

Arquitecturas de sistemas de comunicaciones. Arquitecturas basadas en niveles. Estándares.

TEMA 62 (54 SAI)

ABACUS NT

Índice

1. Introducción

2. Tipos de arquitecturas

3. Arquitecturas basadas en niveles

3.1. Modelos OSI y TCP/IP

3.1.1. Justificación de un modelo basado en niveles.

3.2. Transferencia de información en un sistema basado en niveles

3.3. Modelo OSI

- 3.3.1. Nivel 7: Aplicación. Funciones y Servicios.
- 3.3.2. Nivel 6. Presentación. Funciones y Servicios.
- 3.3.3. Nivel 5. Sesión
- 3.3.4. Nivel 4. Transporte
- 3.3.5. Nivel 3. Red
- 3.3.6. Nivel 2. Enlace de Datos
- 3.3.7. Nivel 1. Físico.

3.4. El modelo OSI frente a TCP/IP

- 3.4.1. La capa de acceso a la red
- 3.4.2. La capa de Internet
- 3.4.3. La capa de transporte
- 3.4.4. La capa de Aplicación

3.5. Estándares Alternativos

4. Estándares

4.1. La ISO

4.2. La ITU-T

4.3. Otras organizaciones

5. Conclusión.

5.1. Relación con el Currículo

6. Bibliografía

1. Introducción

Una arquitectura de red es un conjunto de reglas que gobierna la interconexión y la interacción de los componentes de una red; incluye los formatos para los datos, los protocolos y las estructuras lógicas para las funciones que proporcionan comunicaciones efectivas entre los sistemas de proceso de datos conectados a la red.

2. Tipos de arquitecturas

La estructura en niveles permite separar las funciones en distintos niveles que se comunican con los niveles equivalentes situados en nodos distantes.

Las arquitecturas de red pueden clasificarse en **jerárquicas** y **distribuidas**.

Una red distribuida, como la DNA, asigna a cada sistema de comunicaciones de la red las mismas funciones, y todas las sesiones de la red tienen lugar entre sistemas parejos que ofrecen un conjunto de servicios a los usuarios y comparten las funciones de gestión de red.

Otros criterios de clasificación que pueden aplicarse a las redes son su orientación hacia el usuario final (servicios que ofrece al usuario final) y hacia las comunicaciones (facilidades de transporte y de conversión de protocolos que hacen la red transparente al usuario). SNA y DNA son redes orientadas al usuario final, mientras que una red pública de comunicaciones basada en X.25 está orientada a las comunicaciones.

El CCITT, Comité Consultivo Internacional para Telegrafía y Telefonía, se fundó en 1965 para establecer recomendaciones que definiesen estándares abiertos para las comunicaciones de textos y voz entre ordenadores. El trabajo más significativo en el establecimiento de estándares internacionales para la interconexión de sistemas abiertos de ordenadores se debe a la organización internacional de estándares (ISO, International Standardization Organization).

El primer paso hacia el establecimiento de una arquitectura abierta como alternativa a las arquitecturas comerciales lo dio en 1977 el comité ISO/TC97/SC16/ que desarrolló un modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos (OSI, Open Systems Interconnection); este modelo es la base para la coordinación y el desarrollo de estándares para las redes de comunicaciones.

3. Arquitecturas basadas en niveles

3.1. Modelos OSI y TCP/IP

3.1.1. Justificación de un modelo basado en niveles.

El proceso de comunicación es complejo. Para afrontar la complejidad del proceso de comunicación basado en las redes de datos, este se divide en capas o niveles. Cada uno de estos niveles deberá

implementar una serie de cuestiones concretas sin tener en cuenta el resto de funciones que serán implementadas en otros niveles.

El diseño de una arquitectura basada en niveles está fundamentada en los siguientes principios:

- Cada nivel lleva a cabo unas funciones limitadas y bien definidas.
- El número de niveles y su función puede ser distinto en cada arquitectura de red, lo suficientemente grande como para diferenciar las funciones de cada nivel, pero no tanto como para aumentar la complejidad del proceso.
- Cada nivel debe comunicarse únicamente con su nivel inmediatamente anterior y posterior.
- La comunicación entre niveles se implementa mediante servicios: Cada nivel ofrece servicios al nivel superior, y, por tanto, utiliza los servicios del nivel inferior.
- Las interfaces entre niveles deben estar claramente definidas para respetar el principio de modularidad.
- Las interfaces deben ser sencillas para que se minimice el flujo de información entre los niveles.

3.2. Transferencia de información en un sistema basado en niveles

En una arquitectura de niveles, cuando un nivel tiene que transferir datos, toda la información debe pasar obligatoriamente por los niveles inferiores, del nivel más alto al más bajo, en sentido descendente, y luego de transmitida debe pasar igualmente por todos los niveles inferiores desde el nivel más bajo al más alto (es decir en sentido ascendente).

Cada uno de los niveles por los que pasa la información tiene una serie de funciones que va a necesitar cierta información de control; esta información se conoce como “cabecera” y se añade al comienzo del bloque de datos.

Existe por tanto una correspondencia directa entre los niveles del emisor y del receptor: el nivel n del emisor es homónimo al nivel n del receptor, y sólo el nivel n del receptor es capaz de interpretar la cabecera que el mismo nivel del emisor colocó en el paquete de información.

El mecanismo que permite el entendimiento entre el nivel n del emisor y el nivel n del receptor se denomina protocolo de la capa n.

Por tanto, los protocolos son reglas que se establecen para llevar a cabo la comunicación entre niveles homónimos.

3.3. Modelo OSI

EL modelo OSI (Open System Interconnection) fue desarrollado por ISO (International Standards Organization) bajo el estándar **ISO 7498**. Así mismo forma parte de las recomendaciones ITU-T (International Telecommunication Union for Telecommunications) bajo el **standard X.200**.

OSI es un sistema basado en niveles para el diseño de sistemas de red. Este modelo además permite la interconexión de sistemas abiertos, o lo que es lo mismo, permite que dos sistemas diferentes se puedan comunicar independientemente de su arquitectura.

El Modelo OSI no especifica ni los servicios ni los protocolos que forman parte de cada nivel.

OSI Define 7 niveles, numerados desde el 7 al 1 descendente: **Aplicación, Presentación, Sesión, Transporte, Red, Enlace de datos y Físico.**

Los niveles OSI van desde los niveles más a nivel Software hasta los niveles más a nivel hardware.

3.3.1. Nivel 7: Aplicación. Funciones y Servicios.

Este es el nivel más alto del modelo y por tanto donde se genera la interacción con el usuario y los datos que viajan por las redes.

Función

Se encarga de suministrar servicios de red a procesos de aplicación de usuario que se encuentran fuera del modelo OSI a través de un conjunto de protocolos.

Servicios

Es en este nivel donde se implementan todos los llamados **servicios de red**. Hoy en día, estos servicios son casi innumerables, aunque existe una serie de ellos que son los más extendidos (navegación web, por ejemplo)

Algunos de los protocolos estándar de la capa de aplicación son los protocolos POP3 y SMTP (Correo electrónico), FTP (transferencia de archivos), HTTP (hipertexto), etc.

3.3.2. Nivel 6. Presentación. Funciones y Servicios.

Función

Se encarga de realizar las conversiones necesarias para asegurar que los bits intercambiados entre dos ordenadores diferentes se presentan a cada uno de la manera esperada. Garantiza que la información que envía la capa de aplicación de un sistema pueda ser leída por capa de aplicación de otro, traduciendo varios formatos de datos a un formato común. A este nivel se pueden llevar a cabo **compresión, cifrado y codificación** de los datos

Por ejemplo, podríamos interpretar las cadenas de bits que nos llegan conforme al código ASCII de 8 bits.

Servicios

Los servicios proporcionados por este nivel son los siguientes:

- Transformación o conversión de código de los datos.
- Formateo y estructuración de los datos
- Selección de sintaxis de transferencia para la capa de aplicación.

3.3.3. Nivel 5. Sesión

Función

Organiza y sincroniza el intercambio de datos entre los distintos procesos de aplicación:

Implementa las funciones necesarias para **iniciar, mantener y finalizar** las sesiones de comunicación y establece puntos de **sincronización** para mantener el correcto flujo de información.

En este nivel ambos a ambos extremos se les supone la misma categoría y no tiene en cuenta si es una comunicación cliente-servidor.

Servicios

El establecimiento de una sesión entre de dos equipos se realiza de la siguiente manera:

- Establecimiento de la conexión de sesión. Se conectan a petición del usuario.
- Sincronización y mantenimiento de la sesión. Para proporcionar un intercambio ordenado de datos, el nivel de sesión realiza la función de sincronización del diálogo.
- Intercambio de datos. Permite la transferencia de datos en ambos sentidos en forma de SPDU (Sesión Protocol Data Unit), que es la unidad de este nivel.
- Liberación de la conexión de sesión. Cuando la sesión termina, se desconecta.

3.3.4. Nivel 4. Transporte

Función:

Se encarga de establecer una conexión extremo a extremo entre dos equipos, multiplexando el tráfico en una única comunicación.

Los datos se dividen en unidades más pequeñas denominadas TPDU (Transport Protocol Data Unit), que se recomponen de nuevo en el receptor.

Servicios:

- Orientados a conexión: Establece una conexión con acuse de recibo y con control de errores, retransmisión de mensajes y control de flujo. Sólo permite conexiones punto a punto.
- No orientado a conexión: cuando se desean realizar envíos multidestino o no se puede tolerar el retardo de acuses de recibo y retransmisiones.

Ejemplos de protocolos de transporte incluyen el OSI TP4 (Transport Protocol 4). En Internet existen dos protocolos de transporte: TCP y UDP.

3.3.5. Nivel 3. Red

Cuando los equipos emisor y receptor están en distintas redes es imprescindible encaminar la información a este nivel para que la información llegue al equipo correcto.

La capa de red segmenta los mensajes en unidades llamadas “**paquetes**”, cuyo tamaño puede ser de varios KB hasta incluso GB.

Para eso este nivel se encarga de las siguientes funciones:

- Encaminamiento o enrutamiento de los paquetes: identificación de la(s) ruta(s) que deben seguir los paquetes hasta alcanzar su destino.
- Direccionamiento lógico: Identificación de los equipos y de la red a la que pertenecen.
- Control de la congestión: identifica y evita rutas sobrecargadas o excesivamente lentas, buscando y seleccionando alternativas más veloces.

Función:

Se encarga de dirigir los datos desde el origen al destino por una determinada ruta a través de los nodos de la red. Además, realiza el control de la congestión para evitar la sobrecarga de la red.

Los bits de datos se agrupan en unidades de tamaño variable denominadas paquetes.

El nivel de red es el único que conoce la topología de la red, que está formada por dos tipos de nodos:

Nodos terminales: Aquellos que envían o reciben paquetes

Nodos de conmutación: Se utilizan para encaminar paquetes entre dos nodos terminales.

Servicios

Los tipos de servicio que los protocolos de red pueden suministrar son los siguientes:

- Orientados a conexión: Establece un circuito virtual entre los equipos que desean comunicarse a través de los nodos de conmutación en el instante de la conexión.
- No orientado a conexión: Los paquetes pueden ir por caminos físicos diversos, y cada uno debe contener su dirección de destino. Cada nodo de conmutación se encarga de seleccionar el siguiente nodo por el que enrutar al paquete para que llegue a su destino. Los paquetes pueden llegar desordenados, por lo que deberían contener información sobre su orden para que el mensaje original se recomponga en destino. Normalmente este servicio es sin acuse de recibo.

La capa de red es la más importante en redes de conmutación de paquetes (tales como X.25 o TCP/IP). Algunos ejemplos de protocolos utilizados en la capa de red son los protocolos de nivel de paquete y nivel de pasarela CCITT X.25 Y X.75, el IP (Internet Protocol)

3.3.6. Nivel 2. Enlace de Datos

Funciones

El nivel físico se encarga de la transmisión sin realizar ninguna tarea de control adicional, es por tanto en el nivel de Enlace donde se realiza esta función mediante:

Servicios

- Encapsulamiento de los datos: tramo, mediante división de los paquetes y la inclusión de una cabecera al inicio, pero también de un informe de control de errores al final de la misma.
- Direccionamiento físico: identificación del dispositivo concreto dentro de la red, e incluso dentro de un mismo DTE (PC, terminal, etc.) mediante la utilización de una dirección única por DCE (por cada tarjeta de red, módem o cualquier otro equipo de comunicaciones): Dirección MAC.
- Control de acceso al medio: para evitar colisiones físicas con paquetes de otros dispositivos cuando el medio es compartido.
- Control de flujo: Envío de información por el enlace sólo cuando el receptor puede procesar (a nivel de señal física).
- Control de errores: Esta es la principal función de este nivel: detectar y retransmitir tramas con error o no recibidas, así como de detectar tramas duplicadas.

3.3.7. Nivel 1. Físico.

Función

El nivel físico debe enviar los bits a través de un canal de comunicaciones (par trenzado, fibra, radiofrecuencia, etc.) procurando que no sufran alteraciones y que puedan ser correctamente interpretados por el receptor. Para lograr este objetivo es necesario:

Servicios

- Definir las características de las **interfaces**: tanto señales (nivel de voltaje, impedancia, etc.) como mecánicas (dimensiones, tipos de conectores) y funcionales (función de cada patilla del conector, etc.).
- Definir las características físicas del **medio de transmisión**: características físicas y mecánicas.
- **Codificación de los datos digitales**: representación mediante señales ópticas o eléctricas de los bits.
- **Configuración del canal**: punto a punto o multipunto.
- **Modo de transmisión**: simplex, dúplex, halfduplex.
- **Velocidad de transmisión**: habrá que definir la tasa de bits de la comunicación.

Como ejemplos de la capa física podemos mencionar las normas EIA RS-232-C utilizada en las puertas COM de los ordenadores personales, la CCITT X.21, CCITT V.35.

Las normas de redes locales incluyen en sus especificaciones la capa FÍSICA (IEEE 802.3 Ethernet, IEEE 802.5 Token Ring, 802.11 Wifi, etc.)

3.4. El modelo OSI frente a TCP/IP

En el contexto en el que se desarrolló, el modelo OSI parecía ser la solución a la interconexión de sistemas dada la existencia de varias arquitecturas propietarias e incompatibles (SNA de IBM, DECnet de Digital, etc.).

Sin embargo, la implementación de OSI resultó bastante compleja, ya que al definir los niveles no se habían tenido en cuenta los protocolos que se implementarían en cada uno, dando lugar a que en algunos niveles apenas hubiese lugar para un protocolo (por ejemplo, en el nivel de sesión), mientras que en otros como por ejemplo el nivel de enlace fue necesario crear subdivisiones para incorporar todos los protocolos necesarios.

Por otro lado, en el ámbito académico ya se había implementado TCP/IP y estaba surgiendo fuerte simultáneamente al desarrollo de Internet.

TCP/IP cuenta con 4 capas: **Aplicación, Transporte, Internet y Acceso a la red**, agrupando en cuarta capa las de Aplicación, Presentación y Sesión del modelo OSI y la de Enlace y Física en la de Acceso a la Red del modelo TCP/IP.

Sin embargo, este modelo no es muy aceptable desde el punto de vista del diseño de redes, sobre todo que no se distinga claramente entre la capa física y la de enlace de datos, por lo que la realidad es que **se utiliza como referencia el modelo OSI y como protocolos se utilizan los de TCP/IP**.

3.4.1. La capa de acceso a la red

Esta capa se corresponde con las capas física y de enlace de datos del modelo OSI. En este caso, el modelo TCP/IP no detalla demasiado estos niveles, ya que deja bastante libertad a los diseñadores de protocolos para escoger el medio físico, con tal de que manejan paquetes IP. Esto es debido a que, al tratarse de una red de redes, cada subred se basa en protocolos propios para el medio físico (Por ejemplo, ATM). Gracias a este diseño, podemos transmitir paquetes IP por cables eléctricos, infrarrojos, etc.

3.4.2. La capa de Internet

Esta capa equivale a la capa de red en el modelo OSI, es decir, se ocupa de encaminar los paquetes de la forma más conveniente para que lleguen a su destino, y de evitar que se produzcan situaciones de congestión en los nodos intermedios. Esta capa solo proporciona un servicio de conmutación de paquetes no orientado a conexión, ya que exige un control de errores que haría ineficiente una comunicación orientada a conexión. Los paquetes pueden llegar desordenados a su destino, en cuyo caso es responsabilidad de las capas superiores en el nodo receptor la reordenación para que sean presentados al usuario de forma adecuada.

A diferencia de lo que ocurre en el modelo OSI, donde los protocolos para nada intervienen en la descripción del modelo, la capa Internet define aquí un formato de paquete y un producto, llamado IP (Internet Protocol), que se considera el protocolo “oficial” de la arquitectura.

3.4.3. La capa de transporte

Esta capa recibe el mismo nombre y desarrolla la misma función que la cuarta capa del modelo OSI, encargada de controlar la comunicación extremo a extremo (host a host) en la red. Aquí se definen dos protocolos: el TCP (Transmission Control Protocol) ofrece un servicio orientado a conexión fiable, con lo que los paquetes (aquí llamados segmentos) llegan ordenados y sin errores. TCP se ocupa también del control de flujo extremo a extremo, para evitar que por ejemplo un host rápido sature a un receptor más lento. Ejemplos de protocolos de aplicación que utilizan TCP SON EL SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) y el FTP (File Transfer Protocol).

El otro protocolo de transporte es UDP (User Datagram Protocol) que da un servicio no orientado a conexión, no fiable. UDP no realiza control de errores ni de flujo. Una aplicación típica donde se utiliza UDP es la transmisión de voz y vídeo en tiempo real; aquí el retardo que introduciría el control de errores produciría más daño que beneficio: es preferible perder algún paquete que retransmitir fuera de tiempo..

3.4.4. La capa de Aplicación

Esta capa desarrolla las funciones de las capas de sesión, presentación y aplicación del modelo OSI. La capa de aplicación contiene todos los protocolos de alto nivel que se utilizan para ofrecer servicios a los usuarios. Entre estos podemos mencionar tanto los “tradicionales”, que existen desde que se creó el TCP/IP: telnet, FTP, SMTP, DNS, NTP, HTTP, etc.

3.5. Estándares Alternativos

Han existido muchas redes basadas en estándares alternativos y su sustitución ha sido un proceso largo.

Entre las **arquitecturas** alternativas se encuentran:

- a) DARPA, TCP/IP.
- b) IBM, SNA.
- c) DEC, DNA.
- d) Xerox, XNS.
- e) Honeywell, DSA.
- f) Hewlett-Packard, Advancenet.
- g) Burroughs, BNA.
- h) ICL, IPA.
- i) Data General, Xodiac.
- j) Wang, WSN.

Los **estándares para redes de área local** IEEE 802.2 (LLC), IEEE 802.3 (CSMA/CD), IEEE 802.4 (paso de testigo o token bus), IEEE 802.5 (anillo con testigo) y ANSI FDDI (anillo de paso de testigo en fibra óptica) cubren los niveles 1 y 2, mientras que X.25 cubre los niveles 1, 2 y 3.

Muchas redes de área local instaladas antes de que se finalizaran los estándares ISO para los niveles más altos hacen uso del estándar de control común del enlace lógico IEEE 802.2 dentro del nivel de enlace de datos y del protocolo XNS de Xerox o del DARPA TCP/IP para los niveles más altos.

4. Estándares

Los estándares se pueden definir como acuerdos a los que llega una determinada comunidad o grupo de usuarios, con objeto de facilitar diseños que ofrezcan una interfaz común, y por tanto aseguren la interoperabilidad y la compatibilidad de componentes. Esto permite que distintos fabricantes que se adhieren a un estándar elaboren productos que pueden encajar en un diseño sin mayor problema.

Los estándares no sólo regulan la fabricación de dispositivos electrónicos, sino también mecánicos (ej. Medidas de tuercas), o procedimentales (métodos de calidad).

Conviene destacar que la pertenencia de un país a una determinada organización no asegura su adhesión a los estándares emanados de la misma.

Generalmente se suele distinguir dos tipos de estándares: de facto y de jure. Los estándares de facto (del latín 'del hecho') ocurren cuando un determinado producto o pauta de comportamiento se extiende en una comunidad determinada sin una planificación previa, hasta el punto de que ese producto o comportamiento se considera 'normal' dentro de esa comunidad. Como ejemplo podemos citar el uso del Compact Disc frente a otros formatos con menor difusión, como el MiniDisc o las cintas DAT.

Los estándares de jure (del latín 'por ley') son fruto de un acuerdo formal entre las partes implicadas, después de un proceso de discusión, consenso y a menudo votación. Se adoptan en el seno de una organización cuya principal misión es la elaboración o aprobación de estándares; si dicha organización tiene ámbito internacional el estándar definido es internacional. Pueden estar constituidas por organizaciones oficiales o por grupos voluntarios (usuarios, consorcios de fabricantes, etc.).

En el mundo de las redes de ordenadores existen hoy en día como hemos visto dos conjuntos de protocolos estándar, el OSI y el TCP/IP, pero ambos son relativamente recientes.

Pasaremos ahora a describir con más detalle las principales organizaciones que tienen alguna relación con los estándares del campo de la telemática.

4.1. La ISO

La ISO (International Organization for Standardization), creada en 1946 con sede en Ginebra (Suiza) está constituida por las organizaciones nacionales de estándares de los 89 países miembros. A menudo un estándar de uno de sus miembros es adoptado por ISO como estándar internacional; esto ocurre especialmente con los miembros más importantes, ANSI, DIN, BSI y AFNOR.

ISO ha generado multitud de estándares en telemática y en tecnologías de la información en general, siendo OSI su ejemplo más significativo. Además, a menudo ISO adopta estándares producidos por sus organizaciones miembros o por otras organizaciones relacionadas; por ejemplo, ISO adopta sistemáticamente los estándares 802 del IEEE sobre redes locales.

4.2. La ITU-T

La ITU (International Telecommunication Union), durante un tiempo llamada CCITT, fue creada en 1934, y con la creación de la ONU se vinculó a ésta en 1947. La ITU tiene tres sectores de los cuales solo nos interesa el conocido como ITU-T que se dedica a la estandarización de las telecomunicaciones. La ITU-T denomina a sus estándares "recomendaciones" (no vinculantes).

Todos los estándares de la ITU-T se nombran mediante una letra seguida de un punto seguido a su vez de números. La letra identifica la serie, por ejemplo, todo lo relativo a módems se encuentra en la serie V (V.32, V.42, ...); la serie X trata sobre redes de datos y OSI (X.25, X.400, ...), las series I y Q definen la RDSI, la serie H comprende todo lo relativo a codificación digital de vídeo y videoconferencia (H.263, H.323, etc.).

4.3. Otras organizaciones

- **La Internet Society**, aunque no es una organización de estándares 'oficial', es la que se ocupa de aprobar todo lo relacionado con los estándares Internet.
- **El IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers) es una asociación profesional de ámbito internacional. Aparte de otras muchas tareas el IEEE (también llamado IE cubo) tiene un grupo que desarrolla estándares en el área de ingeniería eléctrica e informática. Entre ellos se encuentran por ejemplo los estándares 802 que cubren casi todo lo relacionado con redes locales. Los estándares 802 son adoptados regularmente por ISO con el número 8802.
- **El ANSI** es como ya hemos dicho la organización de estándares de los Estados Unidos. Debido a que muchos fabricantes de equipos de comunicaciones diseñan o desarrollan sus productos en Estados Unidos muchos estándares ANSI son de interés también en otros países. Además, muchos estándares ANSI son adoptados posteriormente por ISO como estándares internacionales.
- **La EIA** (Electrical Industries Association) es una organización internacional que agrupa a la industria informática y que también participa en aspectos de la elaboración de estándares.

5. Conclusión.

La arquitectura OSI o modelo de referencia OSI de ISO surge tarde para ser un estándar, pero tan bien desarrollada que se ha convertido en el marco teórico de referencia. Por tanto, todas las arquitecturas de redes se refieren siempre dentro del marco OSI.

La estructura basada en niveles tiene un amplio sentido cuando se descomponen la comunicación nivel por nivel y se entiende cómo se lleva a cabo esta. Sería un proceso bastante caótico si no se

separan las acciones que son necesarias para transmitir la información con eficiencia y fiabilidad en capas, las capas o niveles que siempre van a ir referenciados al modelo OSI.

5.1. Relación con el Currículo

Este tema es aplicado en el aula en los módulos profesionales siguientes, con las atribuciones docentes indicadas (PES/SAI):

- FP Básica
 - TPB en Informática de Oficina
 - (PES/SAI) IMRTD Instalación y mantenimiento de redes para transmisión de datos
 - TPB en informática y Comunicaciones
 - (PES/SAI) IMRTD Instalación y mantenimiento de redes para transmisión de datos
- GRADO MEDIO
 - Técnico en Sistemas Microinformáticos y Redes
 - (PES/SAI) SOR - Sistemas operativos en red
 - (PES) REDL - Redes locales
- GRADO SUPERIOR
 - TS en Administración de Sistemas en Red
 - (PES) PAR - Planificación y administración de redes
 - (PES) SRI - Servicios de red e Internet
- CURSOS DE ESPECIALIZACIÓN
 - CE Ciberseguridad TIC
 - (PES/SAI) Bastionado de Redes y Sistemas

6. Bibliografía

- Alberto León-García, Indra Widjaja; "**Redes de Comunicación**". Primera edición. 2001. Ed. Me Graw Hill
- William Stallings.; "**Comunicaciones y Redes de Computadores**". sexta edición. Ed. Prentice-Hall. 2000.
- Andrew S. Tanenbaum; "**Redes de computadores**". Ed. Prentice-Hall. 2003.
- Kurose, James; Ross, Heith; "**Redes de computadoras: un enfoque descendente**" Ed. Pearson 2017

