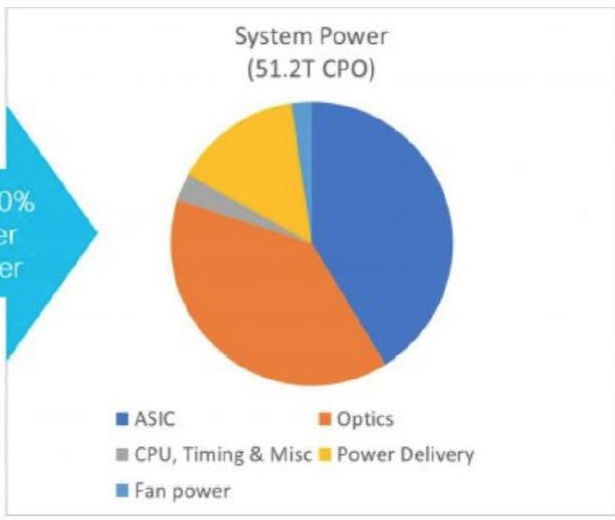


La solución completa CPO

WHY CPO



25-30% lower power



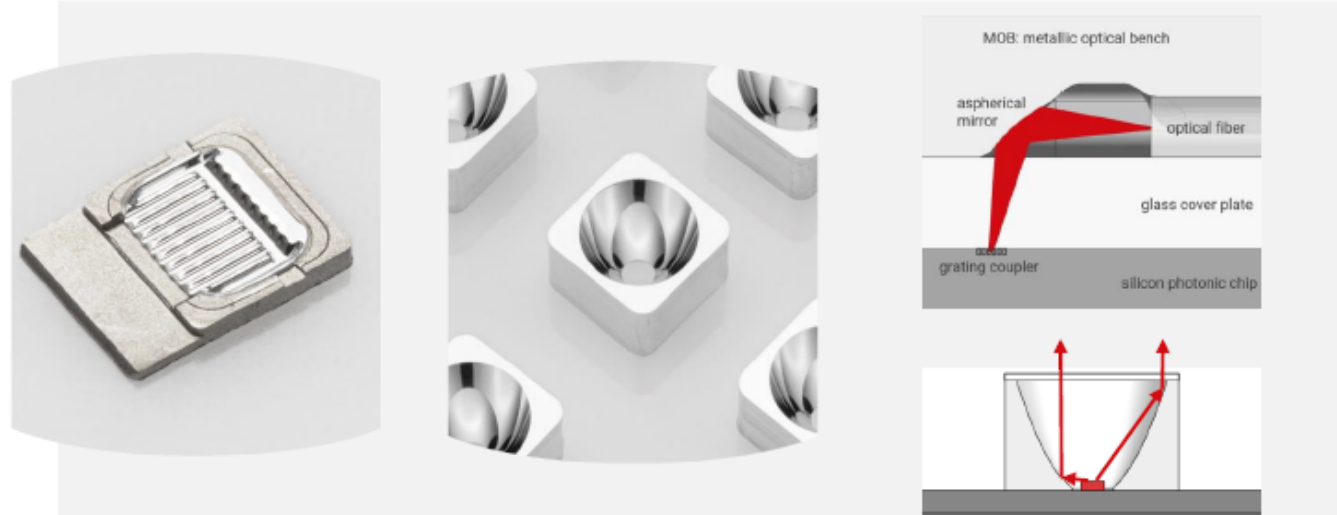
POWER SAVINGS

4 x 800G Pluggables Replaced By 1 x 3.2Tb Silicon Chiplet

La solución completa CPO

High Precision Technology

Metal stamping



Metal Properties

- Laser weldable
- Solderable
- Plateable
- Ridged and rugged
- Thermally conductive

Reflective Optics

- Beam shaping
- Redirecting beams
- Expanding beams
- Linear arrays of mirrors

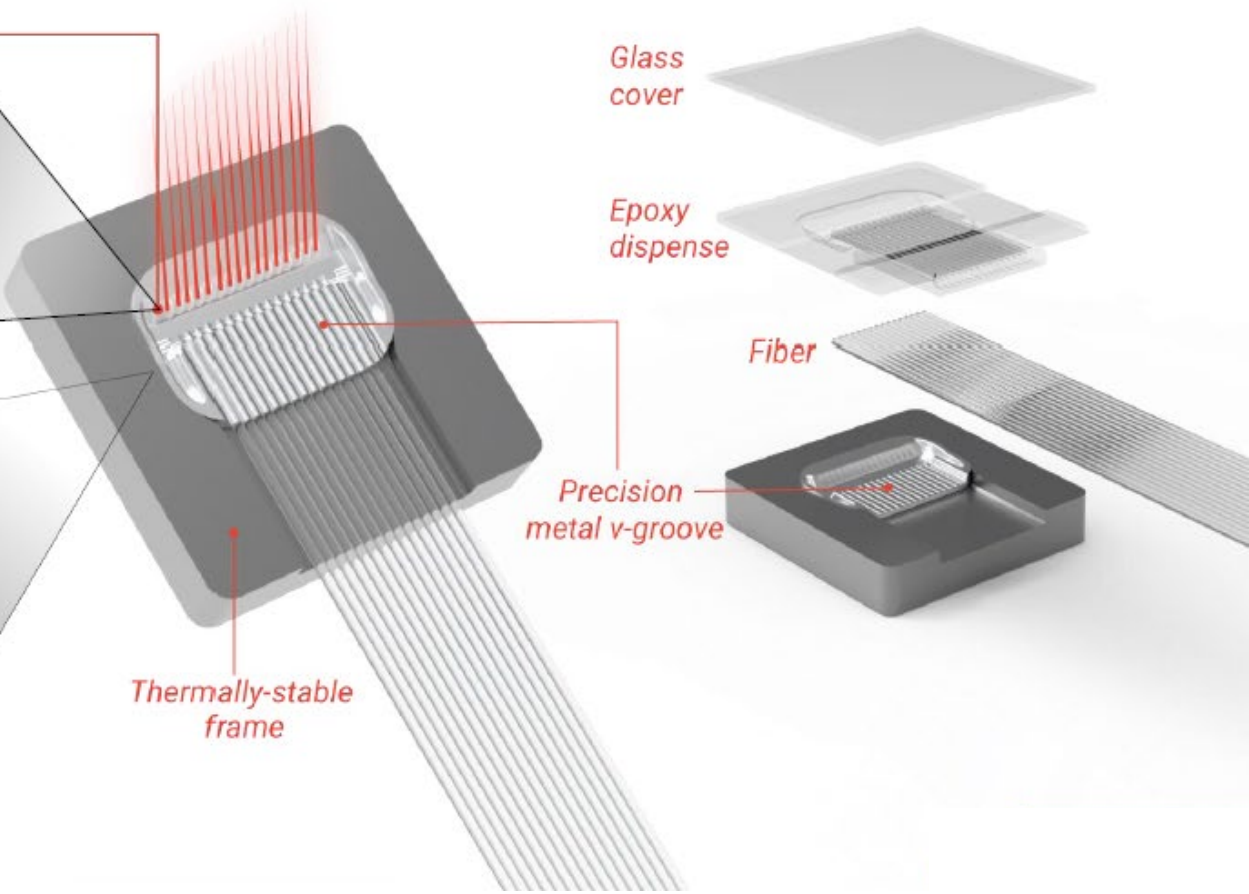
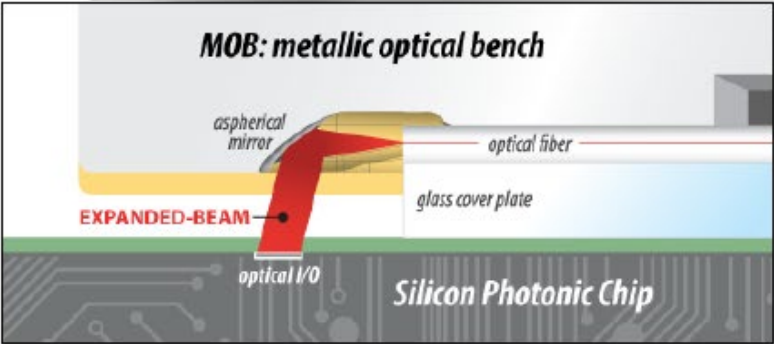
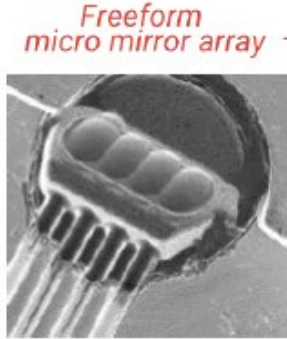
Various Applications

- Optical Networks
- AR/VR, LED, LIDAR

La solución completa CPO

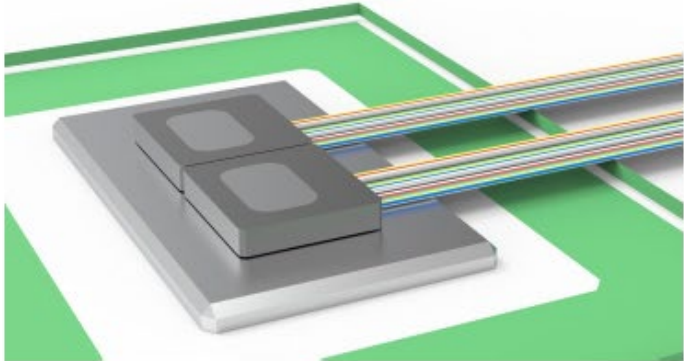
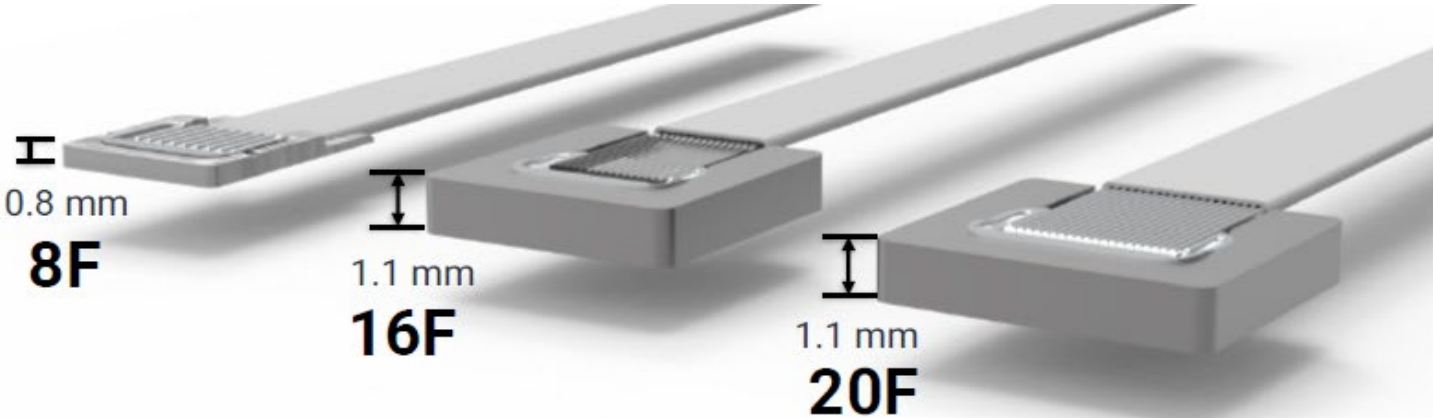
Metallic Pic Coupler

Light bending technology

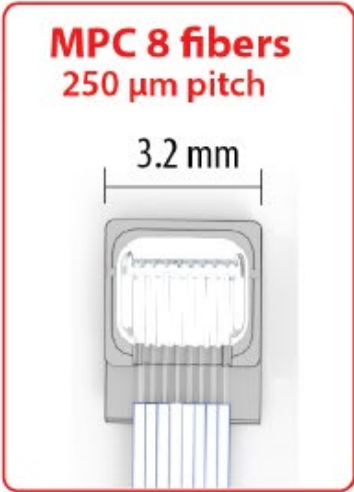


La solución completa CPO

Miniature Footprint



Modular Scalability



Shoreline density options

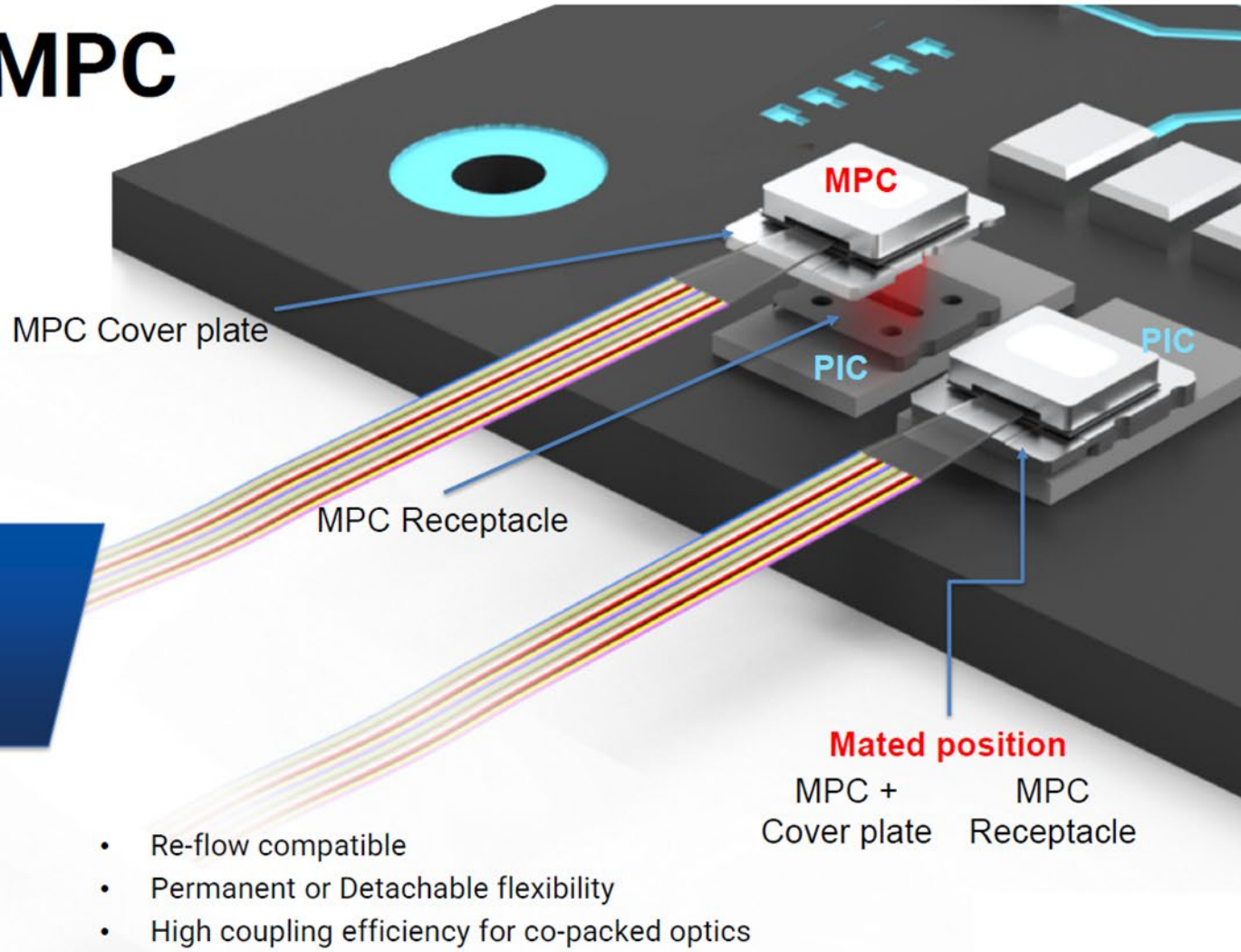
La solución completa CPO

Detachable MPC

For edge or surface coupling

HVM Optimized

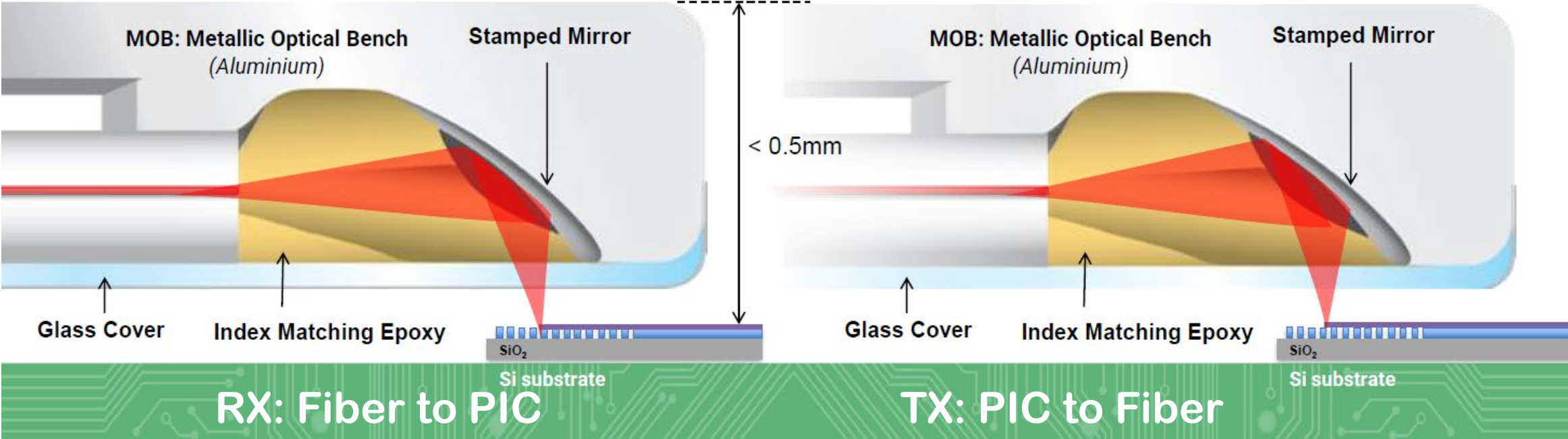
- Low profile
- Low CTE material
- Metal alignment feature
- No Foundry PDK alteration



La solución completa CPO

Advanced Solutions

Coupling of Optical Signal



RX: Fiber to PIC

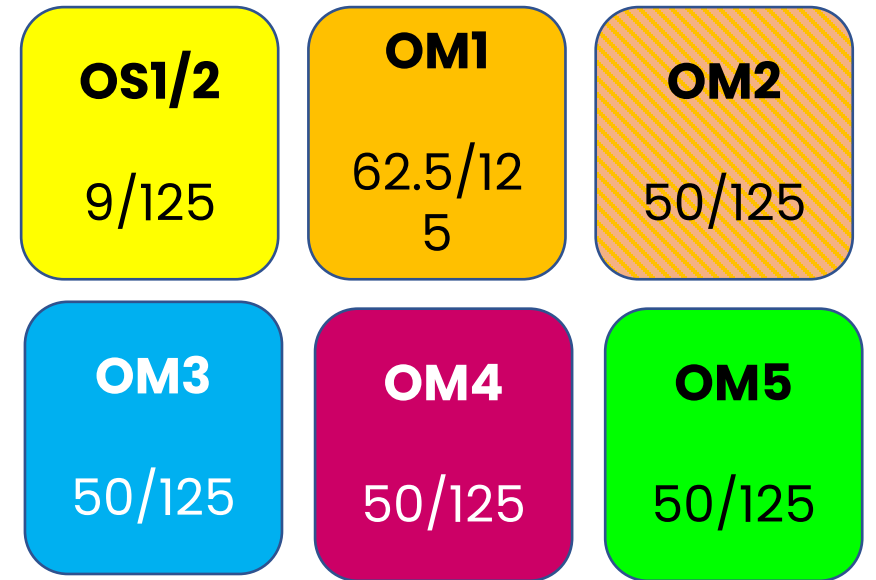
TX: PIC to Fiber

An aerial night view of a city with lights reflecting on water and a network of glowing nodes and lines overlaid on the scene.

Las Fibras Ópticas

Las Fibras ópticas y su evolución

- Primeras fibras : 50'
- 1970, la primera fibra : 17dB/Km >> 0.5dB/Km
- 1980, primer enlace de 978 Kms
- 1988, primera enlace transoceánico



	Type	Core / Cladding (um)	Fast Ethernet 100Mb	Gigabit GbE	10Gigabit 10GbE	40G SWDM4	100G SWDM4
Multimode	OM1	62.5 / 125	2km	275m	33m	-	-
	OM2	50 / 125	2km	550m	82m	-	-
	OM3	50 / 125	2km	800m	300m	240m	75m
	OM4	50 / 125	2km	1100m	550m	350m	100m
	OM5	50 / 125	2km	1100m	550m	440m	150m
Singlemode	OS1/OS2	9 / 125	40km	100km	40km	-	-

Las Fibras ópticas: Fabricación

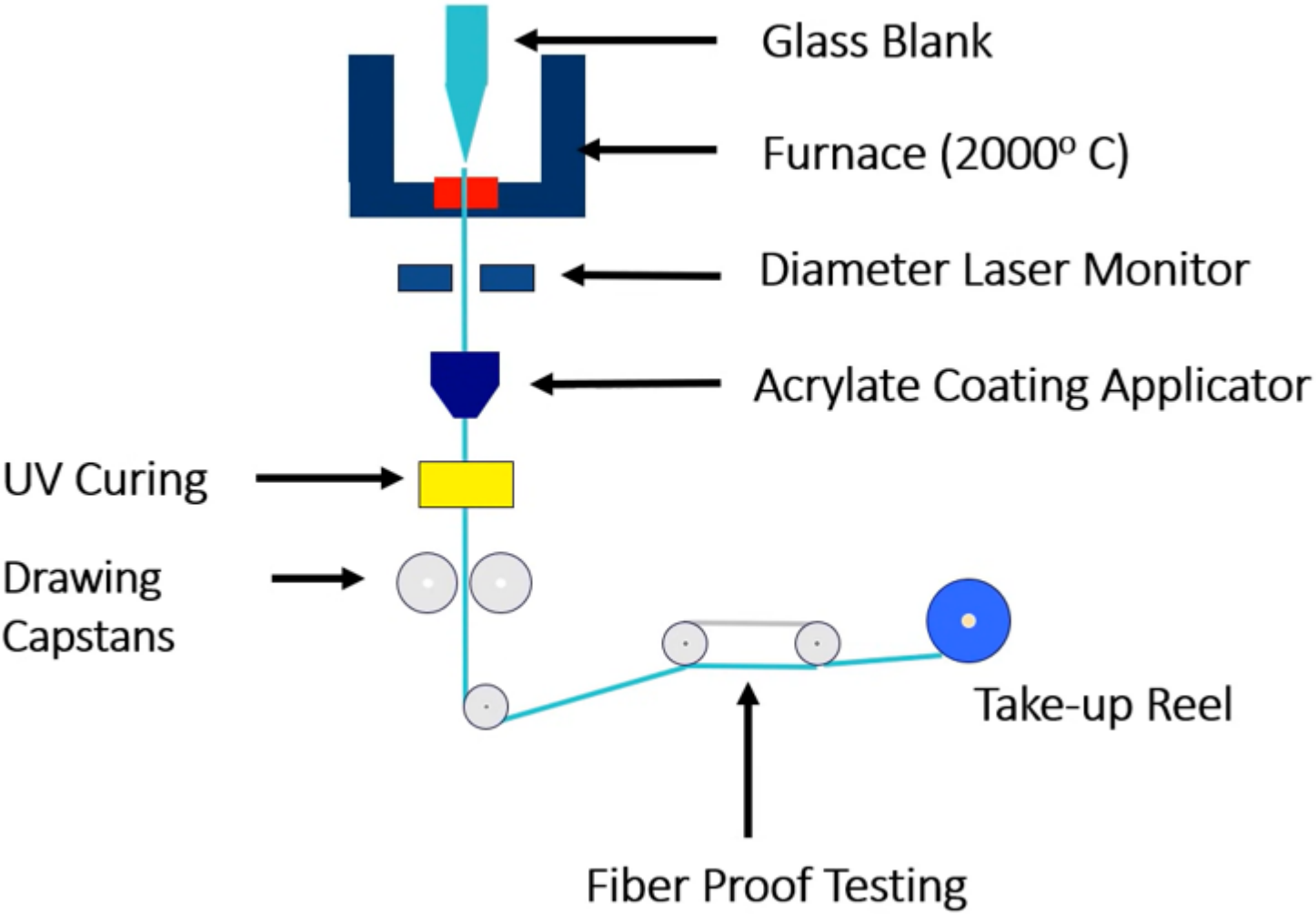
Técnicas de fabricación

- **MCVD** (Modified Chemical Vapor Deposition) - Corning & Bell Labs.
- **VAD** (Vapor Axial Deposition) - NTT
- **OVD** (Outside Vapor Deposition) - Corning
- **PCVD** (Plasma Chemical Vapor Deposition) - Phillips

**~ 8 Fabricantes del vidrio
(fibra óptica) en el mundo**



Las Fibras ópticas: Fabricación

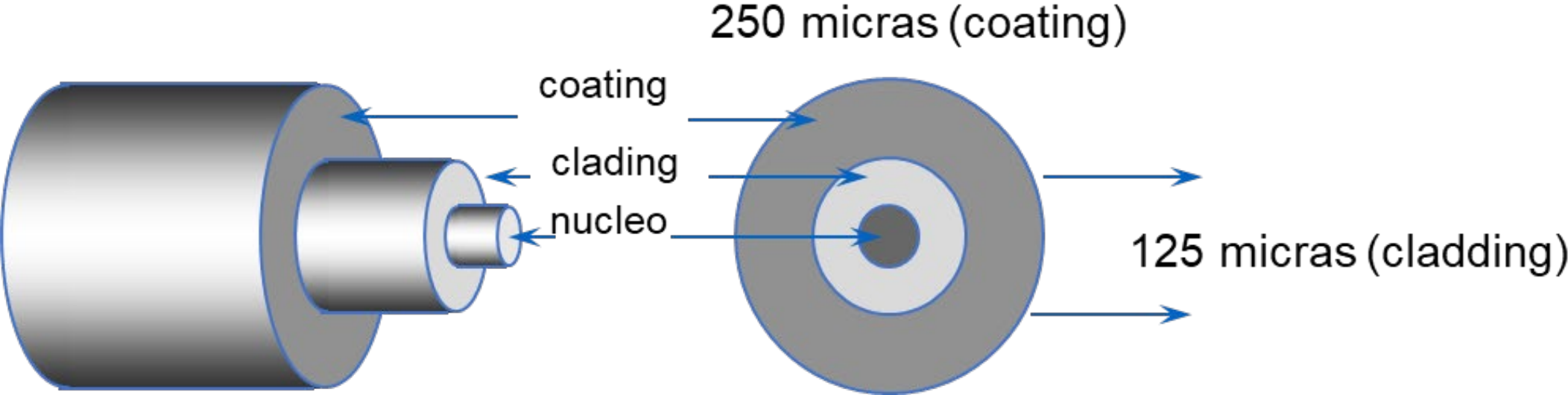


Las Fibras ópticas: El Cable

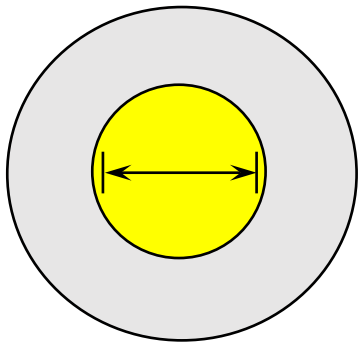
**Cientos o miles de
Fabricantes de cables de
fibra óptica en el mundo**



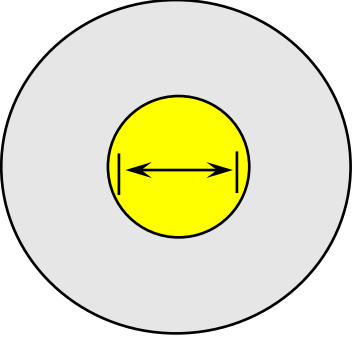
Las Fibras ópticas: La Geometría



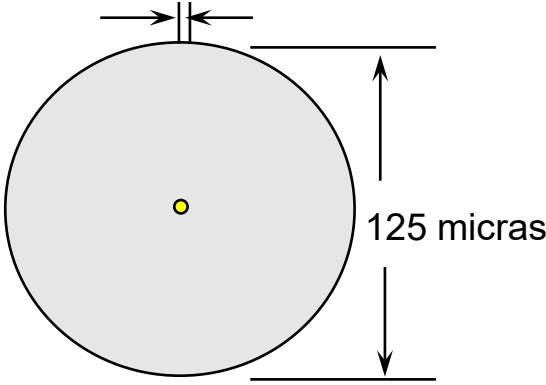
Diámetro del Núcleo



Multimodo
62.5 micras



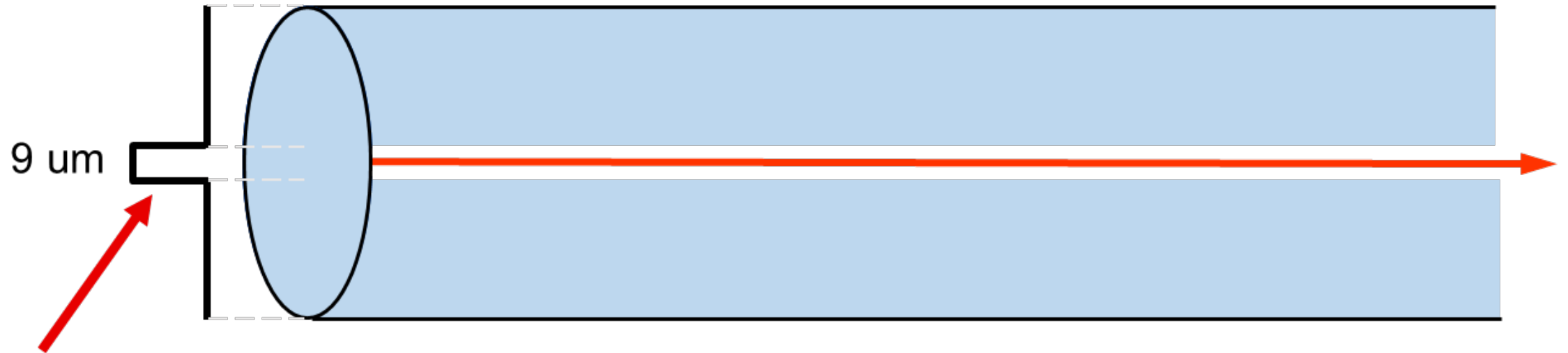
Multimodo
50 micras



Monomodo
8 a 9 micras

Las Fibras ópticas: Monomodo

Monomodo: Un único camino propaga la luz por el núcleo

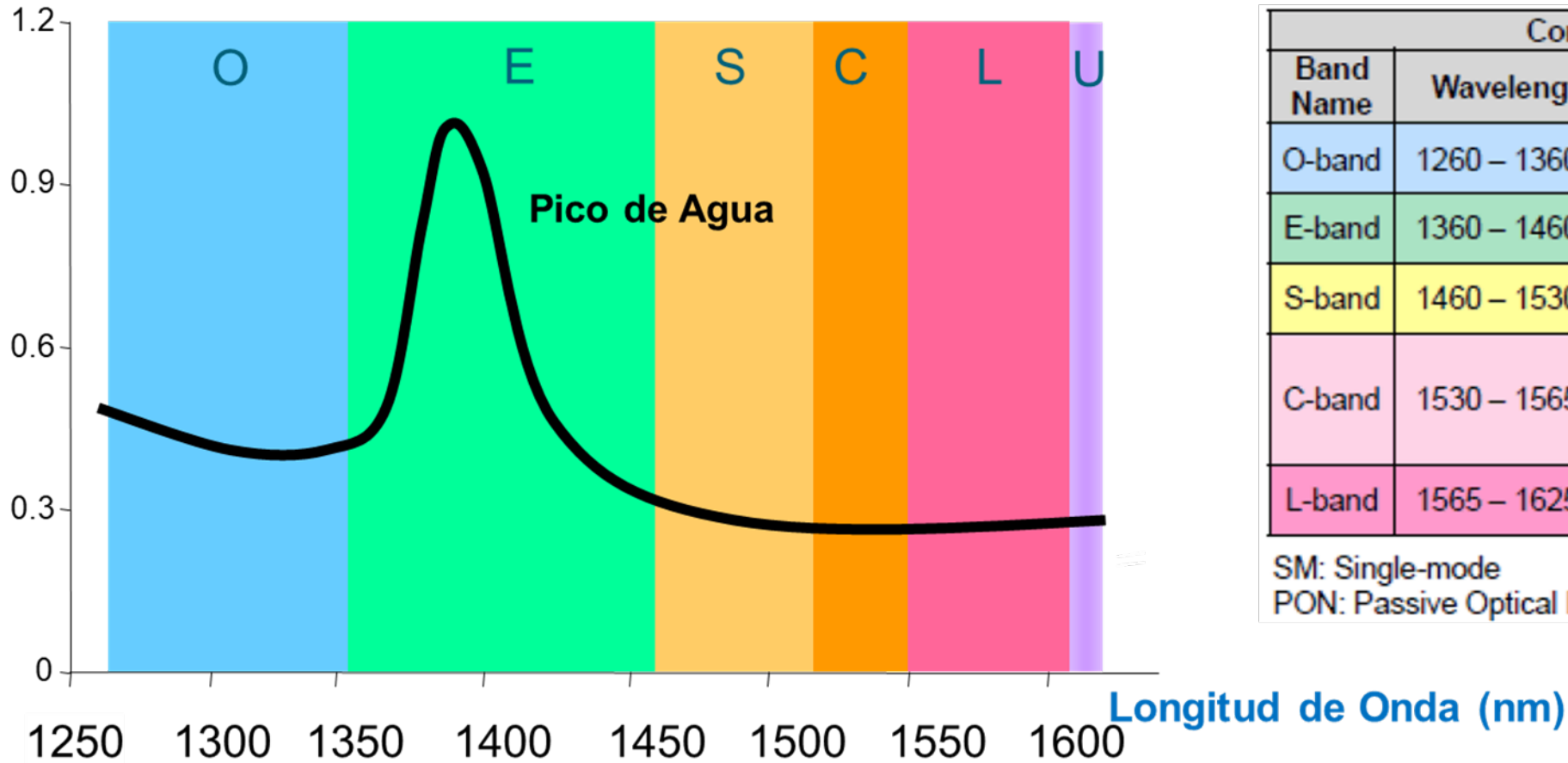


Perfil del índice de Refracción

Las Fibras ópticas: Monomodo

Las bandas ópticas

Atenuación (dB-Km)

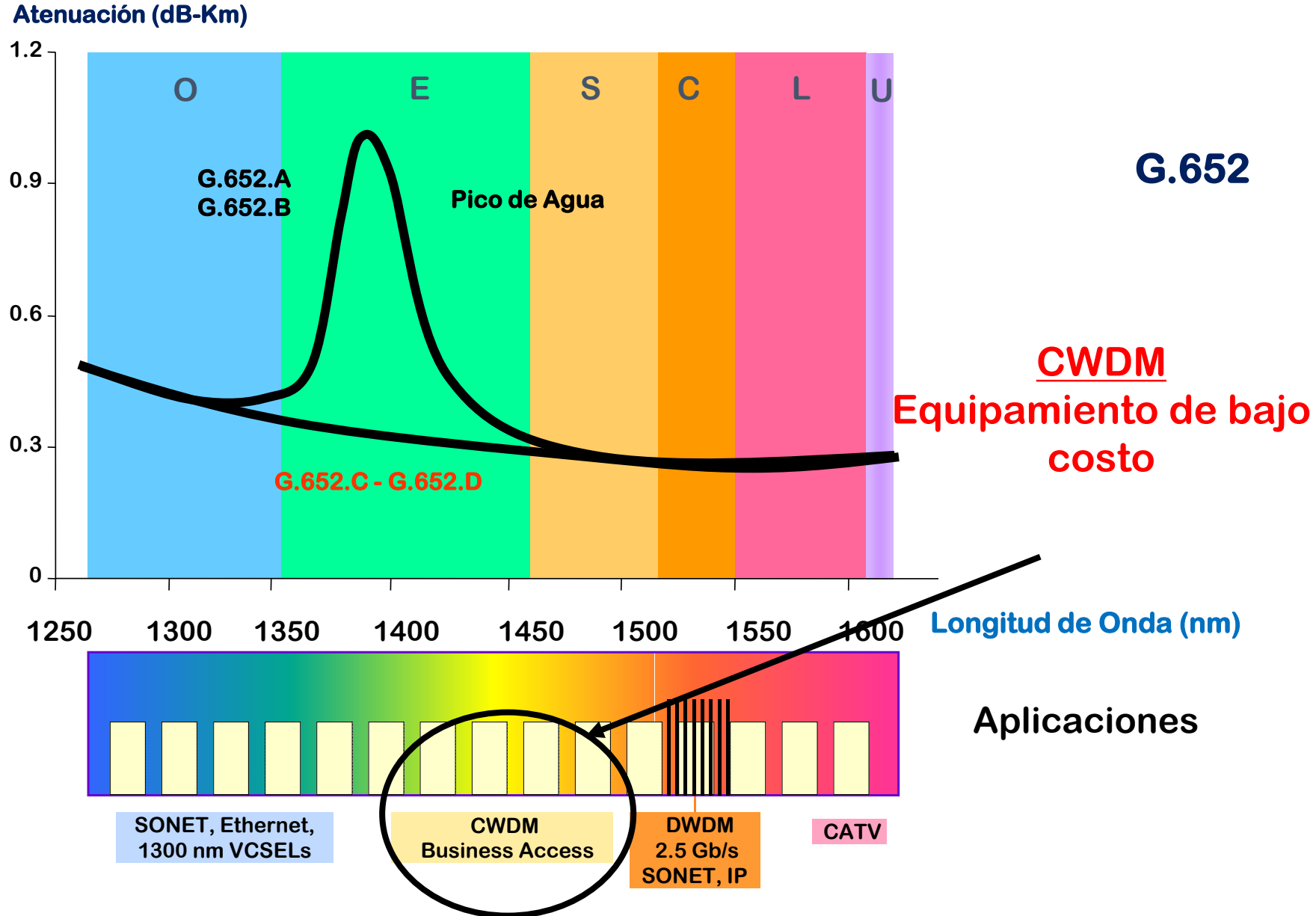


G.652

Conventional Fibers		
Band Name	Wavelengths	Description
O-band	1260 – 1360 nm	Original band, PON upstream
E-band	1360 – 1460 nm	Water peak band
S-band	1460 – 1530 nm	PON downstream
C-band	1530 – 1565 nm	Lowest attenuation, compatible with fiber amplifiers
L-band	1565 – 1625 nm	Low attenuation

SM: Single-mode
PON: Passive Optical Network

Las Fibras ópticas: Monomodo



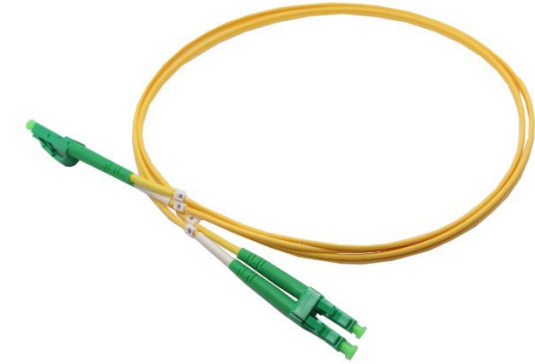
Las Fibras ópticas: Monomodo

Fibras G.657 : Macro Bending

ESTANDAR	ATENUACIÓN (dB/Km)				
	1310nm	1383 nm	1460nm	1550 nm	1625 nm
G-657.A1	< 0.35	< 0.35	< 0.25	< 0.21	< 0.23
G.657.A2	< 0.35	< 0.35	< 0.25	< 0.21	< 0.23
G.657.B2	< 0.35	< 0.35	< 0.25	< 0.21	< 0.23
G.657.B3	< 0.35	< 0.35	-	< 0.22	< 0.24

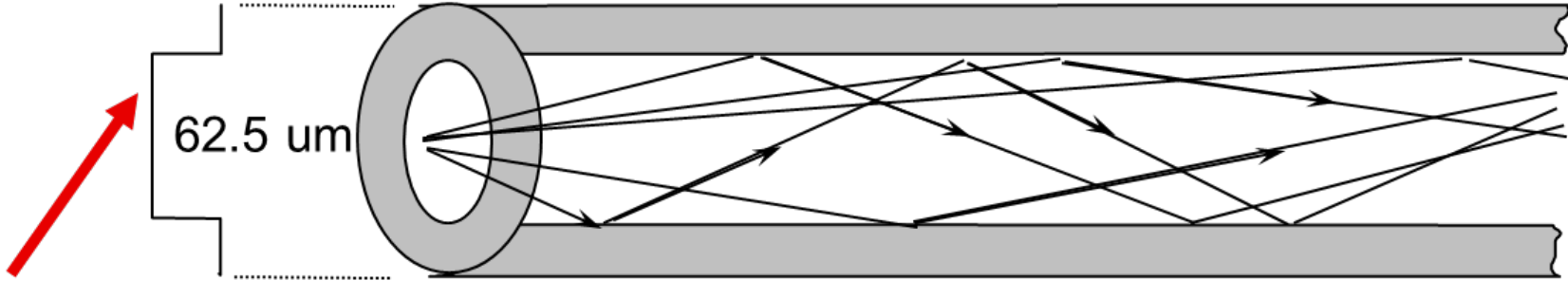
FIBRAS G.657		ATENUACIÓN CON CURVATURA (dB/Km)			
		G.657.A1	G.657.A2	G.657.B2	G.657.B3
ATENUACIÓN CON CURVATURA (1550nm)	1 vuelta/mandril 10mm	< 0.75	< 0.10	< 0.10	< 0.03
	10 vueltas/mandril 15mm	< 0.25	< 0.03	< 0.03	-
	1 vuelta/mandril 7.5mm	-	-	-	< 0.08
	1 vuelta/mandril 5mm	-	-	-	< 0.15

FTTx - GPON

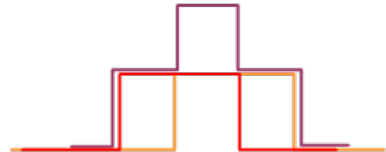


Las Fibras ópticas: Multimodo

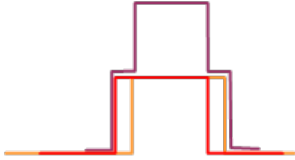
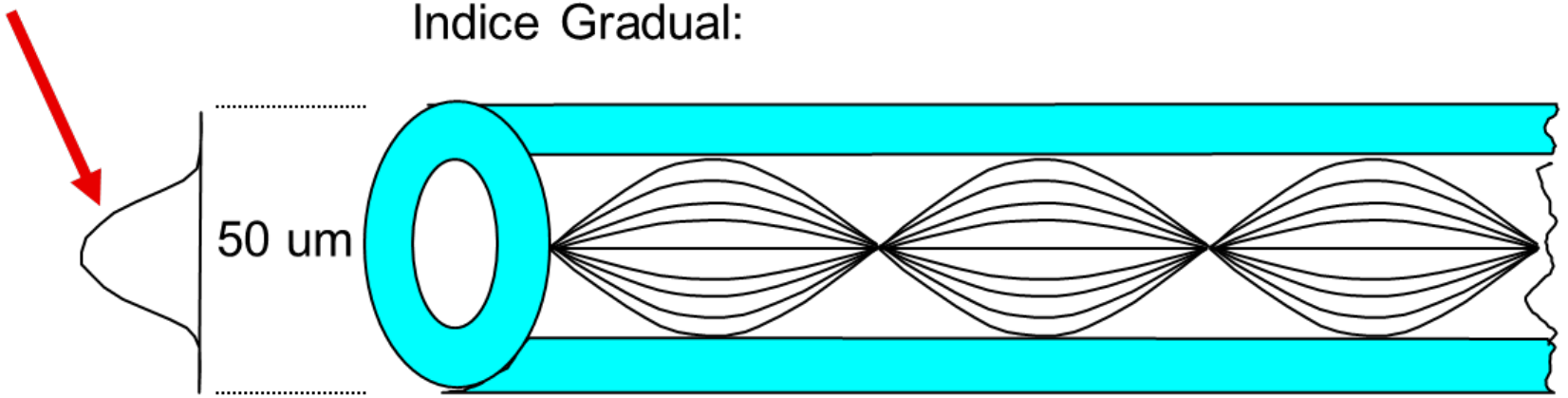
Multimodo: Múltiples caminos propagan la luz por el núcleo



Perfil del índice de Refracción



Pulso recibido



Las Fibras ópticas: Multimodo

Multimodo: Atenuaciones y anchos de Banda

MULTIMODO	ATENUACIÓN (dB/Km)			ANCHO DE BANDA (MHz-Km)			APLICACIONES ETHERNET
	850nm	953nm	1300 nm	850nm	953nm	1300 nm	
OM1	3.0	-	0.7	> 200	-	> 500	100/1000 Mbps
OM2	2.5 ~ 2.6	-	0.6 ~ 0.7	> 500	-	> 500	1/10 Gbps
OM3	2.5 ~ 2.6	-	0.6 ~ 0.7	> 1500	-	> 500	10/40/100 Gbps
OM4	2.5 ~ 2.6	-	0.6 ~ 0.7	> 3500	-	> 500	10/40/100 Gbps
OM5	2.5 ~ 2.6	0.6 ~ 0.7	0.6 ~ 0.7	> 3500	> 1850	> 500	10/40/100 Gbps



Las Fibras ópticas: Multimodo

OM4 vs OM5: Donde se diferencian?

- Solución emergente de 40/100G de menor costo
- Conectividad sobre un par de fibras LC Multimodo
- 4 canales multiplexados de 10/25G sobre la misma fibra
- Distancias máximas

40/100 GBASE-SWDM4

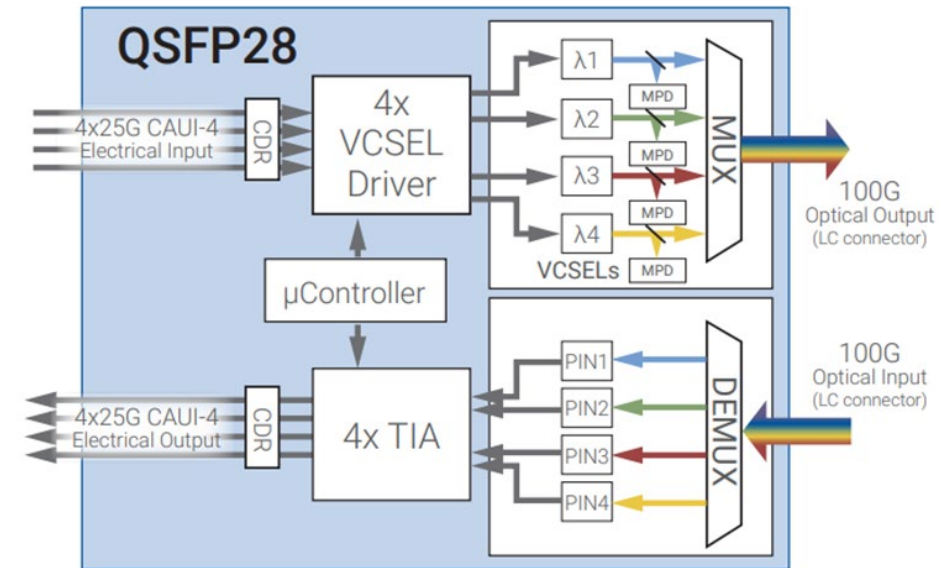


Diagrama de Bloques Tranceiver 100G SWDM4

	Type	Core / Cladding (um)	Fast Ethernet 100Mb	Gigabit GbE	10Gigabit 10GbE	40G SWDM4	100G SWDM4
Multimode	OM3	50 / 125	2km	800m	300m	240m	75m
	OM4	50 / 125	2km	1100m	550m	350m	100m
	OM5	50 / 125	2km	1100m	550m	440m	150m

Puntos finales

- La Inteligencia Artificial (IA) y el Machine Learning (ML) están forzando al incremento de capacidades en Data Centers en general → **Data Center de borde (EDGE)**
- Mayores capacidades de Cómputo y Almacenamiento
- Mayores velocidades de comunicación → **Co-Packaged Optics (CPO)**
- Predominan soluciones de 2 y 8 fibras → **PAM4**
- **800G y 1,6T** son una realidad, **3.2T** en prototipo
- Las fibras ópticas son el medio por excelencia

A person in a dark suit stands with their back to the camera, looking out over a vast cityscape at night. The city is illuminated with warm lights, and a network of glowing white lines and nodes is overlaid on the scene, suggesting a digital or technological theme. The word "GRACIAS" is written in large, white, sans-serif capital letters across the center of the image.

GRACIAS