



# TALLER DE REDES ÓPTICAS

**Dr. Ramón Gutiérrez Castrejón**



## Contenido

---

### TALLER DE REDES ÓPTICAS

#### I. Conceptos básicos.

- I.1 Introducción
- I.2 Fibras mono-modo y multi-modo
- I.3 Atenuación en una fibra óptica
- I.4 Dispersión de velocidad de grupo

#### II. Cables ópticos.

- II.1 Tipos de cables ópticos
- II.2 Características físicas
- II.3 Empalmes, acopladores y conectores
- II.4 Desempeño de un enlace óptico
- II.5 Equipo de medición.

## Contenido

---

### III. Diseño de un enlace de fibra óptica

- III.1 Compensación de la dispersión
- III.2 Presupuesto de potencia
- III.3 Amplificadores ópticos
- III.4 Diseño

### IV. WDM

- IV.1 Operación
- IV.2 Importancia
- IV.3 CWDM y DWDM
- IV.4 OADM y filtros ópticos
- IV.5 OXC y MEMS

## Contenido

---

### V. Redes Ópticas

- V.1 Topologías
- V.2 Capas del modelo OSI
- V.3 SONET y SDH
- V.4 Capa óptica y sub-capas
- V.5 Ruteo mediante el uso de lambdas

## **Perfil de ingreso**

El curso está dirigido a personas involucradas en la operación y administración de redes de datos, así como a todo aquel interesado en incursionar en el conocimiento de las redes ópticas y en la planeación de proyectos de este tipo de redes.

## **Perfil de egreso**

Los conocimientos adquiridos permitirán la comprensión de los conceptos básicos conceptuales de las redes ópticas, lo cual ayudará para empezar a familiarizarse con la funcionalidad y operación de las redes y sistemas ópticos.

## Conceptos básicos

# TELECOMUNICACION

A DISTANCIA

INTERCAMBIO DE INFORMACION

Telecomunicaciones hoy en día:

Intercambiar la mayor cantidad de información entre dos puntos lo más alejados entre sí posible

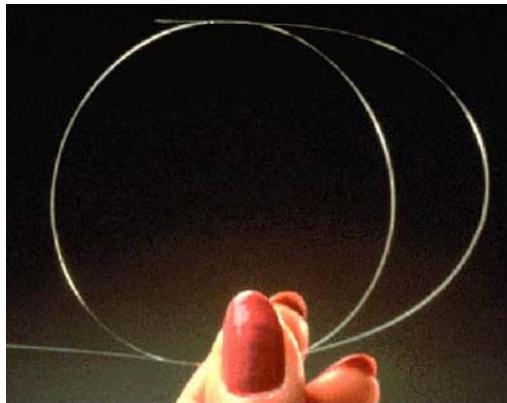


## Conceptos básicos

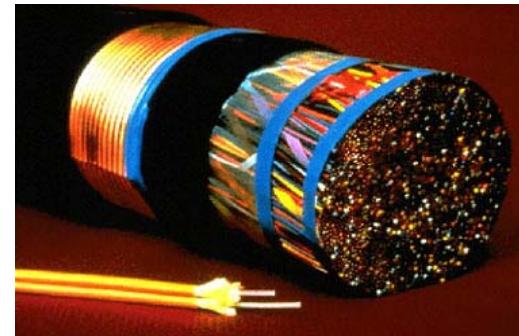
### ¿Por qué el interés en la fibra óptica?

Porque una fibra óptica es el medio de transmisión guiado que **más información** permite transmitir a kilómetros de **distancia**.

Una fibra óptica como esta



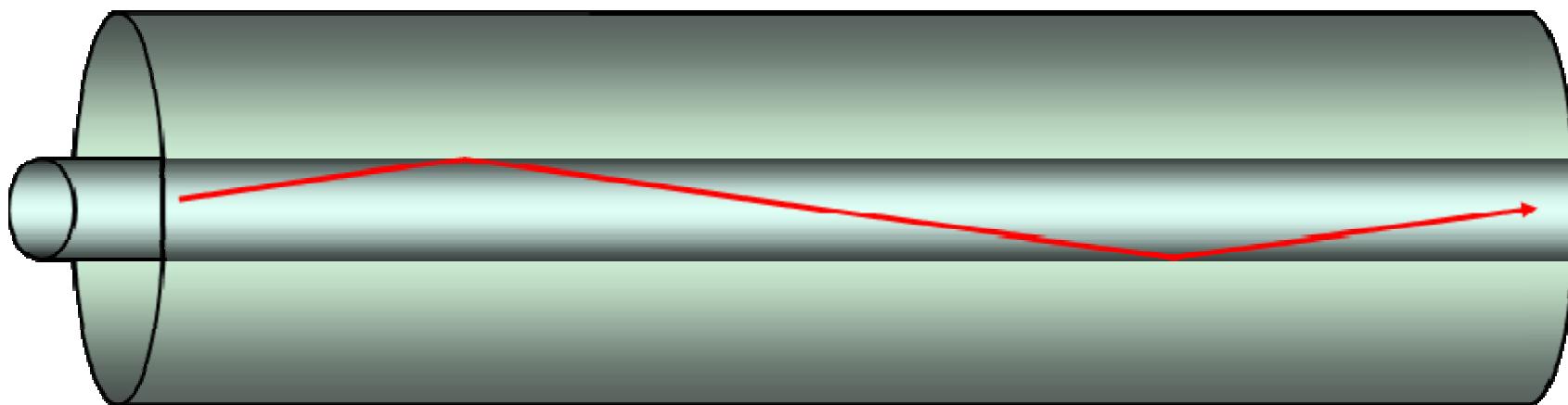
permite transmitir tanta información como este pesado cable de cobre



## Conceptos básicos

### La fibra óptica puede guiar la luz

Gracias a que la fibra está hecha de dos vidrios con índice de refracción diferentes, ocurre el fenómeno de reflexión interna total. Este fenómeno es el que permite a la fibra óptica guiar la luz a través de ella, y por tanto, la información (datos, sonidos, imágenes) que en ella se transmite.



## Cables ópticos

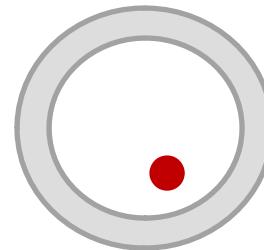
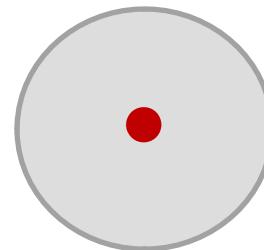
Conector	Nombre	Pérdidas	Uso
	FC	0.20 (MM) 0.25 (SM)	Se usa en redes mono-modo (ya no tanto) y equipo de medición
	LC	0.20 (MM) 0.25 (SM)	Conexión de alta densidad cuando el espacio es limitado
	SC	0.20 (MM) 0.25 (SM)	Se usa en sistemas de redes mono-modo, datos
	ST	0.20 (MM) 0.20 (SM)	Se usa en redes multi-modo

## Cables ópticos

### Cables ópticos

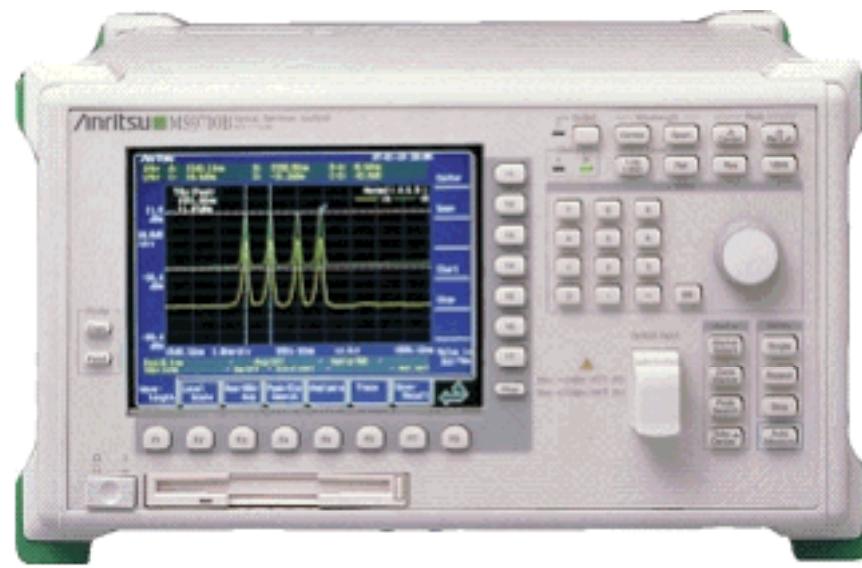
Existen dos tipos de cables:

- Cables de buffer ceñido
- Cables de buffer holgado
  - Hueco. Posee una cavidad sobredimensionada
  - Relleno de material hidrófobo para impedir paso de agua a la fibra



## Equipo de medición

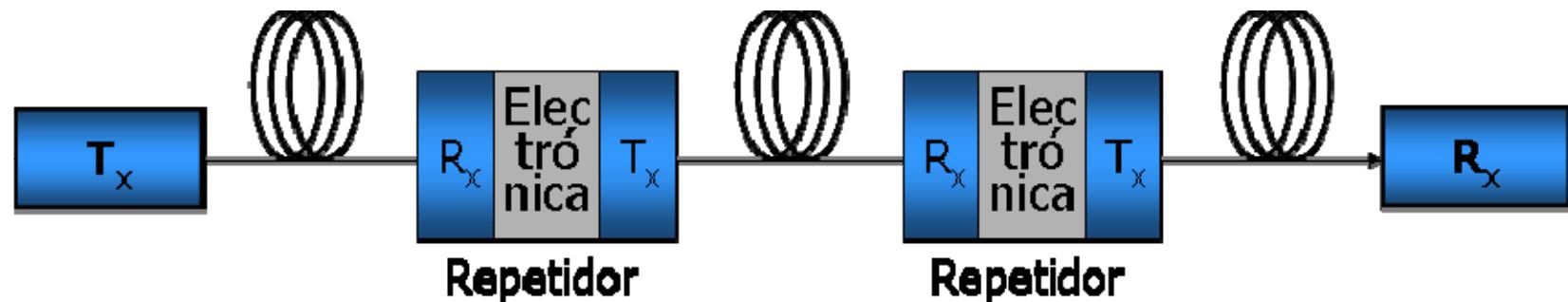
### OSA



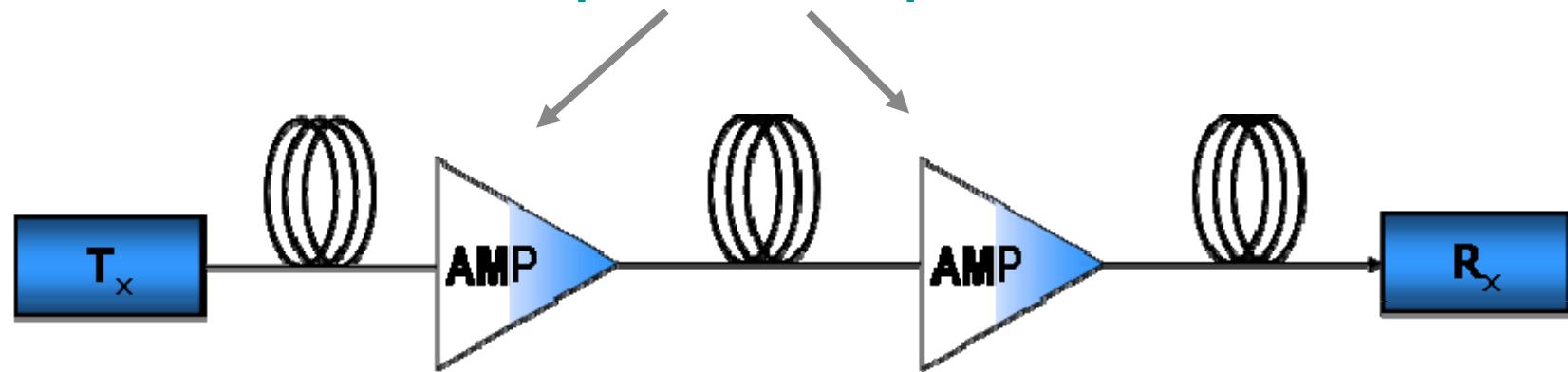
Instrumento que permite medir las señales en el dominio de la frecuencia. El OSA muestra las características espectrales (color/longitud de onda/frecuencia) de la luz en una pantalla.

## Diseño de un enlace

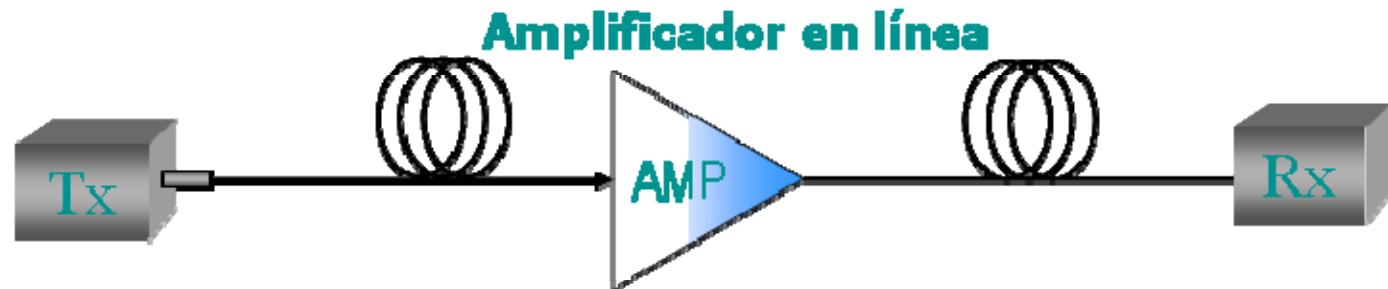
### Repetidores optoelectrónicos



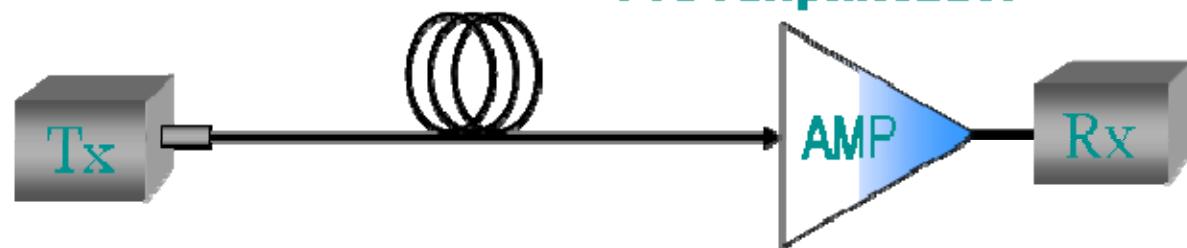
### Amplificadores ópticos



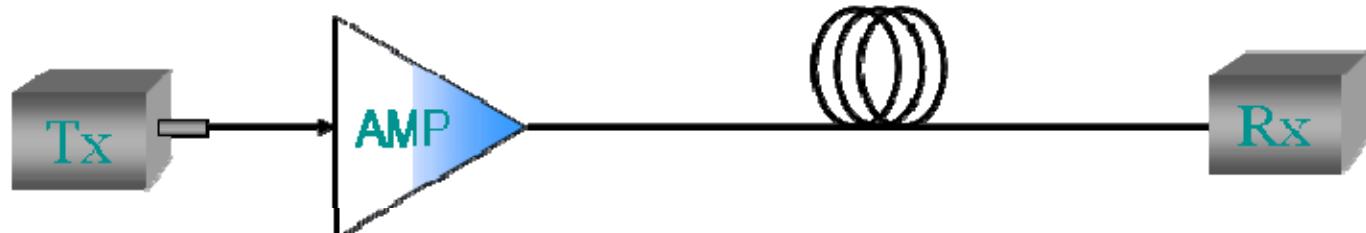
## Diseño de un enlace



**Pre-Amplificador**

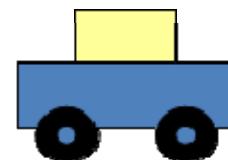


**Amplificador de potencia (booster)**



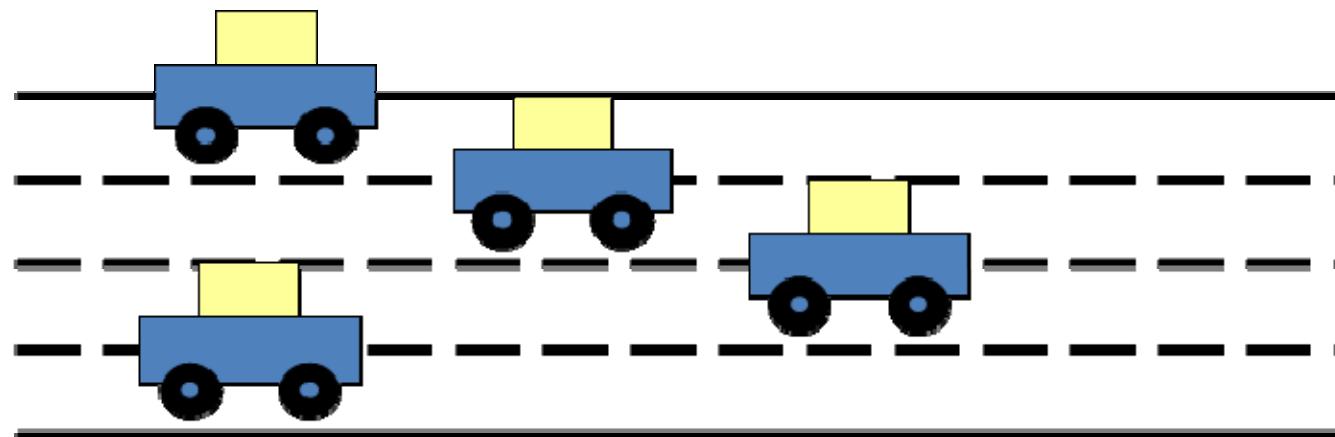
WDM

Carretera sencilla:



B

Autopista WDM:



4 x B

### Características de los sistemas WDM:

- Incremento de la capacidad de la red de fibra óptica
- Transparencia (c/canal puede transmitir en su formato propio)
- Enrutamiento a nivel  $\lambda$  con estructura rígida (una nueva dimensión)
- Comutación a nivel  $\lambda$ , permitiendo reconfiguración de la red

### Factores que limitan el número de canales en un sistema DWDM:

- Ancho de banda de los amplificadores, sobre la que pueden proporcionar una ganancia uniforme. EDFA's limitados a 30-35 nm.
- Estabilidad de los láseres DFB utilizados como fuentes.
- Degradación de la señal debido a efectos no lineales.
- Interferencia inter-canal durante el demultiplexaje

## WDM

### Módulos funcionales

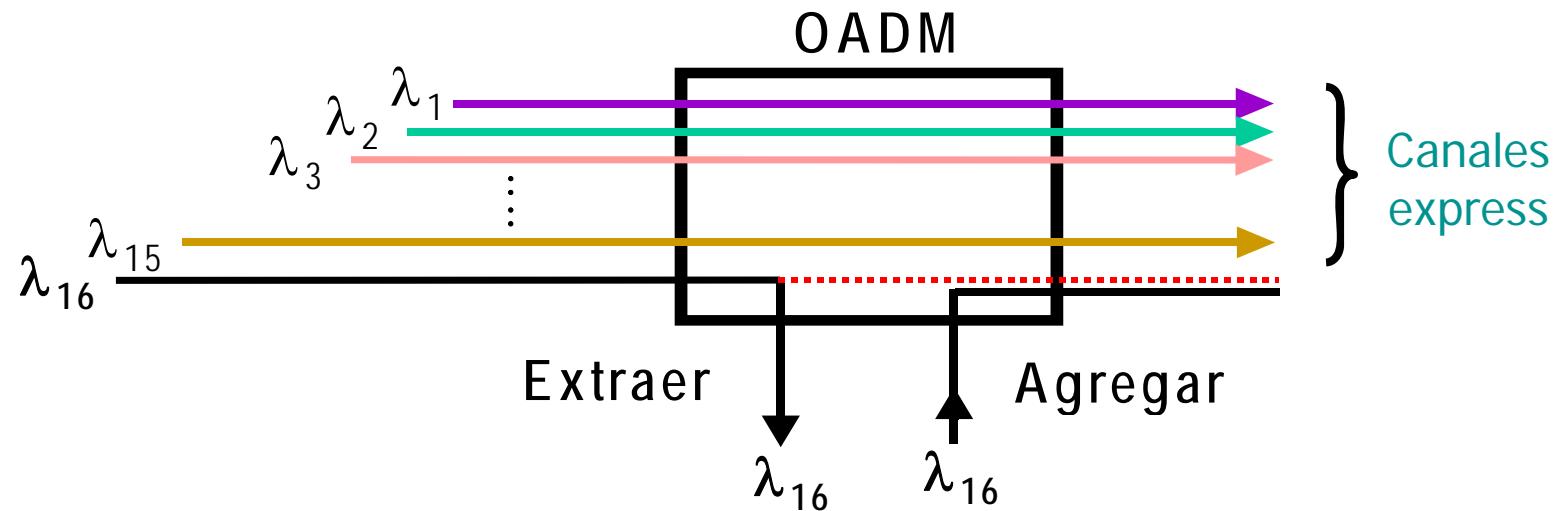
Formados por componentes más sencillos.

Optical Add/Drop Multiplexer (OADM)

Optical Cross-Connect (OXC)



Redireccionan los mensajes en la red



Extrae y agrega canales del y hacia el flujo de información que circula en la red.

## Redes ópticas

**Protocolo.**-conjunto de reglas que determinan el formato y significado de los mensajes de comunicación que se intercambian entre las mismas capas de dos pares (peers o máquinas distintas en una misma red). Una capa en una máquina se comunica (virtualmente) con su misma capa en otra máquina mediante un protocolo.

**Interfaz.**- Definición de operaciones y servicios disponibles para la capa superior. La comunicación física (real) se efectúa mediante las interfaces.

**Arquitectura de red.**- Conjunto de capas y protocolos (no las interfaces).

**Servicios.**- Conjunto de operaciones (también llamados primitivas) que una capa ofrece a la capa superior, aunque no especifica cómo se implementan éstas. Está relacionado con la interfaz.

**NOTA:** Es posible cambiar de protocolo en una arquitectura, siempre y cuando no se modifiquen los servicios que se ofrecen a la capa superior. El protocolo se refiere a la implementación del servicio, pero no importa que la implementación (protocolo) se cambie, mientras el servicio se siga ofreciendo. Si las funciones e interfaces de una capa están bien definidos, un fabricante cualquiera puede dedicarse a implementar una sola capa que sea compatible con las demás.

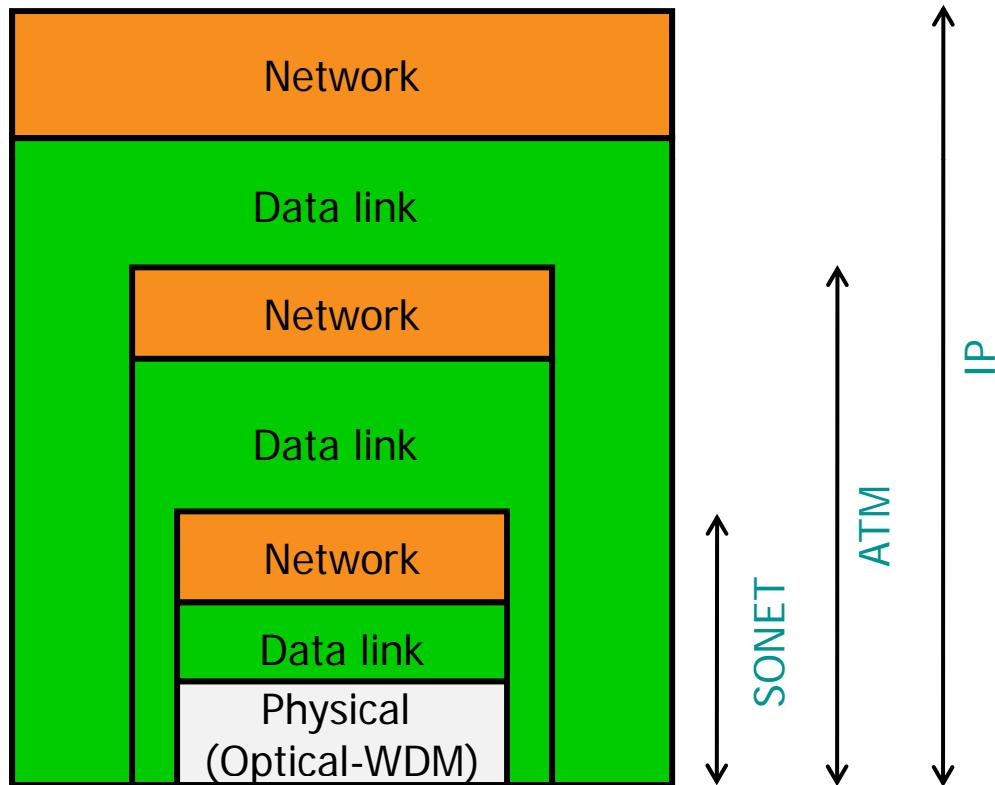
## Redes ópticas

### Sonet/SDH Digital Hierarchy

Optical Level	Electrical Level	Line Rate (Mbps)	Payload Rate (Mbps)	Overhead Rate (Mbps)	SDH Equivalent
OC-1	STS-1	51.840	50.112	1.728	-
OC-3	STS-3	155.520	150.336	5.184	STM-1
OC-9	STS-9	466.560	451.008	15.552	STM-3
OC-12	STS-12	622.080	601.344	20.736	STM-4
OC-18	STS-18	933.120	902.016	31.104	STM-6
OC-24	STS-24	1244.160	1202.688	41.472	STM-8
OC-36	STS-36	1866.240	1804.032	62.208	STM-13
OC-48	STS-48	2488.320	2405.376	82.944	STM-16
OC-96	STS-96	4976.640	4810.752	165.888	STM-32
OC-192	STS-192	9953.280	9621.504	331.776	STM-64
OC-768	STS-768	39818.120	38486.016	1327.104	STM-256

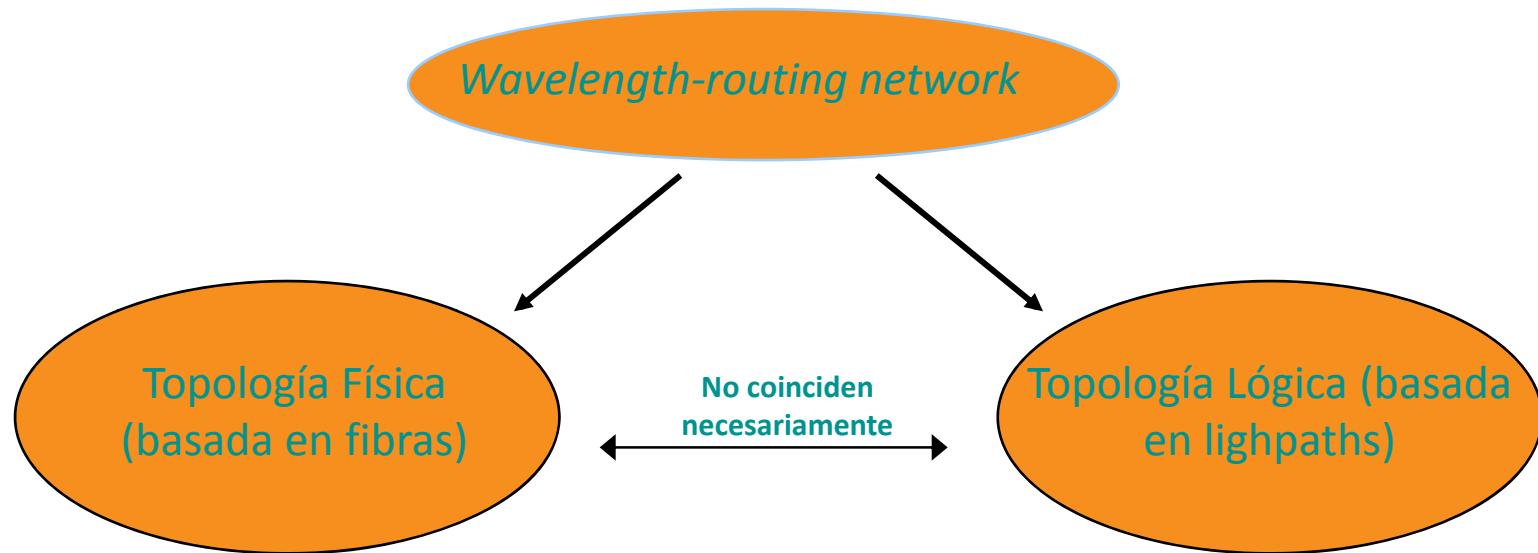
## Redes ópticas

En la práctica es posible encontrar modelos de protocolos que reciden encima de otros protocolos. Por ejemplo, IP sobre ATM sobre SONET.



Los paquetes IP se convierten en células ATM en la periferia de la red. Los switches ATM se interconectan a través de la infraestructura de SONET. La red IP trata a la red ATM como link layer y ATM usa SONET como link layer.

## Redes ópticas



El diseño de una wavelength-routing network está ligado al diseño de la red de capa superior (e.g. SONET, IP), y en especial sus algoritmos de ruteo y topología.

## Bibliografía

- R. Gutiérrez-Castrejón; Hacia un Sistema de Telecomunicaciones Completamente Óptico. No. SD-48 de las Series del Instituto de Ingeniería, UNAM, 2005. Disponible gratuitamente en:  
<http://aplicaciones.iingen.unam.mx/ConsultasSPII/Buscarpublicacion.aspx>
- D. Mynbaev y L. Schneiner; Fiber Optic Communications Technology. Prentice Hall, 2001.
- G. Keiser; Optical Fiber Communications. Mc Graw-Hill, 2000.
- B. Mukherjee; Optical WDM Networks. Springer, 2006.
- R. Gutierrez-Castrejón y M. Duelk; Modeling and Simulation of Semiconductor Optical Amplifier Dynamics for Telecommunication Applications, en Computer Physics Research Trends, S. J. Bianco (Editor). Nova Science Publishers, 2007.
- R. Gutiérrez-Castrejón; Una supercarretera de cristal: la autopista de la información. Revista Ciencia Vol. 56 No. 3, 2005. Disponible en:  
[http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/56\\_3/super\\_carretera.pdf](http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/56_3/super_carretera.pdf) 2003