

**ESTABLECIMIENTO DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÁREA FUNCIONAL DE  
DESEMPEÑO DE LA ARQUITECTURA TMN, CON EL MODELO OPM.**

**ANEXOS**



**CRISTINA MARCELA GÓMEZ MUÑOZ  
ÁNGELA MARIA VIVEROS EGAS**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
GRUPO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES  
POPAYÁN  
200**

**ESTABLECIMIENTO DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÁREA FUNCIONAL DE  
DESEMPEÑO DE LA ARQUITECTURA TMN, CON EL MODELO OPM.**

**ANEXOS**

**CRISTINA MARCELA GÓMEZ MUÑOZ  
ÁNGELA MARIA VIVEROS EGAS**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Director:  
Ing. Esp. ALEJANDRO TOLEDO TOVAR**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
GRUPO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES  
POPAYÁN  
2009**

# ANEXOS

<b>ANEXO A</b> .....	1
<b>MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA (WDM)</b> .....	1
PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA RED WDM .....	2
CLASIFICACIÓN DE LAS REDES WDM .....	5
COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGÍAS WDM.....	9
TENDENCIAS DE WDM .....	9
<b>ANEXO B</b> .....	15
<b>VALORES TÉCNICOS DE LOS PARÁMETROS DEL ESPECTRO OPM</b> .....	15
<b>ANEXO C</b> .....	19
<b>DESCUBRIMIENTO DE CONOCIMIENTO EN BASES DE DATOS (KDD) y MINERÍA DE DATOS (MD)</b> .....	19
<b>REFERENCIAS</b> .....	26

# ANEXO A

## MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA (WDM)

WDM es una tecnología óptica que utiliza diferentes longitudes de onda para multiplexar varias señales en una sola fibra simultáneamente. Los primeros sistemas WDM aparecieron alrededor de 1980 y combinaban tan sólo dos señales, mientras que los sistemas modernos pueden soportar hasta 160 señales y expandir un sistema de fibra de 10 Gb/s hasta una capacidad teórica total de 25,6 Tb/s sobre un solo par de fibra [1].

Esta tecnología incrementa la capacidad de transmisión en la fibra óptica, asignando a las señales de entrada, específicas frecuencias de luz, dentro de una banda inconfundible de frecuencias. El rango de longitudes de onda utilizado en este medio de transmisión puede ser dividido en varias bandas, cada uno de estos canales, a distinta longitud de onda, puede transmitir señales de diferentes velocidades y formatos.

En WDM cada longitud de onda es enviada a la fibra y las señales son demultiplexadas en el receptor. En este tipo de sistema, las señales de entrada son independientes entre ellas. De esta manera, cada canal tiene su propio ancho de banda dedicado; llegando todas las señales al destino al mismo tiempo, como se puede observar en la figura 1 [2].

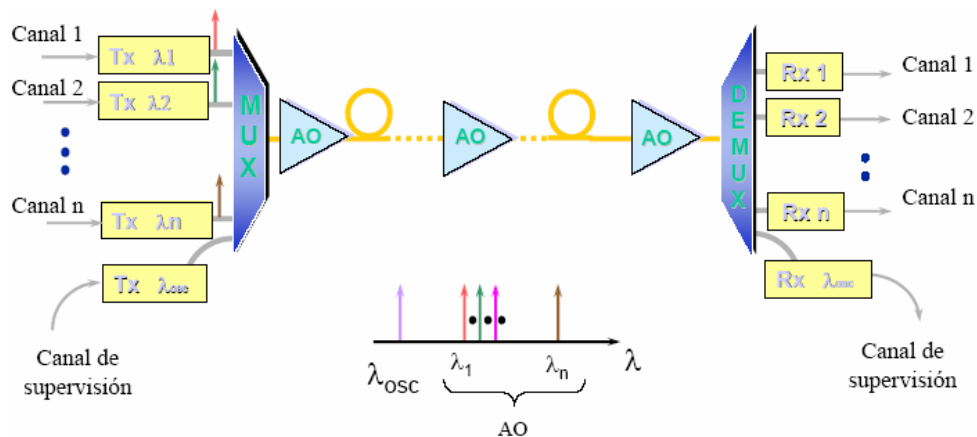


Figura 1. Tecnología WDM [3].

Las bandas de frecuencia o ventanas utilizadas por los sistemas WDM son:

- O-band (original)— Desde 1260 nm a 1360 nm.
- E-band (extended)— Desde 1360 nm a 1460 nm.
- S-band (short wavelength)— Desde 1460 nm a 1530 nm.
- C-band (conventional)— Desde 1530 nm a 1565 nm.

- L-band (long wavelength)— Desde 1565 nm a 1625 nm.
- U-band (ultra-long wavelength)— Desde 1625 nm a 1675 nm.

Se recomienda utilizar la fibra monomodo estándar definida en ITU G.652, en los sistemas WDM en la banda O, la fibra de reducido pico de agua (*Low Water Peak Fiber*, LWPF<sup>1</sup>), definida en ITU G.652.C, para la banda E, y la fibra de dispersión desplazada con valor no-cero (*Non Zero Dispersión Shift Fiber*, NZDSF), establecida en ITU G.655, para sistemas WDM en las bandas S, C, y L [4].

## PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA RED WDM

Una red óptica WDM está compuesta principalmente por los siguientes elementos [3] [5]:

- *Transmisores*: se le denomina así a las fuentes de luz, las cuales se deben comportar como conversores electros ópticos. Se tiene dos opciones como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Comparación entre los dos transmisores WDM.**

Comparación	LED	LD
Modulación	< 1 Gbps	mayor
Direccionalidad	Menor	Mayor
Ancho espectral	Mayor	Menor
Potencia emitida	μW	mW
Dependencia de T	Menor	Mayor
Coste	Menor Menor	mayor mayor
Electrónica	Menos compleja	Más compleja
Vida útil	Mayor	Menor
Coherencia	No	Sí
Corriente umbral	No	Sí

En general el Diodo Emisor de Luz (*Light-Emitting Diode*, LED) es para corta distancia y baja velocidad, mientras que el Diodo Laser (*Laser Diode*, LD) se usa para largas distancias y alta velocidad.

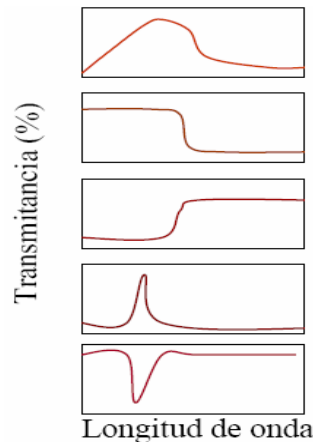
- *Multiplexores de longitud de onda*: dispositivo de derivación con dos o más puertos de entrada y un puerto de salida en el que la señal luminosa en cada puerto de entrada se limita a longitud de onda previamente seleccionada y la salida es la combinación de las señales luminosas precedentes de los puertos de entrada.

<sup>1</sup>Son fabricadas casi exclusivamente por un único fabricante que les ha dado un nombre propio.

- *Demultiplexores de longitud de onda:* dispositivo que lleva a cabo la operación inversa del multiplexor, en el que la entrada es una señal óptica que comprende dos o más longitudes de onda y la salida de cada puerto es una gama de longitudes de onda preseleccionada distinta.
- *Amplificadores ópticos:* trabajan en base a la amplificación de la luz mediante emisión estimulada, al ser bombeados (óptica o eléctricamente) realizando inversión de población. Los amplificadores pueden ser colocados en diferentes puntos del sistema, según el lugar donde se coloque, adquiere un nombre: Post-amplificación, Pre-amplificación o amplificadores en línea. Los amplificadores ópticos no compensan la dispersión ni quitan el ruido de la señal, ya que el ruido y la dispersión son acumulativos. Cuando la dispersión y el ruido llegan a los límites permitidos, entonces se debe regenerar la señal. Existen dos tipos de amplificadores que son importantes conocer en WDM: los EDFAs y los Amplificadores Raman.
- *Fibra óptica:* Una FO es una guía de onda dieléctrica cilíndrica formada por dos dieléctricos de distinto núcleo. La convencional de SiO<sub>2</sub> ó de GeO<sub>2</sub> puede ser de dos tipos:
  - a) Monomodo con un tamaño de núcleo de 4-12  $\mu\text{m}$ .
  - b) Multimodo con un tamaño del núcleo de 50-100  $\mu\text{m}$ .

Ambos tipos de fibra constan de núcleo y cubierta. Existen varios tipos de fibra óptica los cuales ya fueron mencionados anteriormente, diseñados para tipos de redes con necesidades específicas.

- *Acopladores ópticos:* es un componente pasivo que es usado para separar y combinar señales en una red óptica. Un acoplador puede ser usado como divisor de potencia si la longitud de éste es ajustada de tal manera, que la mitad de la potencia de cada entrada aparezca en cada salida: acoplador 3 db.
- *Receptores (Rx):* son dispositivos cuyas funciones son: convertir las señales ópticas a eléctricas y recuperar la información transmitida a través de los sistemas de comunicación óptica. El principal componente del Rx es el fotodetector, que convierte la luz en electricidad a través del efecto fotoeléctrico. Entre los principales requerimientos de este elemento figuran: alta sensibilidad, bajo ruido, bajo costo y tamaño.
- *Filtros ópticos:* utilizado para modificar la radiación óptica que lo atraviesa, para lo cual modifica la distribución espectral. Los filtros ópticos se utilizan, generalmente, para rechazar o absorber radiación óptica en unas gamas concretas de longitudes de onda mientras se transmite radiación óptica en otras.



**Figura 2. Tipos de Filtros.**

Un filtro óptico sintonizable puede variar la longitud de onda de la señal, en su gama de longitudes de onda de funcionamiento. Un filtro óptico no sintonizable presenta un valor fijo en toda la gama de longitudes de onda de funcionamiento. La figura 2 muestra los distintos tipos de filtros: banda ancha, paso bajo, paso alto, banda estrecha y notch.

- *OADM*: permiten insertar y extraer longitudes de onda individuales, para que cada nodo procese sólo aquellas a las que necesita acceder. Mas que combinar o separar todas las longitudes de onda, los OADM pueden remover algunas mientras dejan pasar las restantes. Es por esto que estos componentes son una parte clave en cuanto a las redes ópticas. Los OADMs se utilizan normalmente en anillos WDM y realizan funciones similares a los ADMs, tales como la monitorización de prestaciones y de restablecimiento frente a fallos. La principal diferencia se encuentra en que en los OADMs las longitudes de onda ópticas sólo son añadidas o removidas, y no hay conversión de la señal óptica a eléctrica [6].

Hay dos tipos generales de OADMs. La primera generación es un dispositivo fijo que se configura físicamente para extraer una longitud de onda predeterminada mientras se añaden otras. La segunda generación es un OADM reconfigurable (ROADM), capaz de seleccionar dinámicamente que longitudes de onda se añaden y cuales se remueven. La principal ventaja de un ROADM, es que no se requiere planificar la asignación del ancho de banda durante el despliegue inicial; la configuración puede realizarse cuando y cómo sea necesario. Los filtros de película delgada han emergido como la tecnología elegida para los OADMs en los sistemas DWDM metropolitanos actuales porque son menos caros y más estables. En cuanto a la segunda generación de OADMs, se prefieren otras tecnologías tales como las rejillas de fibra sintonizables y circuladores [7].

- OXC: surgieron con el fin de manejar la capacidad en la capa óptica. Estos dispositivos ofrecen capacidades de gestión de ancho de banda mayores que en el caso de los OADMs. Así, realizan funciones tales como conmutación a nivel de longitud de onda, multiplexación y demultiplexación de canales, monitorización de longitud de onda y, opcionalmente, conversión de longitud de onda. Adicionalmente, se encargan de reconfigurar las redes para nuevos servicios, cambios en los modelos de tráfico o restablecimiento en caso de fallos.

La mayoría de OXCs existentes en la actualidad realizan conversiones optoelectrónicas a la entrada y a la salida del conmutador debido a la falta de estándares de interconexión de longitudes de onda en entornos donde existen equipos de múltiples fabricantes. Por lo anterior, ofrecen una escalabilidad muy limitada y se convierten en una solución costosa debido a las funciones de demultiplexado, conmutación y remultiplexado que es necesario realizar [6].

## CLASIFICACIÓN DE LAS REDES WDM

Las redes WDM pueden clasificarse según el área de cobertura y el patrón de longitud de onda.

*Clasificación según el área de cobertura:* en las redes WDM, a medida que aumentan la distancia de transmisión y las tasas de bit, también se incrementan los problemas y efectos de transmisión, haciendo necesaria la instalación de equipos de compensación y amplificadores ópticos, razón por la cual se considera la distancia de transmisión como un factor determinante del costo total de la red. Es por ello que las redes ópticas se han clasificado en cuatro principales categorías según su área de cobertura y funcionalidad [8]:

- Redes de Acceso: <100 km.
- Redes metropolitanas ó de área regional (*Metropolitan or Regional Area Networks*, MAN): 100 km a 300 km.
- Redes de larga distancia: 300 km a 2000 km.
- Redes de Ultra-larga distancia: >2000 km (redes submarinas e intercontinentales).

*Clasificación según el patrón de longitud de onda:* los sistemas WDM están divididos en diferentes patrones de longitud de onda: WDM Convencional, Denso y Espaciado. Los sistemas WDM convencionales proporcionan hasta 16 canales en la banda C alrededor de 1550nm, con un espaciado entre canales de 100GHz. La multiplexación por división de Longitud de onda Densa (*Dense Wavelength Division Multiplexing*, DWDM) utiliza la misma ventana de transmisión pero con un espaciado menor, habilitando hasta 31 canales



espaciados 50GHz (1.6nm) o 62 canales espaciados 25GHz (0.8nm) y puede ser utilizado en áreas metropolitanas, de larga distancia y ultra larga distancia.

La Multiplexación por División de longitud de Onda Espaciada (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*, CWDM) a diferencia de los sistemas WDM convencional y denso utiliza un mayor espaciamiento entre los canales (18 longitudes de onda, definidas en el intervalo de 1270 a 1610nm) permitiendo el uso de láser de gran ancho espectral y componentes ópticos menos complejos, lo que hace que los sistemas CWDM sean menos costosos que los DWDM. Sin embargo, dadas sus características CWDM presenta limitaciones en cuanto a capacidad y distancia de transmisión, por lo cual sólo es competitivo a corta distancia [9].

La figura 3 muestra el espaciado entre canales definida por la ITU para las tecnologías DWDM y CWDM.

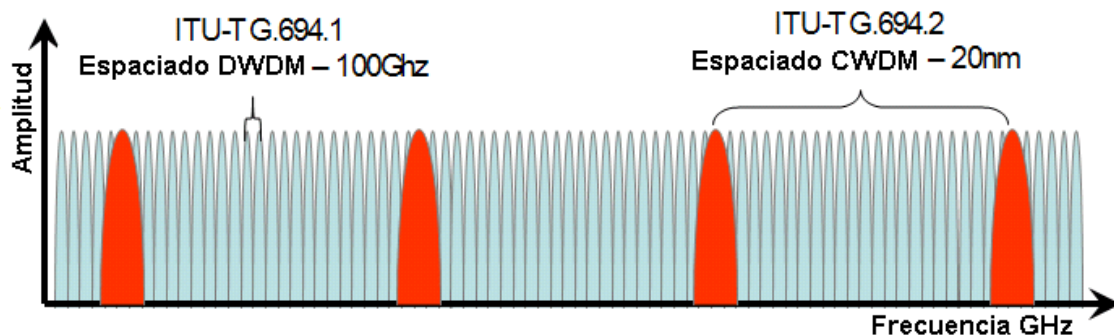


Figura 3. Espaciado entre canales para DWDM y CWDM [10]

- DWDM

DWDM, permite aumentar de una forma económica la capacidad de transporte de las redes existentes. Por medio de multiplexores, esta tecnología combina multitud de canales ópticos sobre una misma fibra, de tal modo que pueden ser amplificados y transmitidos simultáneamente, como lo muestra la figura 4. Cada uno de estos canales, a distinta longitud de onda, puede transmitir señales de diferentes velocidades y formatos: SDH/SONET, IP, ATM, etc. Es decir, DWDM puede multiplexar varias señales TDM sobre la misma fibra. Se espera que las redes DWDM futuras transporten 80 canales OC-48/STM-16 de 2,5 Gbit/s (un total de 200 Gbit/s), ó 40 canales OC-192/STM-64 de 10 Gbit/s (un total de 400 Gbit/s). A diferencia del sistema WDM convencional, en este caso todas las portadoras ópticas viajan por la fibra con separaciones inferiores a 1 nm.

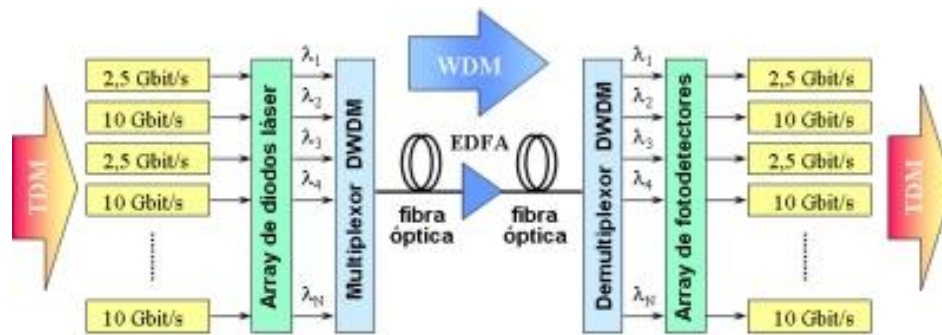


Figura 4. Sistema DWDM [11].

Una de las principales ventajas de los sistemas DWDM es su modularidad, la cual permite crear una infraestructura conocida como "*grow as you go*", que se basa en añadir nuevos canales ópticos de forma flexible en función de las demandas de los usuarios. Así, los proveedores de servicio pueden reducir los costos iniciales significativamente, al tiempo que desarrollan progresivamente la infraestructura de red que les servirá en el futuro.

Sin embargo, la revolución de los sistemas DWDM no hubiese sido posible sin las características clave de tres tipos de tecnología:

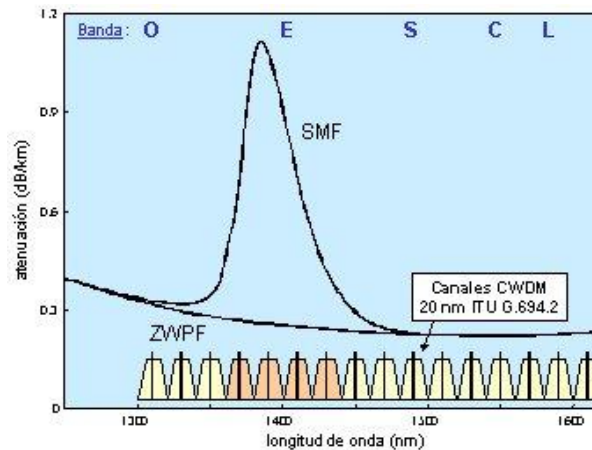
- La capacidad que poseen los diodos láseres de emitir luz a una longitud de onda estable y precisa con un ancho de línea espectral muy estrecho.
- El formidable ancho de banda de la fibra óptica (varios THz), el cual no ha sido aprovechado completamente durante tiempo.
- La transparencia de los EDFA a las señales de modulación y su habilidad para amplificar de forma uniforme varios canales simultáneamente.

Los rápidos avances producidos en DWDM en los últimos años, junto con la creciente demanda de servicios de alta velocidad y gran ancho de banda, están provocando cambios sustanciales en las arquitecturas de las redes ópticas. Así, la tecnología DWDM se está expandiendo progresivamente desde el núcleo de las redes ópticas de alta velocidad hacia las redes metropolitanas y de acceso. Y todo ello provocado por el éxito alcanzado por las soluciones DWDM de largo alcance que han permitido un aumento espectacular en la capacidad de las redes ópticas de transporte [11].

- CWDM

Admiten distancias de 50Km sin amplificadores ópticos y diversas topologías tales como anillos con distribuidor (hubbed ring), punto a punto y redes ópticas pasivas. Se puede ver como una opción en aplicaciones tales como acceso metropolitano 10 GbE, CATV, FTTH-PON y otros sistemas de corto alcance, punto a punto, con servicios transparentes. Estos sistemas son más rentables para las aplicaciones de redes metropolitanas.

CWDM tiene un espaciado de canales de 20nm, permitiendo el uso de láseres de gran ancho espectral, los cuales son más económicos que los requeridos por DWDM. Con el fin de transportar numerosos canales en cada fibra, el plan de longitudes de onda acordado abarca la mayoría de las bandas de menos de 1300nm a más de 1600nm del espectro de fibras ópticas MM, como se expone en la figura 5 [12].



**Figura 5. Planificación de canales en sistemas CWDM [11].**

La tecnología CWDM es especialmente atractiva debido a su bajo costo. En comparación con DWDM, los sistemas CWDM proporcionan ahorros del orden de un 35% a 65%. El ahorro proporcionado por CWDM se debe a la reducción de costos de los láseres sin necesidad de control de temperatura y al menor precio de los multiplexores y demultiplexores pasivos. Básicamente, la mayor separación entre canales de estos sistemas permite que las longitudes de onda de los láseres puedan sufrir desvíos con los cambios de temperatura, evitando de este modo la necesidad de emplear controladores de temperatura. Esto trae consigo un ahorro de espacio, simplifica el empaquetamiento del láser y reduce además el consumo de potencia (un valor medio de 0,5 W para un láser CWDM en comparación con más de 2 W para un transmisor láser DWDM conforme a la rejilla de la UIT).

Al mismo tiempo, el diseño de los filtros de película delgada (*thin film filter*, TFF) es más simple puesto que se necesita depositar menos capas en comparación con aquellos para DWDM, los cuales deben cumplir unos requisitos estrictos para las bandas de paso y de guarda. Adicionalmente, se produce también un ahorro de costos en el empaquetamiento de los TFFs como consecuencia de unos requisitos de alineamiento menos severos, lo cual permite una mayor automatización de los procesos de fabricación.

Por otro lado, los proveedores de servicio deben ser capaces también de proporcionar múltiples servicios (voz, vídeo y datos) a los usuarios finales a

distintas longitudes de onda usando una variedad de protocolos y tasas de bit: SONET/SDH, ATM, QAM, ESCON, FICON, DV-6000, OC-3 hasta OC-48, Gigabit Ethernet, etc. En este caso, CWDM se ajusta perfectamente a este paradigma, ya que ofrece ancho de banda escalable de una forma económica. Si en un futuro se necesitara aumentar la capacidad por encima de los 16 canales, entonces podrían colocarse varios canales DWDM en sustitución de uno o dos canales CWDM de la banda C. Esta técnica se conoce como DWDM-over-CWDM y permite hacer crecer el sistema de una forma flexible con un costo inicial reducido [13].

## COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGÍAS WDM

En la tabla 2 se resumen a modo comparativo las características de las diferentes tecnologías WDM existentes.

**Tabla 2. Comparación entre tecnologías WDM según el tipo de aplicación.**

<b>Aplicación/parámetro</b>	<b>CWDM acceso/MAN</b>	<b>DWDM MAN/WAN</b>	<b>DWDM largo alcance</b>
Canales por fibra	4-16	32-80	80-160
Espectro utilizado	O, E, S, C, L	C, L	C, L, S
Espaciado entre canales	20 nm (2500 GHz)	0,8 nm (100 GHz)	0,4 nm (50 GHz)
Capacidad por canal	2,5 Gbit/s	10 Gbit/s	10-40 Gbit/s
Capacidad de la fibra	20-40 Gbit/s	100-1000 Gbit/s	>1 Tbit/s
Tipo de láser	uncooled DFB	cooled DFB	cooled DFB
Tecnología de filtros	TFF	TFF, AWG, FBG	TFF, AWG, FBG
Distancia	hasta 80 km	Cientos de km	miles de km
Coste	Bajo	Medio	Alto
Amplificación óptica	Ninguna	EDFA	EDFA, Raman

## TENDENCIAS DE WDM [2] [14] [15].

El tráfico IP ha sido tradicionalmente transportado sobre redes ATM y SONET/SDH antes de llegar a la red WDM. La aparición de routers de tránsito IP de alto rendimiento, el desarrollo del protocolo IP y la madurez de la tecnología WDM han posibilitado el transporte de IP sobre WDM, reduciendo los costos y la complejidad de una red tan heterogénea. El reto está ahora en encontrar la solución más eficiente para integrar IP y WDM.

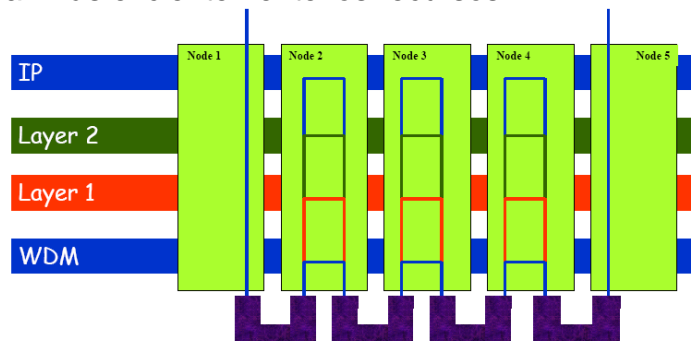
El aumento exponencial del número de usuarios de Internet, así como el desarrollo de aplicaciones cada vez más avanzadas y con mayores requerimientos de ancho de banda, ha convertido a IP en el protocolo de transferencia de datos dominante. Este protocolo concebido inicialmente para transportar únicamente servicios de datos, ha visto además ampliada su definición para soportar todo tipo de servicios. Para hacer frente a esta enorme demanda de tráfico IP, han tenido lugar varios esfuerzos cuyo resultado ha sido la aparición de routers de tránsito de alto rendimiento, también denominados gigarouters. Estos nuevos routers, a diferencia de los convencionales, realizan muchas de sus funciones (como la búsqueda en tablas de encaminamiento, el procesamiento de cabeceras, el cálculo de códigos de redundancia cíclica, etc.) en circuitos integrados de aplicación específica en hardware, en vez de en software controlado por una unidad central de procesos. El número, el tipo y la velocidad de las interfaces de sus tarjetas de línea se han visto así considerablemente incrementadas: OC-192/STM-64 (10 Gbps), OC-48/STM-16 (2,5 Gbps), OC-12/STM-4 (622 Mbps), OC-3/STM-1 (155 Mbps), Fast Gigabit Ethernet (1,25 Gbps), Fast Ethernet (100 Mbps), etc. Por otro lado, también se han introducido mejoras en software como avanzados algoritmos para la optimización del proceso de búsqueda en las tablas de encaminamiento o el protocolo MPLS para una rápida conmutación por etiqueta.

Por otro lado, este incremento en las necesidades de ancho de banda ha supuesto un rápido desarrollo de WDM, tecnología que ofrece en la actualidad la posibilidad de transportar hasta 160 canales de 10 Gbps sobre una única fibra óptica. En efecto, la red de transporte está en estos momentos pasando por un período de transición, evolucionando desde las tradicionales redes ATM y SONET/SDH basadas en la multiplexación en el tiempo, con WDM utilizado estrictamente para incrementar la capacidad de la fibra óptica, hacia una red fotónica basada en la multiplexación en frecuencia óptica, realizando no sólo el transporte sino también la multiplexación, encaminamiento, supervisión y protección en la capa óptica. Las ventajas de una red totalmente óptica son, entre otras, una menor complejidad, una mayor transparencia respecto de las señales transportadas, un mayor ancho de banda y mayores distancias de transmisión.

De este modo, teniendo en cuenta que IP se convertirá en la base de todos los servicios de telecomunicaciones y WDM en la tecnología de transporte más utilizada, ha habido un interés creciente en la integración de IP sobre las redes fotónicas. Esta integración pasa por conseguir un plano de control común que permita una administración de la red más simple y una provisión más rápida y sencilla del ancho de banda ofrecido por WDM para el tráfico IP, y encontrar un mecanismo eficiente para el transporte de los paquetes IP sobre WDM, para lo cual es necesario añadir un protocolo de nivel de enlace, ya que IP está asociado al nivel de red y WDM al nivel físico. Este nivel tendrá la misión de entramar el paquete, incluir la funcionalidad necesaria para establecer enlaces

entre dos nodos, realizar una codificación de línea eficiente que impida las pérdidas de sincronismo, detectar errores de bit, etc.

La gran mayoría de las redes de telecomunicaciones han sido construidas utilizando un modelo de capas, como el mostrado en la figura 6. En él, las conexiones entre dispositivos en una capa son proporcionadas por circuitos lógicos en la capa de nivel inferior. Cada capa ha sido tradicionalmente gestionada de forma independiente, cada una de ellas con sus propios requerimientos, problemas y características operacionales únicas. Este modelo ha servido para conseguir una mayor flexibilidad, ofrecer un mayor número de servicios y utilizar más eficientemente los recursos.



**Figura 6. Modelo en capas tradicionalmente implementado [14].**

No obstante, la convergencia de las tecnologías de red hacia IP ha planteado la idea de simplificar este modelo en capas, reduciendo su número. De este modo, aunque podría reducirse en ciertos casos la flexibilidad de la red se reduce también mucho su costo y complejidad. En efecto, el desarrollo de IP y de WDM, que han ido progresivamente adquiriendo funcionalidad inherente a otras capas, ha supuesto que la transición a un modelo de gigarouters IP conectados directamente sobre sistemas WDM, sea una elección factible para algunas redes de transporte. No obstante, no es probable que sea la única opción, ya que las redes SONET/SDH y ATM están ampliamente desarrolladas e implantadas, y proporcionan varias características y servicios útiles.

Algunos de los métodos disponibles o propuestos para transportar paquetes IP sobre la red WDM se presentan a continuación. Se debe tener presente que estos métodos no son los únicos, pero sí los más utilizados o los que más interés están suscitando. Es importante, además de la conveniencia para el transporte sobre la capa óptica, la eficiencia en ancho de banda. Dicha eficiencia del enlace de transmisión se verá afectada por cómo se hace la correspondencia de los paquetes IP en la capa WDM y por la longitud de dichos paquetes.

- IP sobre ATM sobre SONET/SDH sobre WDM (IP/ATM/SONET/SDH/WDM). En la red de transporte de datos han existido típicamente cuatro capas: IP sobre ATM sobre SONET/SDH sobre WDM. Esta arquitectura puede estar constituida por gigarouters IP con interfaces ATM (que utilizan típicamente SONET/SDH como medio físico) conectados directamente a la red WDM, o como ocurre tradicionalmente, a través de conmutadores ATM conectados a ADM SONET/SDH. Esta arquitectura, presenta varios problemas: altas inversiones en infraestructura, gran dificultad para ser escalada, complejidad en el mantenimiento y gestión de la red, y alta sobrecarga en el transporte de datos debido a las cabeceras con información de control de cada una de las capas.
- IP sobre SONET/SDH sobre WDM (IP/SONET/SDH/WDM). La tecnología SONET/SDH estaba inicialmente optimizada para el transporte de tráfico de voz, pero la aparición del estándar Paquetes sobre SONET (*Packet Over SONET*, PoS), estandarizado por IETF, la ha convertido también en una alternativa muy eficiente para el tráfico de datos. El esquema de una red de este tipo puede ser el de gigarouters IP que simplemente utilizan el formato de trama SONET/SDH para entramar los paquetes IP encapsulados para su transmisión directa sobre WDM. También es posible transportar el paquete IP entramado mediante SONET/SDH sobre una red de ADM SONET/SDH junto a otro tipo de tráfico, que utilizará luego enlaces WDM.
- IP sobre Gigabit Ethernet sobre WDM (IP/GbE/WDM). El estándar IEEE 802.3z o Gigabit Ethernet puede ser utilizado para extender las ampliamente implementadas redes locales Ethernet y Fast Ethernet a redes mucho más extensas y de mayor capacidad, utilizando tarjetas de línea GbE en los gigarouters IP, con un costo alrededor de 5 veces menor que el de las tarjetas de línea SONET/SDH para una capacidad similar. Por esta razón, GbE puede ser un mecanismo interesante para el transporte de IP en anillos WDM metropolitanos o incluso de mayores distancias. Es más, los puertos 10 Gigabit Ethernet estarán disponibles comercialmente en un futuro próximo. GbE es una opción aún más atractiva cuando se complementa con MPLS. El multi-protocolo de Conmutación de Etiquetas (*MultiProtocol Label Switching*, MPLS) es un estándar de IETF que permite integrar en IP el modo de conmutación rápido por etiquetas utilizado por ATM, además de proporcionar ingeniería del tráfico, cursar tráfico con distintas QoS, proteger ciertas rutas, crear redes privadas virtuales (*Virtual Private Networks*, VPN), etc. Es decir, MPLS permite de una manera más sencilla y escalable ofrecer prácticamente la misma funcionalidad de ATM en IP y además está diseñado para operar sobre cualquier tecnología de nivel de enlace (ATM, Frame Relay y Ethernet).

Las ventajas que ofrece este método de transporte de IP sobre WDM son bajo costo, sencillez y alta escalabilidad; su principal desventaja es la poca eficiencia que presenta en el transporte de datos. La sobrecarga de GbE es de un 28%, originada fundamentalmente en la codificación de línea 8B/10B para el transporte óptico (la velocidad de línea es por lo tanto de 1,25 Gbps en vez de 1 Gbps), necesaria para mantener el sincronismo.

- IP sobre WDM robusto. Evidentemente, la única forma de eliminar todas las limitaciones asociadas a estas arquitecturas es transportar IP directamente sobre la capa WDM con la mayor eficiencia posible, para lo cual es necesario que IP y WDM adopten la funcionalidad inherente a otras capas; en concreto, los gigarouters IP tendrían una nueva tarjeta de línea que utilizaría SDL y Digital Wrappers para el transporte óptico sobre sistemas WDM dotados de una mayor flexibilidad que los actuales.

En efecto, WDM está pasando de ser una tecnología muy estática empleada únicamente en redes punto a punto, a ser utilizada en redes en anillo muy flexibles. Durante los próximos años se implementarán OADM Reconfigurables (*Reconfigurable Optical Add and Drop Multiplexers*, R-OADM) capaces de extraer e insertar longitudes de onda de la fibra dinámicamente según la configuración realizada desde el sistema de gestión. Combinados con los OXC, que permiten conmutar dinámicamente las longitudes de onda desde fibras de entrada a fibras de salida, la capa WDM estará en condiciones de realizar las mismas funciones que ahora desempeña la capa SONET/SDH, creando una red óptica flexible, de alta capacidad y eficiencia y con una gestión del ancho de banda totalmente óptica.

Por otro lado, para mejorar el aprovechamiento del ancho de banda óptico y la funcionalidad de este esquema es necesario un protocolo que realice la misma misión que cumple MPLS en la arquitectura de IP/GbE/WDM. Este protocolo es MPLS generalizado (*Generalized MultiProtocol Label Switching*, GMPLS), evolución de MPLS y en proceso de estandarización por el IETF. GMPLS soporta no sólo dispositivos de conmutación de paquetes, sino también de conmutación en el tiempo, en longitud de onda y de fibras ópticas. De esta forma, ofrece un panel de control único e integrado y extiende la disponibilidad de recursos y gestión del ancho de banda a lo largo de todas las capas de la red, ofreciendo así una rápida provisión de servicios de cualquier tipo, en cualquier momento, con cualquier calidad de servicio, con cualquier grado de disponibilidad y con cualquier destino.

La figura 7 presenta un ejemplo de las posibles combinaciones que se pueden emplear en las redes actuales, para implementar IP/WDM.



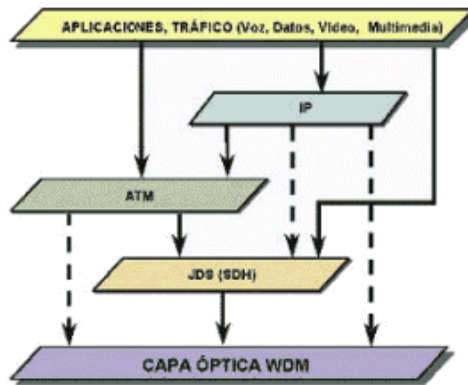


Figura 7. Posibles arquitecturas para implementar IP/WDM [2]

Otros modelos en capas empleables en este mismo contexto [14], son:

- IP/ATM/WDM
- IP/Ethernet/SDH/WDM
- IP/Ethernet/SDH/WDM
- IP/DPT/SDH/WDM
- IP/MAPOS/SDH/WDM
- IP/DTM/SDH/WDM
- IP/LAPS/SDH/WDM
- IP-MPLS/SDH/WDM

## ANEXO B

### VALORES TÉCNICOS DE LOS PARÁMETROS DEL ESPECTRO OPM

En seguida se exponen las medidas aconsejables para ciertos parámetros de monitoreo de desempeño.

- El valor del BER no debe ser superior a  $10^{-10}$ , cuando se cuente con las condiciones extremas de atenuación y dispersión del trayecto óptico. Sin embargo, si se desea un sistema con mejor desempeño, se sugiere considerar un BER superior a  $10^{-12}$  [16].
- Se sugiere que el mínimo valor del factor Q sea 7: Esto se recomienda porque el BER mejora a medida que el factor Q aumenta y empieza a ser menor que  $10^{-12}$  cuando el factor Q es mayor que 7 [17].

Los valores recomendados de otros parámetros de monitoreo óptico, se consignan en la tabla 3 de acuerdo con una serie de consideraciones, tales como, el nivel STM, la distancia del enlace y la fuente de longitud de onda nominal [16].

Dentro de la tabla se utiliza un código para especificar las características de cada caso, el cual se asigna de la siguiente forma:

- Si el sufijo corresponde a una “I” hace referencia a los enlaces “intracentrales”, si es una “S” se trata de los enlaces de corta distancia y si es una “L” a los de “larga distancia”.
- El primer número del sufijo especifica el nivel STM.
- El segundo número del sufijo puede ser un 1, un 2 o un 3, de esta forma: el que se designa con el número 1 (o en blanco) indica fuentes de onda nominal de 1310 nm en fibras ópticas G.652, el número 2 implica fuentes de longitud de onda nominal de 1550 nm en fibras ópticas G.652 para aplicaciones de corta distancia y en fibras G.652 o G.654 para aplicaciones de larga distancia y el 3 se utiliza para la fuentes de longitud de onda nominal de 1550 nm en fibras ópticas G.653.

**Tabla 3. Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-1**

	Unidad	Valores									
Código de aplicación		I-1	S-1.1	S-1.2		L-1.1		L-1.2	L-1.3		
<b>Gama De longitudes de onda de funcionamiento</b>	nm	1260-1360	1261-1361	1430-1576	1430-1580	1263-1360		1480-1580	1523-1577	1480-1580	
<b>Transmisor en el punto de referencia</b>											
<b>Tipo de fuente</b>		MLM	LED	MLM	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	MLM	SLM
<b>Características espectrales:</b>											
• <b>Anchura RMS mín.</b>	nm	40	80	7.7	2.5	-	3	-	-	3/2.5	-
• <b>Anchura a -20 dB máx</b>	nm	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1
<b>Potencia inyectada media</b>											
• <b>Máxima</b>	dBm	-8	-8	-8	-8	-8	0	0	0	0	0
• <b>Mínima</b>	dBm	-15	-15	-15	-15	-15	-5	-5	-5	-5	-5
<b>Relación de extinción mínima</b>	dB	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	10	10	10	10	10
<b>Trayecto óptico</b>											
• <b>Gama de atenuación</b>	dB	0.7	0-12	0-12	0-12	10-28	10-28	10-28	10-28	10-28	10-28
• <b>Dispersión máxima</b>	ps/nm	18   25	96	296   NA	296   NA	246   NA	246   NA	NA	NA	426/296   NA	NA
• <b>Pérdida de retorno óptico mínima de la planta de cable, incluidos todos los conectores.</b>	dB	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20	NA	NA	NA
<b>Receptor en el punto de referencia</b>											
• <b>Sensibilidad mínima</b>	dBm	-23	-28	-28	-28	-34	-34	-34	-34	-34	-34
• <b>Sobrecarga mínima</b>	dBm	-8	-8	-8	-8	-10	-10	-10	-10	-10	-10
• <b>Penalización máxima en el trayecto óptico</b>	dB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 4. Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-4

	Unidad	Valores							
Código de aplicación		I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1		L-4.2	L-4.3	
<b>Gama De longitudes de onda de funcionamiento</b>	nm	1261-1360	1293 - 1334/ 1274 - 1356	1430-1580	1263 - 1360/ 1296 - 1330	1280 - 1335	1480-1580	1480-1580	
<b>Transmisor en el punto de referencia</b>									
<b>Tipo de fuente</b>		MLM	LED	MLM	SLM	MLM	SLM	SLM	SLM
<b>Características espectrales:</b>									
• <b>Anchura RMS mín.</b>	nm	14.5	35	4/2.5	-	2/1.7	-	-	3/2.5
• <b>Anchura a -20 dB máx</b>	nm	-	-	-	1	-	1	<1	1
<b>Potencia inyectada media</b>									
• <b>Máxima</b>	dBm	-8	-8	-8	-8	+2	+2	+2	+2
• <b>Mínima</b>	dBm	-15	-15	-15	-15	-3	-3	-3	-3
<b>Relación de extinción mínima</b>	dB	8.2	8.2	8.2	8.2	10	10	10	10
<b>Trayecto óptico</b>									
• <b>Gama de atenuación</b>	dB	0.7	0-12	0-12	0-12	10-24	10-24	10-24	10-24
• <b>Dispersión máxima</b>	ps/nm	13   24	46/74	NA	NA	92/109   NA	1600	NA	NA
• <b>Pérdida de retorno óptico mínima de la planta de cable, incluidos todos los conectores.</b>	dB	NA	NA	24	24	20	24	20	
<b>Receptor en el punto de referencia</b>									
• <b>Sensibilidad mínima</b>	dBm	-23	-28	-28	-28	-28	-28	-28	
• <b>Sobrecarga mínima</b>	dBm	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	
• <b>Penalización máxima en el trayecto óptico</b>	dB	1	1	1	1	1	1	1	

Tabla 5. Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-16

	Unidad	Valores					
Código de aplicación		I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
<b>Gama De longitudes de onda de funcionamiento</b>	nm	1266-1360	1260-1360	1430-1580	1280-1335	1500-1580	1500-1580
<b>Transmisor en el punto de referencia</b>							
<b>Tipo de fuente</b>		MLM	SLM	SLM	SLM	SLM	SLM
<b>Características espectrales:</b>							
• Anchura RMS mín.	nm	4	-	-	-	-	-
• Anchura a -20 dB máx	nm	-	1	<1	1	<1	<1
<b>Potencia inyectada media</b>							
• Máxima	dBm	-3	0	0	+3	+3	+3
• Mínima	dBm	-10	-5	-5	-2	-2	-2
<b>Relación de extinción mínima</b>	dB	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
<b>Trayecto óptico</b>							
• Gama de atenuación	dB	0.7	0-12	0-12	12-24	12-24	12-24
• Dispersión máxima en el límite superior de la longitud de onda	ps/nm	12	NA	800	NA	1600	450
• Dispersión máxima en el límite inferior de la longitud de onda	ps/nm	12	NA	420	NA	1200	450
• Pérdida de retorno óptico mínima de la planta de cable, incluidos todos los conectores.	dB	24	24	24	24	24	24
<b>Receptor en el punto de referencia</b>							
• Sensibilidad mínima	dBm	-23	-28	-28	-34	-34	-34
• Sobrecarga mínima	dBm	-8	-8	-8	-10	-10	-10
• Penalización máxima en el trayecto óptico	dB	1	1	1	1	1	1

## ANEXO C

### DESCUBRIMIENTO DE CONOCIMIENTO EN BASES DE DATOS (KDD) y MINERÍA DE DATOS (MD)

Para comprender KDD, se requiere tener claro algunos conceptos que toman un significado puntual en este contexto. Entre estos principalmente se tiene que de forma general, los *datos* son la materia prima bruta. En el momento que el usuario les atribuye algún sentido especial pasan a convertirse en *información*. Cuando los especialistas elaboran o encuentran un modelo, haciendo que la interpretación de la información y ese modelo representen un valor agregado, entonces se habla del *conocimiento*.

En la figura 8 se ilustra la jerarquía que existe en una base de datos entre datos, información y conocimiento. Se observa igualmente el volumen que presenta en cada nivel y el valor que los responsables de las decisiones le dan en esa jerarquía. El área interna dentro del triángulo representa los objetivos propuestos. La separación del triángulo representa la estrecha unión entre dato e información, no así entre la información y el conocimiento [18].

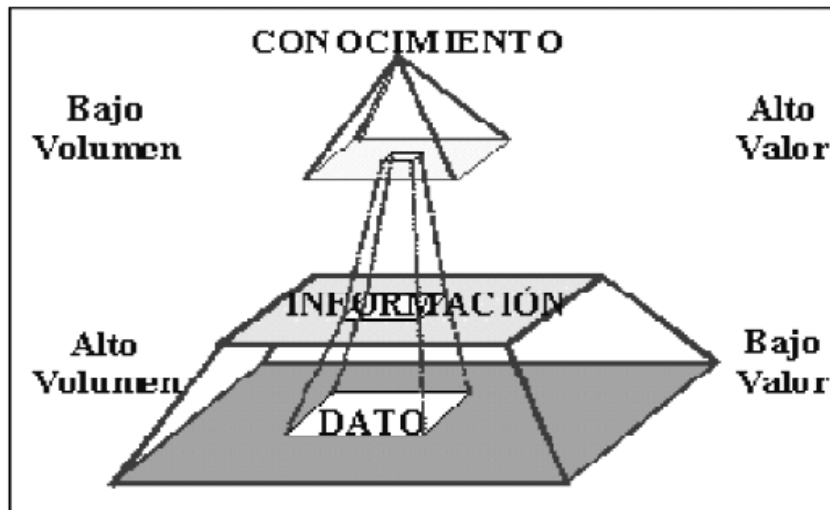


Figura 8. Jerarquía que existe en una base de datos [18].

Teniendo claras estas definiciones, es factible entender en qué consiste el KDD. En síntesis, este apunta a procesar automáticamente grandes cantidades de datos para encontrar conocimiento útil en ellos, permitiendo al usuario la utilización de esta información valiosa para su conveniencia. Entonces, el KDD se define como la extracción no trivial de información implícita, previamente desconocida y potencialmente útil, a partir de datos almacenados en bases de datos, data warehouses u otro repositorio de información.

Dentro de las enormes masas de datos existe una gran cantidad de información oculta, de gran importancia estratégica, a la que no se puede acceder por las técnicas clásicas de recuperación de la información. El descubrimiento de esta información oculta es posible gracias a la MD, que entre otras sofisticadas técnicas aplica la inteligencia artificial para encontrar patrones y relaciones dentro de los datos permitiendo la creación de modelos, es decir, representaciones abstractas de la realidad, pero es el KDD el que se encarga de la preparación de los datos y la interpretación de los resultados obtenidos, los cuales dan un significado a estos patrones encontrados [18]. Así el valor real de los datos reside en la información que se puede extraer de ellos, información que ayude a tomar decisiones o mejorar nuestra comprensión de los fenómenos que nos rodean [19].

La figura 9 muestra las fases del proceso de KDD, una de las cuales es la Minería de Datos.

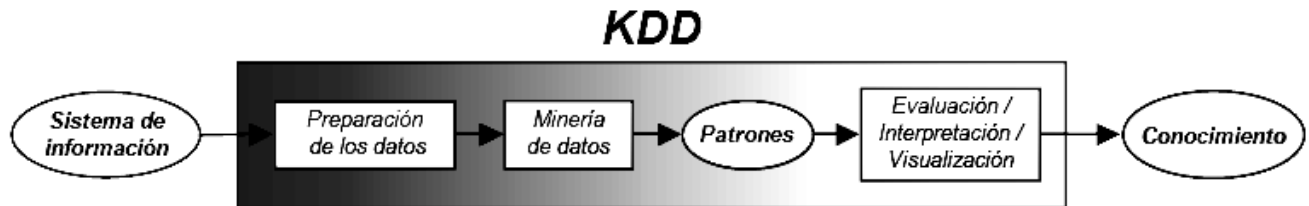


Figura 9. Proceso de KDD [19].

La fase de MD nace por la carencia de técnicas que permitan analizar la información de tal forma que se puedan extraer patrones a partir de la misma. Este surgimiento se explica en la figura 10.

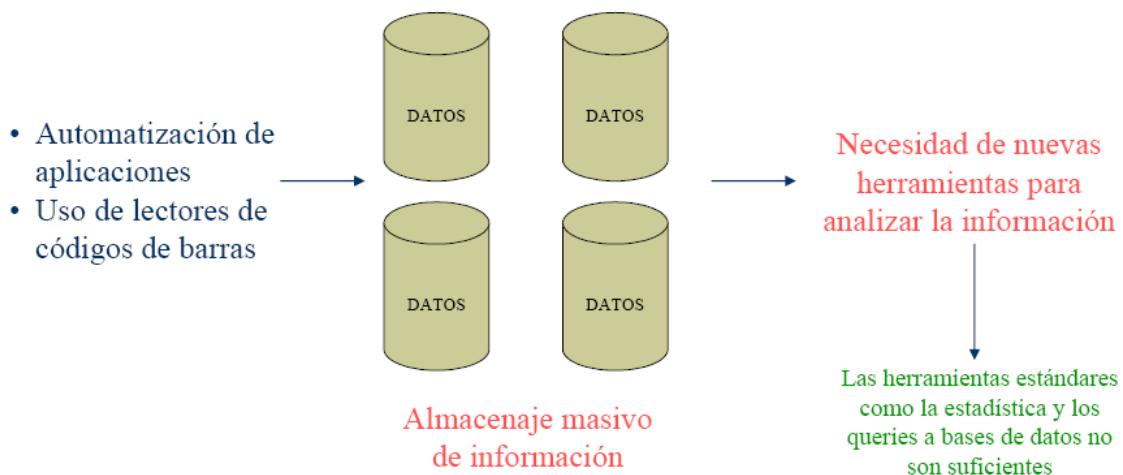


Figura 10. Surgimiento de la MD [19].

Los pasos a seguir para la realización de un proyecto de MD son siempre los mismos, independientemente de la técnica específica de extracción de conocimiento usada [18]. Es así como se puede afirmar que en general, el proceso de minería de datos pasa por las siguientes fases [18] [19]:

1. Comprensión del negocio y del problema que se quiere resolver.
2. Filtrado de datos: el formato de los datos contenidos en la fuente de datos nunca es el correcto, y la mayoría de las veces no es posible ni siquiera utilizar algún algoritmo de minería sobre los datos iniciales sin que requieran alguna transformación. En este paso se filtran los datos con el objetivo de eliminar valores incorrectos, no válidos o desconocidos, según las necesidades y el algoritmo a utilizar. Además se obtienen muestras de los datos en busca de mayor velocidad y eficiencia de los algoritmos, o se reducen el número de valores posibles para los atributos de análisis.
3. Selección de variables: después de realizar la limpieza de los datos, en la mayoría de los casos se tiene una gran cantidad de variables o atributos. La selección de características reduce el tamaño de los datos, sin apenas sacrificar la calidad del modelo de conocimiento obtenido del proceso de minería; seleccionando las variables más influyentes en el problema.

Los métodos para la selección de los atributos que más influencia tienen en el problema son básicamente dos:

- Aquellos basados en la elección de los mejores atributos del problema.
  - Aquellos que buscan variables independientes mediante tests de sensibilidad, algoritmos de distancia o heurísticos.
4. Extracción de Conocimiento: es la esencia de la MD donde mediante una técnica, se obtiene un modelo de conocimiento, que representa patrones de comportamiento observados en los valores de las variables del problema o relaciones de asociación entre dichas variables. Los modelos que se generan son expresados de tres formas posibles: reglas, árboles o redes neuronales. También pueden usarse varias técnicas a la vez para generar distintos modelos, aunque generalmente cada técnica obliga a un pre-procesado diferente de los datos.
  5. Interpretación y Evaluación: una vez obtenido el modelo, se procede a su validación; donde se comprueba que las conclusiones que arroja son válidas y suficientemente satisfactorias. En el caso de haber obtenido varios modelos mediante el uso de distintas técnicas, se los debe comparar para buscar el que se ajuste mejor al problema. Si ninguno alcanza los resultados



esperados, debe alterarse alguno de los pasos anteriores para generar nuevos modelos.

En la figura 11 se pueden apreciar las fases mencionadas, las cuales conforman el proceso de MD:

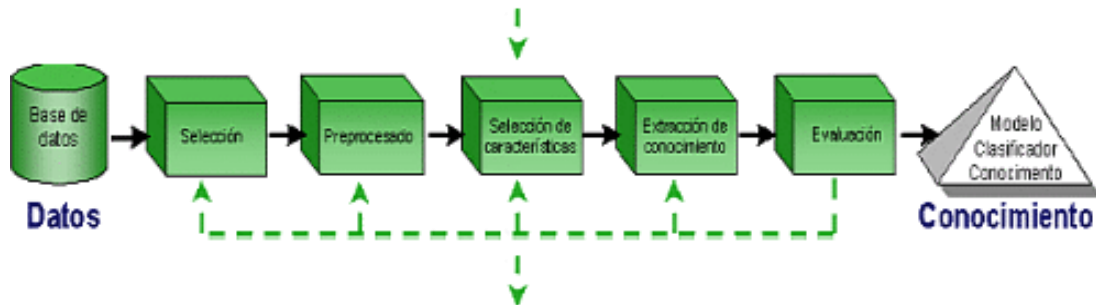


Figura 11. Fases de la MD [19].

Es preciso exponer que se estima que la extracción de patrones de los datos (MD) ocupa solo del 15% al 20% del esfuerzo total del proceso de KDD [18]. En la figura 12 se ilustra este proceso, con el cual se pretende procesar automáticamente grandes cantidades de datos crudos, identificar los patrones más significativos y relevantes, y por último, presentarlos como conocimiento apropiado para satisfacer las metas del usuario [20].

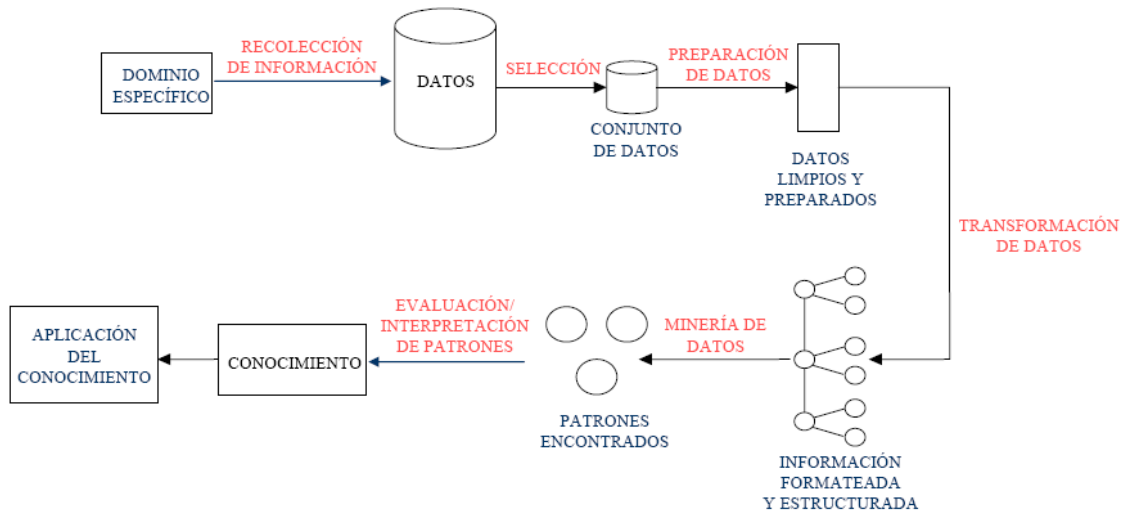


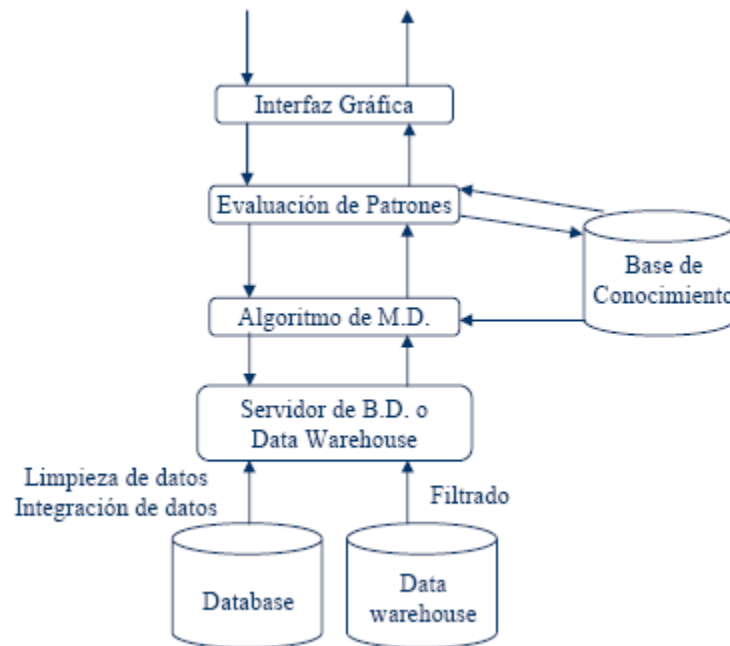
Figura 12. Proceso de KDD [20].

Este proceso involucra los siguientes pasos [18]:

- Determinar las fuentes de información que pueden ser útiles y dónde conseguirlas.

- Realizar el diseño del esquema de un almacén de datos (Data Warehouse), que consiga unificar de manera operativa toda la información recogida.
- Implantar el almacén de datos que permita la navegación y visualización previa de sus datos, para discernir qué aspectos puede interesar que sean estudiados. Esta es la etapa que puede llegar a consumir el mayor tiempo.
- Seleccionar, limpiar y transformar los datos que se van a analizar: la selección incluye tanto una fusión horizontal (filas) como vertical (atributos) en las tablas de la base de datos. La limpieza y pre-pocesamiento de datos se logra diseñando una estrategia adecuada para manejar ruido, valores incompletos, secuencias de tiempo, casos extremos (si es necesario), etc.
- Seleccionar y aplicar el método de minería de datos apropiado: esto incluye la selección de la tarea de descubrimiento a realizar, por ejemplo, clasificación, agrupamiento o clustering, regresión, etc.; la selección de él o de los algoritmos a utilizar y la transformación de los datos al formato requerido por el algoritmo específico de minería de datos.
- Llevar a cabo el proceso de minería de datos: se buscan patrones que puedan expresarse como un modelo o simplemente que manifiesten dependencias de los datos. El modelo encontrado depende de su función (clasificación) y de su forma de representarlo (árboles de decisión, reglas, etc.). Se tiene que especificar un criterio de preferencia para seleccionar un modelo dentro de un conjunto posible y la estrategia de búsqueda a utilizar (normalmente está predeterminada en el algoritmo de minería).
- Evaluación, interpretación, transformación y representación de los patrones extraídos: interpretar los resultados y posiblemente regresar a los pasos anteriores. Esto puede involucrar repetir el proceso, quizás con otros datos, otros algoritmos, otras metas y otras estrategias. Este es un paso crucial en donde se requiere tener conocimiento del dominio. La interpretación puede beneficiarse de procesos de visualización, y sirve también para borrar patrones redundantes o irrelevantes.
- Difusión y uso del nuevo conocimiento: incorporar el conocimiento descubierto al sistema (normalmente para mejorarlo) lo cual puede incluir resolver conflictos potenciales con el conocimiento existente. El conocimiento se obtiene para realizar acciones, ya sea incorporándolo dentro de un sistema de desempeño o simplemente para almacenarlo y reportarlo a las personas interesadas. En este sentido, KDD implica un proceso interactivo e iterativo, involucrando la aplicación de varios algoritmos de minería de datos.

Para llevar a cabo el proceso de KDD se ha establecido la arquitectura de un sistema típico, la cual se expone en la Figura 13.



**Figura 13. Arquitectura de un Sistema Típico de KDD [20].**

A continuación se destacan los aspectos principales de cada parte que conforma la arquitectura mostrada [20].

- Repositorio de datos: puede ser de diversos tipos, entre ellos se encuentran, bases de datos, datawarehouse, hoja de cálculo, etc. A los datos aquí almacenados se le aplican técnicas de limpieza e integración.
- Servidor de bases de datos: utilizado para obtener la información relevante según el proceso de minería de datos
- Base de conocimiento: consiste en el conocimiento del dominio para guiar la búsqueda, evaluar que tan interesantes son los patrones y las creencias de los datos del usuario, es decir, lo que se espera de los datos para descubrir comportamientos inesperados. En esta parte se manejan umbrales de evaluación, un conocimiento previo y meta-datos.
- Algoritmo de minería de datos: este debe ser modular para realizar distintos tipos de análisis como caracterización, asociación, clasificación, análisis de grupos, evolución (en espacio o tiempo) y análisis de desviaciones.

- **Módulo de Evaluación de Patrones:** se encarga de medir qué tan interesante es un patrón e interactuar con el algoritmo de M.D. para guiar la búsqueda hacia patrones interesantes.
- **Interfaz gráfica:** permite la interacción con el usuario para llevar a cabo la elección de la tarea de minería de datos. También provee información para enfocar la búsqueda, ayuda a evaluar los patrones, explorar los encontrados y la base de datos original y facilita la visualización de los patrones en distintas formas.
- **MD:** puesto que esta parte, ya se ha explicado anteriormente, en ella sólo se destacará que utiliza métodos basados en tecnología de bases de datos, estadística, aprendizaje automático, cómputo de alto rendimiento, reconocimiento de patrones, redes neuronales, visualización de datos, recuperación de Información, procesamiento de imágenes y señales y análisis de datos espaciales.

En conclusión, son muchas las áreas, técnicas, estrategias, tipos de bases de datos y personas que intervienen en un proceso de KDD. Los negocios requieren que las soluciones tengan una integración transparente en un ambiente operativo. Esto lleva a la necesidad de establecer estándares para hacer un ambiente interoperable, eficiente y efectivo. Se exponen algunas iniciativas de creación de estos estándares, las cuales incluyen aspectos en:

- **Modelos:** para representar datos estadísticos y de MD.
- **Atributos:** para representar la limpieza, transformación y agregación de atributos usados como entrada en los modelos.
- **Interfaces y API:** para facilitar la integración con otros lenguajes o aplicaciones de software y API.
- **Configuración:** para representar parámetros internos requeridos en la construcción y uso de los modelos.
- **Procesos:** para producir, desplegar y usar modelos.
- **Datos remotos y distribuidos:** para analizar y explorar datos remotos y distribuidos.

## REFERENCIAS

- [1] J. P. Laude. "Optical Networking & WDM (Standards & Protocols)Walter Goralski". Artech House, Inc.. 2002.
- [2] Alfredo Aponte, Joel F. Cardozo, "Concepto de IP en las nuevas redes Integradas", Universidad Central de Venezuela, 2006.
- [3] Rubén de León Guerrero, David Nicolás Ruiz, "Comunicaciones ópticas", Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación Universidad Politécnica de Madrid, 2005.
- [4] V. Alwayn. "Optical Network Design and Implementation". Cisco Press. Marzo 17, 2004.
- [5] Ignacio Frez, Francisco Márquez, "Tecnología de dispositivos WDM", 2004.
- [6] Francisco Ramos Pascual "Redes ópticas transparentes basadas en tecnología DWDM", Revista Conectónica, 2004.
- [7] Luis Velasco, Salvatore Spadaro, Jaume Comellas, Gabriel Junten, "Diseño de nodos totalmente ópticos reconfigurables", XVII JORNADA TELECOM I+D, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), España, 2007
- [8] B. Gumaste y T. Antony, "DWDM Network Designs and Engineering Solutions". Cisco Press. Diciembre 13, 2002.
- [9] C. Del Rio Campos, P. Rodriguez Horche, "Análisis Comparativo de Sistemas CWDM en Función del Tipo de Fuente y Fibra Empleada". Universidad San Pablo CEU, Universidad Politécnica de Madrid, 2005.
- [10] "WDM Network Planning and Designing", Huawei Technologies Co., 2005.
- [11] Radiocomunicaciones y Fibra Óptica, "Redes ópticas DWDM", Tutorial disponible en: [www.radioptica.com](http://www.radioptica.com).
- [12] R. Pous Grébol, "Análisis del espectro óptico en las comunicaciones por fibra óptica". Laboratorio de Telecomunicación de PROMAX Electronica S.A., 2006.
- [13] Francisco Ramos Pascual Artículo Revista, "Redes ópticas basadas en CWDM", Revista Electrónica & Comunicaciones nº 178, 2003.
- [14] EURESCOM, "IP optimized network architectures and their evaluation", Project P918, 2000.

- [15] Ramón Jesús Millán Tejedor, "IP sobre WDM", Network Work Magazine, 2003.
- [16] G.957, "Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona", Recomendación ITU-T, 2006.
- [17] Carolina Jiménez Zapata, Doni Daniel Constaín Prado "Definición de criterios y procedimientos que permitan el dimensionamiento de redes ópticas WDM mediante el análisis de los principales efectos de transmisión óptica", Universidad del Cauca, 2008.
- [18] Sofía J Vallejos, "Minería de Datos", Universidad Nacional de Nordeste – Argentina, 2006.
- [19] Ernesto González Díaz, Zady Pérez Hernández, Ivet Espinosa Conde, "Obtención de patrones y reglas en el proceso académico de la Universidad de las Ciencias informáticas utilizando técnicas de minería de datos", Universidad de las Ciencias Informáticas - La Habana, Cuba, 2008.
- [20] Eduardo Morales Manzanares, Jesús Antonio González Bernal, "Introducción a la Minería de datos", Instituto Nacional De Astrofísica Óptica Y Electrónica, 2007.