

EJEMPLO DE AC

A continuación se presenta una actividad que refleja una posible forma de llevar a con los alumnos la técnica cooperativa del *Rompecabezas*.

El tema que se ha elegido pertenece a la asignatura de “**Redes de Computadores**” en la titulación de Ingeniería Informática, al curso de tercero. Está extraído de la página Web: <http://halley.ls.fi.upm.es/~jyaguez/libros.html>

El material ha sido elaborado por el profesor **Javier Yáguez**.

Antes de presentar la secuencia de la técnica se expone el documento de trabajo completo y, a su vez se va dividiendo en los documentos de trabajo. Es necesario que la división de los documentos sea lo más coherente posible.

Documento de trabajo: Arquitecturas Estructuradas de Comunicaciones

1.1 Introducción y generalidades

Documento de Trabajo 1. Introducción

Las redes son actualmente una de las partes esenciales de los sistemas de información ya que, a través de ellas, un usuario puede comunicarse con otros y compartir recursos de información y computación, con el ahorro económico que esto conlleva.

En este contexto, una red va a ser algo muy conceptual que se va a representar gráficamente mediante una “*nube*” como un medio común de comunicación y compartición. Por consiguiente, en este libro no se va a entrar en la topología, tecnología, etc., de ninguna red; pero sí, por ejemplo, en los protocolos de comunicaciones *TCP/IP* y en las unidades de datos manejadas por dichos protocolos, las cuales se intercambian a través de la infraestructura física de cualquier red en Internet.

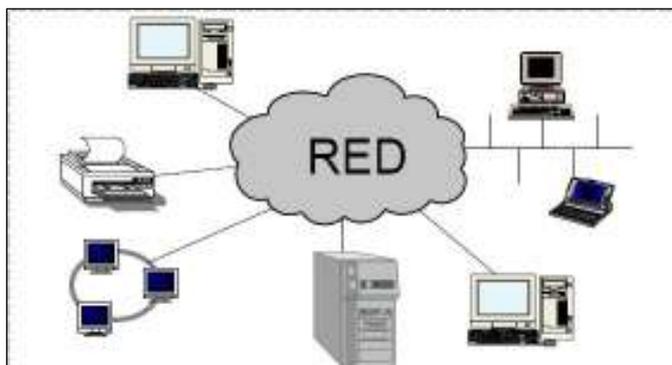


Figura 1.1.- Compartición en red de recursos de información y computación.

Aunque la taxonomía de las redes es muy amplia y variada y, por tanto, se pueden clasificar de muy diferentes formas¹; una forma muy útil de clasificarlas, para una mayor comprensión, es basándose en su aspecto, ya sea *físico* o *abstracto*. En función de esta característica, se pueden establecer los dos tipos de redes siguientes:

- **REDES DE COMUNICACIONES:** *Redes físicas* que engloban cualquier tipo de red existente y, por tanto, cualquier tipo de servicio de comunicaciones (voz, datos, vídeo, etc.).
- **REDES DE COMPUTADORAS:** *Redes abstractas* formadas por la interconexión de las anteriores y basadas en el uso de un mismo conjunto de protocolos de comunicaciones que

¹ En función de su tecnología, del área geográfica que cubren, de su gestión o administración, etc.

aseguran la interoperabilidad entre procesos iguales que se ejecutan en máquinas diferentes. Un ejemplo muy significativo es la red *Internet*, una inmensa red de computadoras formada por la interconexión de infinidad de redes físicas y en donde se usan los protocolos *TCP/IP* para la comunicación de los correspondientes sistemas finales. En este escenario, un *sistema* es cualquier máquina o dispositivo capaz de ejecutar la arquitectura de protocolos *TCP/IP*.

En la *Figura 1.2* se muestra una *hipotética red* o “*nube*” *Internet* formada por la interconexión de una serie de redes de comunicaciones o “*pequeñas nubes*” físicas. Se asume que todas las máquinas “*hablan*” un mismo lenguaje de comunicaciones en función de un conjunto de protocolos conocido como *TCP/IP*. Asimismo, ya se estudiará que existen unas computadoras conocidas como *routers*² que hacen el papel de *sistemas intermedios* y que permiten encaminar datos de una “*nube*” a otra en función del destinatario.

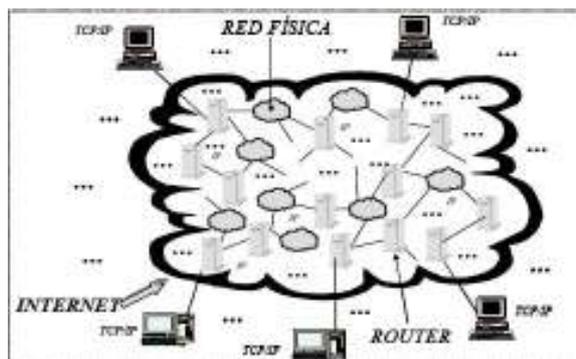


Figura 1.2.- Una hipotética red Internet.

1.2 Estratificación en niveles de comunicaciones

Según se muestra en la *Figura 1.3*, los protocolos *TCP/IP* se estratifican en una arquitectura estructurada en *cinco niveles de comunicaciones*. El nivel más alto o nivel de aplicación es el nivel con el que interactúan los usuarios. El nivel más bajo viene definido por el hardware de acceso al medio físico de interconexión. Todos los niveles son mutuamente independientes en el sentido de que en cada nivel, a excepción del nivel físico o de hardware, hay uno o más protocolos que llevan a cabo unas funciones y proporcionan unos servicios totalmente diferentes del resto de los niveles. En el caso de disponer de diferentes protocolos en un mismo nivel de comunicaciones, existirán distintas clases de funciones y servicios dentro de dicho nivel.

En este contexto, *un protocolo* define unas funciones que proporcionan un determinado servicio en función del nivel de comunicaciones en que se encuentre. Dicho de otro modo, *un servicio* es el resultado de efectuar las acciones o funciones definidas por el correspondiente protocolo, basándose en unas determinadas cabeceras de información de control, cuyo formato también está definido en el diseño de dicho protocolo. Un nivel de comunicaciones, como es el caso del nivel de transporte *TCP/IP*, que ya se analizará, ofrece dos protocolos de transporte (*TCP* y *UDP*) que proporcionan dos servicios del nivel de transporte diferentes. Asimismo, un servicio puede ser el resultado de realizar una o más funciones. Por ejemplo, las entidades *IP*, que funcionan según su protocolo *IP*, para proporcionar el servicio del nivel Internet o nivel de red o de encaminamiento *TCP/IP* (que también se estudiará más adelante), deben llevar a cabo, básicamente, funciones como elegir una ruta en función de su tabla de encaminamiento, detectar potenciales errores físicos en su cabecera de control, fragmentar (y reensamblar en el destino), etc.

² En adelante, y a pesar de su sintaxis anglosajona, en este libro a un sistema intermedio o encaminador o dispositivo de encaminamiento se le denominará router.

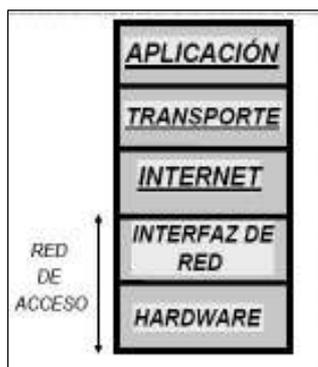


Figura 1.3.- La arquitectura estructurada de comunicaciones TCP/IP.

Documento de Trabajo 2: Estratificación en niveles de comunicaciones

Toda arquitectura estructurada de comunicaciones (*TCP/IP de IAB, OSI de ISO, SNA de IBM, IPX/SPX de Novell, XNS de Xerox, etc.*) presenta dos ventajas muy relevantes:

- **REDUCCIÓN DE LA COMPLEJIDAD:** Facilita la labor de diseño a través de una estructura más comprensible por una división en diferentes niveles de comunicaciones. Incluso esta característica permite que diferentes equipos de trabajo (programadores) puedan desarrollar sus labores en diferentes niveles sin interferirse.
- **FACILITACIÓN DEL CAMBIO TECNOLÓGICO:** Permite que cualquier cambio llevado a cabo en cualquier nivel no afecte (si el sistema está bien estructurado) al resto de los niveles de la arquitectura.

Actualmente, existen dos tipos de estándares en el contexto de las arquitecturas estructuradas de comunicaciones:

- **DE IURE:** Del latín “*por razón*”, “*por justicia*”, etc.; son los auténticos estándares ya que son aprobados y propuestos por un organismo internacional de normalización, tal es el caso de la arquitectura *OSI* del organismo *ISO*.
- **DE FACTO:** Mal llamados estándares, pero se consideran como tales por el “*facto*” o por el hecho de su amplio uso. Éste es el caso de la arquitectura *TCP/IP* que no ha sido propuesta o aprobada por ningún organismo internacional de normalización y, sin embargo, es la arquitectura de comunicaciones por excelencia y, por tanto, la más utilizada.

La siguiente *Figura 1.4* muestra dos sistemas finales con una misma arquitectura genérica de comunicaciones, los cuales están conectados a través de una red ya sea de comunicaciones o computadoras. En este ejemplo, el nivel más alto es un nivel “*n*” y el más elemental se corresponde con el nivel *1*. A excepción del nivel más elemental o nivel físico o de hardware (nivel *1*), en cada nivel de comunicaciones habrá al menos una entidad de software o proceso que se rige bajo un determinado protocolo de comunicaciones.

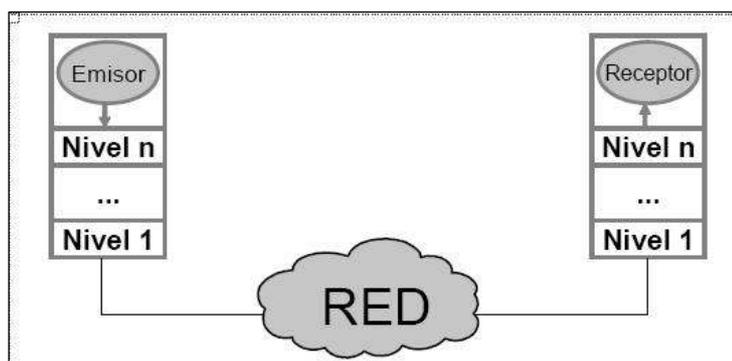


Figura 1.4.- Comunicación entre los distintos niveles de un mismo sistema.

La comunicación entre los diferentes niveles de un mismo sistema consiste en enviar los datos o la información que se ha de transmitir de ARRIBA ABAJO (del nivel "n" al nivel 1) en el sistema emisor, y de ABAJO ARRIBA (del nivel 1 al nivel "n") en el sistema receptor. Cada entidad de software en el sistema emisor conoce previamente y por configuración a su vecino del piso de abajo para la entrega correcta de las oportunas unidades de datos. En el sistema receptor, si existe más de una entidad de software en un determinado nivel de comunicaciones de la arquitectura, la entidad en el piso o nivel inmediatamente inferior debe conocer (examinando la información de control recibida) el identificador de la entidad de software del piso superior a la cual va a pasar los correspondientes datos. En el caso de que sólo haya una entidad en un nivel superior, el vecino de abajo le pasa los datos por omisión.

Particularizando un poco más, según se describe en la siguiente Figura 1.5, la comunicación entre los distintos niveles en sistemas diferentes se basa en que entre ambos extremos y para cada nivel existe un protocolo de comunicaciones que define los mensajes intercambiados y las acciones o funciones que tienen que llevar a cabo las entidades de software del nivel correspondiente. Así, en el nivel $n+1$ de cada sistema habrá una entidad del nivel $n+1$. Estas dos entidades del nivel $n+1$ se comunican intercambiando mensajes de control cuyo formato y acciones están definidas a través del correspondiente protocolo del nivel $n+1$. De la misma manera, en el nivel n de cada sistema habrá una entidad del nivel n . Estas dos entidades del nivel n se comunican intercambiando mensajes de control cuyo formato y acciones están definidas a través del correspondiente protocolo del nivel n . De igual forma, en el nivel $n-1$ de cada sistema habrá una entidad del nivel $n-1$. Estas dos entidades del nivel $n-1$ se comunican intercambiando mensajes de control cuyo formato y acciones están definidas, a su vez, a través del correspondiente protocolo del nivel $n-1$. Y así, sucesivamente, para el resto de los niveles exceptuando, como ya se ha comentado, el nivel más elemental o de hardware.

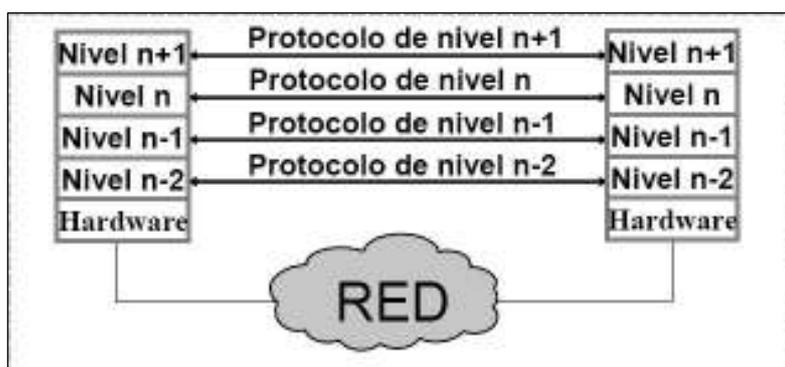


Figura 1.5.- Comunicación entre los distintos niveles en sistemas diferentes

En la siguiente Figura 1.6 se ahonda un poco más en el concepto de la comunicación entre los distintos niveles de un mismo sistema. En el sistema emisor, la comunicación de arriba abajo consiste en añadir, a los potenciales datos de usuario, cabeceras de información de control por cada uno de los niveles (a excepción del nivel más elemental o nivel físico) por donde van pasando dichos datos. En el sistema receptor, se hace todo lo contrario, es decir, se eliminan dichas cabeceras a medida que se realizan las

funciones pertinentes basándose en la cabecera de cada nivel. Cada cabecera contiene un mensaje de información de control. Como ya se ha indicado, el formato de la cabecera, y las acciones que hay que llevar a cabo en función de la información de control contenida en dicha cabecera, se define en el correspondiente protocolo de nivel. Por ejemplo, la entidad del nivel "n" introduce una cabecera para que la entidad homóloga en el sistema receptor lleve a cabo unas funciones de nivel "n" basándose en la información registrada en dicha cabecera. Visto de otra manera:

- Para llevar a cabo un servicio del nivel "n+1", dos entidades del nivel "n+1" necesitan previamente un servicio del nivel "n" para realizar las funciones del nivel "n+1" definidas por el protocolo del nivel "n+1".
- Para llevar a cabo un servicio del nivel "n", dos entidades del nivel "n" necesitan previamente un servicio del nivel "n-1" para realizar las funciones del nivel "n" definidas por el protocolo del nivel "n".
- Y así sucesivamente hasta llegar al nivel más elemental o nivel físico.

Resumiendo, cada nivel superior se apoya en los servicios del nivel inmediatamente inferior hasta alcanzar el nivel más elemental o nivel físico.

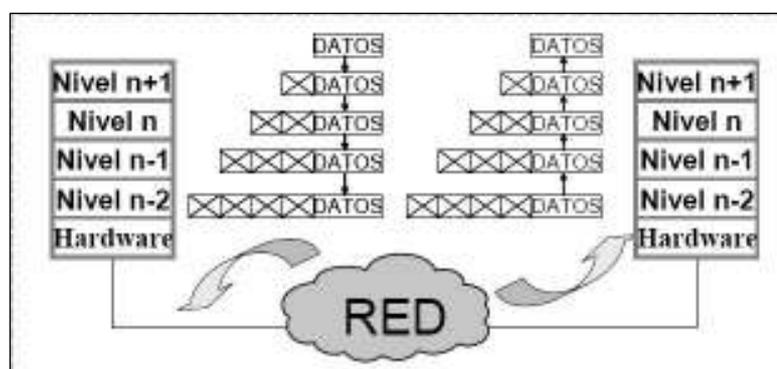


Figura 1.6.- Inclusión y eliminación de cabeceras de información de control.

1.3 Modelo de referencia OSI

Documento de Trabajo 3

Dentro del marco de estándares especificados por el organismo internacional de normalización conocido como *ISO (International Standards Organization)*, se ha definido una arquitectura estructurada de comunicaciones o *modelo básico de referencia OSI (Open Systems Interconnection)* para la interconexión de sistemas abiertos. Este *modelo de referencia OSI (ISO/IEC IS 7498)* que se definió en 1978 y se publicó en 1982 por el comité técnico conjunto *JTC1 (Joint Technical Committee 1) de ISO y Comité Electrotécnico Internacional (IEC o International Electrotechnical Committee)*, describe cómo implementar una *arquitectura estructurada en siete niveles de comunicaciones* para interconectar sistemas finales heterogéneos.

Es importante tener en cuenta que antes de que se publicara el *modelo OSI*, la mayoría de las computadoras se diseñaban como *sistemas cerrados*, esto es, sistemas que no eran capaces de comunicarse con otros de diferentes fabricantes de equipos informáticos (*IBM, Digital, Xerox, etc.*). En un principio este problema no era demasiado serio ya que cuando una empresa se informatizaba, apostaba por un solo fabricante el cual aparte de los equipos proporcionaba, asimismo, su propia solución de comunicaciones, es decir, sus propios protocolos de comunicaciones. El escenario se complicaba cuando las distintas organizaciones dejaban de funcionar aisladamente y decidían comunicarse, incluso compartiendo recursos de información y computación. Cada fabricante definía sus protocolos de comunicaciones para interconectar sus propios equipos, los cuales eran totalmente incompatibles con los de otros fabricantes. En este contexto, el mundo de las comunicaciones de datos se había transformado en una auténtica *torre de Babel*. Para resolver este galimatías se crearon distintas organizaciones nacionales e internacionales de normalización cuyo principal cometido era la generación de normas de amplio consenso y recomendable cumplimiento por todos.

De entre todos estos organismos, el más universal es *ISO* cuyas áreas de actuación abarcan temas tan dispares como materiales, alimentos, salud, transporte, comunicaciones, etc. Se fundó en 1947 y está constituido por los organismos de normalización de la mayoría de los países con un mínimo nivel tecnológico, representando el 95% de la producción industrial en el mundo. Como se ha comentado con anterioridad, su principal logro en el mundo de las comunicaciones de datos fue la creación del *modelo arquitectónico de referencia para la interconexión de sistemas abiertos o modelo OSI*. Entendiendo por *sistemas abiertos*, aquéllos capaces de interconectarse con otros de acuerdo a unas normas internacionales. Es importante resaltar que *OSI* es una *referencia abstracta* y no una implementación, es decir, *OSI* es un conjunto de documentos o papeles que indican cómo hay que desarrollar los protocolos.

Dicho modelo irrumpió con una gran fuerza y fue adoptado por otros organismos prestigiosos de normalización tanto nacionales como internacionales. Tal es el caso del *Comité Consultivo Internacional Telegráfico Telefónico (CCITT)*, lo que hoy se conoce como el *sector de estandarización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU-T o UIT-T)*, que publicó, en 1984, un estándar equivalente (*X.200*). Pero a pesar de su puesta en escena, la *red OSI* y su arquitectura de comunicaciones del mismo nombre, sucumbió ante la llegada de la red Internet y de su arquitectura *TCP/IP*. De hecho, y a excepción básicamente de los *tres primeros niveles* de su arquitectura en *redes de conmutación de paquetes X.25*, de los *dos primeros niveles* de su arquitectura de comunicaciones en *redes de área local según la norma IEEE 802* y de su *sintaxis común de representación y codificación (ASN.1)*; en la actualidad *OSI* sólo se emplea como una *referencia estandarizada para la descripción conceptual de los niveles de comunicaciones de otras arquitecturas* (p. ej., *TCP/IP*).

ISO pretendía que se implantara a nivel mundial una *red de redes OSI*, parecido a lo que hoy es Internet pero utilizando los *protocolos OSI*. En la *Figura 1.7* se describe una *hipotética red o "nube" OSI* formada por la interconexión de una serie de redes o "pequeñas nubes" físicas (redes de comunicaciones). Se asume que todas las máquinas "hablan" un mismo lenguaje de comunicaciones basándose en un conjunto de *protocolos OSI*. Asimismo, al igual que en Internet, para interconectar las diferentes redes físicas se necesitaban unas computadoras que hacían el papel de *routers* o de sistemas intermedios, permitiendo encaminar datos de una red a otra en función del destinatario. Al igual que los routers de *TCP/IP* disponen de un software de comunicaciones hasta el *nivel de Internet o nivel de red* de la arquitectura *TCP/IP*, los *routers* de *OSI* sólo debían disponer de un software de comunicaciones hasta el *nivel de red* de la *arquitectura OSI (nivel 3)*.

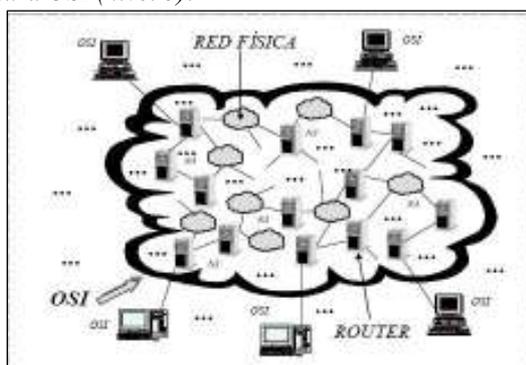


Figura 1.7.- Una hipotética red OSI.

1.3.1 Niveles de comunicaciones

En la *Figura 1.8* se muestran los *siete niveles* de la arquitectura *OSI* y las funciones fundamentales que se realizan en cada uno de ellos.



Figura 1.8.- Modelo OSI de ISO: Funciones de los niveles.

- *Nivel de aplicación (nivel 7)*: Es el nivel más alto de la *arquitectura OSI* con el que interactúan los correspondientes usuarios. Por tanto, en este nivel se ejecutan las diferentes aplicaciones o procesos de usuario como es el caso, por ejemplo, del correo electrónico que en *OSI* se describe en la *norma MOTIS (Message Oriented Text Interchange System)* cuyo equivalente *ITU-T* o *UIT-T* es, a su vez, la *norma X.400*.
- *Nivel de presentación (nivel 6)*: Es el nivel responsable de la sintaxis de las informaciones intercambiadas entre entidades del nivel de aplicación. Por consiguiente, es el nivel que se ocupa de la presentación de los datos intercambiados por los procesos de aplicación del usuario. Independiza las sintaxis locales de cada una de las máquinas mediante una sintaxis abstracta de representación, codificación y transferencia conocida como *ASN.1 (Abstract Syntax Notation One)*. A través de esta sintaxis se comunican máquinas que utilizan, por ejemplo, diferentes métodos a la hora de numerar los enteros. Así hay máquinas (p. ej., *IBM*) que empiezan a numerar sus octetos a partir del octeto más significativo o de mayor orden, es decir, el situado más a la izquierda (*big-endian*); sin embargo, hay otras (p. ej., *Digital*) que numeran sus octetos a partir del octeto menos significativo o de menor orden, es decir, el situado más a la izquierda (*little-endian*). Asimismo, la representación de los números en coma flotante también difiere entre arquitecturas físicas diferentes de máquinas. También, la forma de codificar los caracteres (un octeto o dos por carácter) puede diferir de una máquina a otra, etc. *ASN.1* juega un papel muy relevante fuera de la arquitectura *OSI* como es el caso, por ejemplo, de la arquitectura *TCP/IP* dentro del contexto del protocolo *SNMP (Simple Network Management Protocol)* de gestión de red *TCP/IP* para la representación de sus variables que se almacenan en su base de información de gestión.
- *Nivel de sesión (nivel 5)*: Es el nivel responsable de administrar y sincronizar el diálogo entre entidades del nivel de presentación. La administración del diálogo implica, en transmisiones semidúplex (envíos bidireccionales no simultáneos), establecer turnos de diálogo mediante el envío de una *secuencia especial de datos (testigo de control)*. Sólo la entidad del nivel de presentación que tenga el *testigo* puede transmitir datos y la otra debe permanecer en silencio. Cuando una entidad del nivel de presentación termina de transmitir, solicita a través de una llamada, el envío del testigo de control a su entidad del nivel de sesión que es quien ofrece dicho servicio y quien transmite dicha información para que la entidad del nivel de presentación remota pueda enviar datos. A su vez, la sincronización del diálogo permite, cuando ocurre un fallo local (que implica pérdida de datos) por encima del nivel de transporte, que las entidades del nivel de presentación puedan reiniciar el diálogo en un punto conocido. Para ello, las entidades de presentación dividen la información que desean transmitir en unas unidades denominadas *páginas*, mediante la inserción de un *número de serie o punto de sincronización* entre cada una de ellas. En el caso de presentarse un problema, se retransmiten todos los datos enviados después del último punto de sincronización recibido. La entidad del nivel de presentación solicita a través de una llamada, un punto de sincronización a su entidad del nivel de sesión que es quien ofrece dicho servicio y quien incluye entre los datos el pertinente número de sincronización para la entidad receptora del nivel de presentación. Por último, indicar que el nivel de sesión es una capa muy delgada, es decir, con muy pocas funciones en comparación con otros niveles. Incluso, durante el desarrollo del modelo *OSI* se llevó a cabo un debate de gran magnitud sobre la conveniencia de disponer de dicho nivel.

• *Nivel de transporte (nivel 4)*: Es el nivel responsable del transporte de los datos entre las entidades del nivel de sesión. Si el servicio ofrecido por el nivel de transporte es fiable, o lo que es lo mismo, *orientado a conexión* (concepto que ya se estudiará más adelante), se establece una conexión extremo a extremo entre dos entidades de este nivel, una en la máquina de origen y otra en la máquina de destino. Por esta conexión fluyen, posteriormente, de manera ordenada todos los *paquetes* o unidades de datos de este nivel. En este tipo de servicio, el nivel de transporte se encarga de la fiabilidad de la comunicación extremo a extremo, independientemente de la tecnología, topología, número y tipo de redes que hayan intervenido. Por tanto, hay todo un control de errores físicos (detección y recuperación de las unidades de datos que han cambiado físicamente en algún bit) y lógicos (detección y recuperación de unidades de datos perdidas, desordenadas y duplicadas). Asimismo, hay un control de flujo entre ambas entidades para impedir que una transmita más rápidamente de lo que otra es capaz de almacenar y procesar. Si el servicio ofrecido por el nivel de transporte no es fiable, o lo que es lo mismo, *no es orientado a conexión*, no se establece ninguna conexión extremo a extremo entre dichas entidades. Consecuentemente, cada unidad de datos se trata como una unidad independiente y se envía aisladamente de las demás. Por consiguiente, no se mantiene ningún tipo de control de errores ni de flujo. Esto quiere decir que las unidades de datos pueden no llegar y en el caso de llegar, hacerlo de forma desordenada. Es importante resaltar que a partir de este nivel todas las comunicaciones son extremo a extremo ya que no va a intervenir nunca una entidad del nivel de transporte en el camino entre las dos entidades de transporte origen-destino.

• *Nivel de red (nivel 3)*: Es el nivel responsable del encaminamiento de los *paquetes* de datos por una hipotética red *OSI*. Cada paquete o unidad de datos del nivel de red contiene una cabecera de información de control, incluyendo entre otras informaciones, la dirección de la correspondiente máquina destinataria del paquete en cuestión. En función de esta dirección, cada entidad del nivel de red, en el camino origen-destino, toma una decisión de encaminamiento hacia el sistema final remoto. Asimismo, al igual que en el nivel de transporte, el nivel de red puede ofrecer un servicio fiable (orientado a conexión) o no fiable (no orientado a conexión). Si el servicio es fiable, se establece una conexión entre las pertinentes dos entidades del nivel de red para que, además de la función fundamental de encaminar, realicen todo un control de errores físicos (detección y recuperación de paquetes que han cambiado físicamente en algún bit) y lógicos (detección y recuperación de paquetes perdidos, desordenados y duplicados). Asimismo, hay un control de flujo entre ambas entidades del nivel de red para impedir que una entidad transmita más rápidamente de lo que otra es capaz de almacenar y procesar. Si el servicio ofrecido por el nivel de red no es fiable (servicio típico en una red de computadoras), o lo que es lo mismo, *no es orientado a conexión*, no se establece ninguna conexión entre las dos entidades del nivel de red. Consecuentemente, cada paquete se trata como una unidad independiente y se encamina aisladamente de los demás. Por consiguiente, no se mantiene ningún tipo de control de errores ni de flujo. Esto quiere decir, que las unidades de datos pueden no llegar y en el caso de llegar, hacerlo de forma desordenada.

• *Nivel de enlace (nivel 2)*: Es el nivel responsable del intercambio de *tramas* (o unidades de datos de este nivel) entre dos entidades contiguas en el camino origen-destino. Asimismo, al igual que en los niveles de transporte y red, el nivel de enlace puede ofrecer un servicio fiable (orientado a conexión) o no fiable (no orientado a conexión). Si el servicio es fiable (servicio típico en una red de computadoras OSI), se establece una conexión entre las pertinentes dos entidades del nivel de enlace para que realicen todo un control de errores físicos generados por el medio físico de interconexión (detección y recuperación de tramas que han cambiado físicamente en algún bit) y lógicos (detección y recuperación de tramas perdidas, desordenadas y duplicadas). Asimismo, hay un *control de flujo* entre ambas entidades del nivel de enlace para impedir que una entidad transmita más rápidamente de lo que otra es capaz de almacenar y procesar. Si el servicio ofrecido por el nivel de enlace no es fiable, o lo que es lo mismo, *no es orientado a conexión*, no se establece ninguna conexión entre las dos entidades del nivel de enlace. Consecuentemente, cada trama se trata como una unidad independiente y se envía aisladamente de las demás. Por consiguiente, no se mantiene ningún tipo de control de errores (sólo hay una detección de errores físicos sin recuperación) ni de *flujo*.

• *Nivel físico (nivel 1)*: Es el nivel responsable del acceso al medio físico de interconexión. Por consiguiente, define las características eléctricas (niveles de tensión o voltaje entre los cables,...), mecánicas (forma y constitución de los conectores, disposición de los pines,...) y lógicas (señales intercambiadas) con el dispositivo de transmisión-recepción (p.ej., un módem) para acceder al medio físico y permitir el envío de tramas entre las dos entidades contiguas del nivel de enlace. En consecuencia,

en este nivel no hay entidades de software y, por tanto, no existe ningún protocolo del nivel físico entre máquinas adyacentes.

1.3.2 Puntos de acceso al servicio

Documento de Trabajo 4

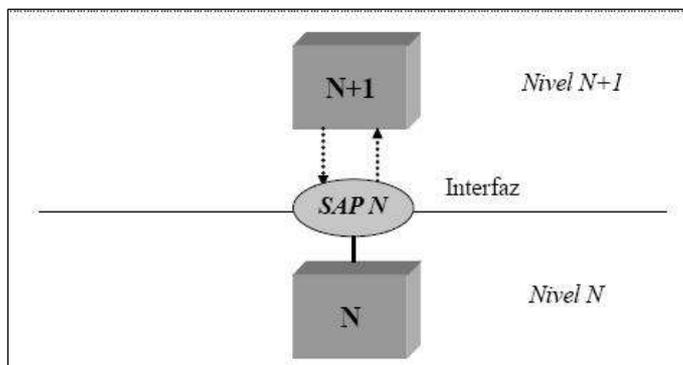


Figura 1.9.- Punto de acceso al servicio (SAP).

ISO ha definido, para su arquitectura *OSI*, un conjunto de términos y conceptos estandarizados que conviene conocer y que, con los mismos o con diferentes nombres, se han trasladado a otras arquitecturas de comunicaciones como es el caso de *TCP/IP*.

1. *Servicio*: Resultado de efectuar una o más acciones o funciones definidas por el correspondiente protocolo. Formalmente, un servicio en *OSI* se identifica por un conjunto de primitivas o llamadas u operaciones.

2. *Primitiva*: Concepto abstracto que define³ cómo llevar a cabo la llamada a un servicio. Obviamente, para poder llamar a un servicio proporcionado por una entidad de software, primeramente, hay que saber llamar a dicha entidad.

3. *SAP⁴ (Service Access Point)*: Punto de acceso al servicio o identificador de la entidad de software del nivel inmediatamente superior (“vecino del piso de arriba”), cuando en este nivel existe más de una entidad. Un *SAP* del nivel “*N*” identifica siempre a una entidad del nivel “*N+1*”. Por tanto, en las llamadas de “*abajo arriba*” se usan los *SAP* para poder identificar a una entidad de entre otras que se encuentran en el nivel inmediatamente superior. En las llamadas de “*arriba abajo*” siempre se interactúa con la misma entidad⁵ del nivel inmediatamente inferior. Cuando se realiza una llamada del nivel “*N+1*” al nivel “*N*” se pasa, como un parámetro más de la llamada, el *SAP* de la entidad remota “*N+1*”. Los *SAP* representan la frontera o línea divisoria que define el *interfaz* entre los niveles de comunicaciones adyacentes en un mismo sistema.

³ En un documento para el programador.

⁴ Este mismo nombre (*SAP* origen y *SAP* destino) se usa, por ejemplo, en el subnivel LLC (Logical Link Control) 802.2 del nivel de enlace de la arquitectura de comunicaciones de redes de área local que siguen la norma IEEE 802. Mediante este concepto se identifica a la entidad de software del nivel inmediatamente superior.

⁵ Identificada previamente en la configuración local OSI.

1.3.3 Servicios

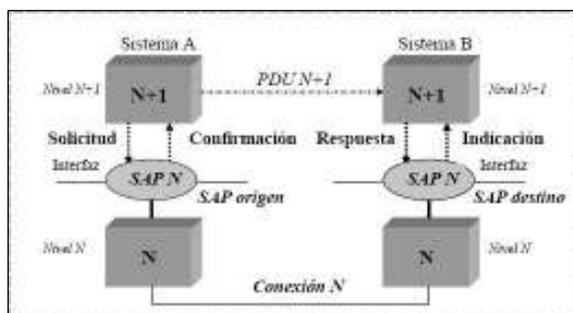


Figura 1.10.- Servicio confirmado.

Dos *entidades pares* son dos entidades de software que se rigen bajo el mismo protocolo de comunicaciones y que están ubicadas en el mismo nivel en sistemas diferentes. Por tanto, para que dos entidades pares del nivel “N+1” se intercambien unidades de datos del protocolo (*PDU: Protocol Data Unit*) del nivel “N+1”, necesitan previamente un servicio del nivel “N”. Si *el servicio ofrecido por el nivel “N” es confirmado* (ver Figura 1.10), la entidad “N+1” requiere cuatro primitivas del nivel “N”:

- *Solicitud*: Llamada de la entidad “N+1” a la entidad “N”, en el sistema local emisor, para solicitar un servicio del nivel “N”.
- *Indicación*: Llamada de la entidad “N” a la entidad “N+1”, en el sistema receptor remoto, para indicar a la entidad “N+1” que una *entidad par* ha solicitado un servicio del nivel “N” con el objetivo de comunicarse con ella.
- *Respuesta*: Llamada de la entidad “N+1” a la entidad “N”, en el sistema receptor remoto, para *responder afirmativamente*⁶ al servicio previamente solicitado por su *entidad par*.
- *Confirmación*: Llamada de la entidad “N” a la entidad “N+1”, en el sistema local emisor, para indicar a la entidad “N+1” que su *entidad par* desea confirmar el servicio previamente solicitado.

⁶ En caso de respuesta negativa, el servicio de la entidad “N” debe ofrecer a la entidad “N+1” otro servicio mediante otra llamada representada por la correspondiente primitiva para solicitar un “aborto” de la conexión. De esta forma, “N” envía, por la red a su entidad par, un mensaje con esta información de control para que tenga constancia de este hecho la entidad “N+1” en el Sistema “A”.

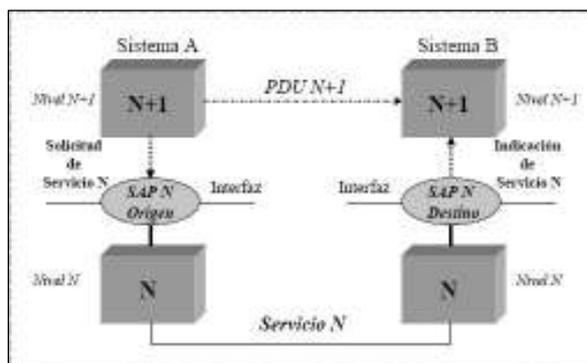


Figura 1.11.- Servicio no confirmado.

Como ya se ha indicado, para que *dos entidades pares* del nivel “N+1” se intercambien unidades de datos del protocolo (*PDU: Protocol Data Unit*) del nivel “N+1”, necesitan previamente un servicio del nivel “N”. Si el servicio ofrecido por el nivel “N” es no confirmado (ver Figura 1.11), se requieren, a su vez, dos primitivas del nivel “N”:

- *Solicitud*: Llamada de la entidad “N+1” a la entidad “N”, en el sistema local emisor, para solicitar un servicio del nivel “N”.
- *Indicación*: Llamada de la entidad “N” a la entidad “N+1”, en el sistema receptor remoto, para indicar a la entidad “N+1” que una *entidad par* ha solicitado un servicio del nivel “N” para poder comunicarse con ella.

Asimismo, si el servicio ofrecido por un hipotético nivel “N” es *fiable* (ver siguiente Figura 1.12), se dice que el servicio es *orientado a conexión*, el cual dispone siempre de tres fases:

1. *Establecimiento de la conexión* (entre entidades del nivel “N”): Es una especie de aviso; primero, para que la entidad remota “N + 1” dé su consentimiento para recibir datos de nivel “N+1” y, segundo, para que ambas *entidades pares del nivel “N”* lleven a cabo, en la siguiente fase de transferencia de datos, todas las funciones fiables como, la corrección de errores físicos (bits cambiados en las unidades del nivel “N” transmitidas) y errores lógicos (unidades de datos del nivel “N” perdidas, desordenadas y duplicadas). Asimismo, efectúan el correspondiente *control de flujo* para evitar congestiones. Se recuerda, que cada unidad de datos del nivel “N” encapsula una unidad de datos del nivel “N+1”. *La fase de establecimiento de la conexión es siempre un servicio confirmado.*

2. *Transferencia de datos* (entre entidades del nivel “N”): El envío de las unidades de datos se realiza fiablemente, es decir, *ambas entidades del nivel “N” colaboran en el control de errores y flujo de la información intercambiada.* *La fase de transferencia de datos es siempre un servicio no confirmado.* *Las confirmaciones a los datos recibidos correctamente se envían por el propio protocolo del nivel “N” que es el que ofrece el servicio fiable.*

3. *Liberación de la conexión* (entre entidades del nivel “N”): Una vez las entidades del nivel “N” han transferido todas las unidades de datos del nivel “N” (encapsulan, a su vez, a las unidades de datos del nivel “N+1”), se procede a la liberación de la conexión previamente establecida. *La fase de liberación de la conexión es siempre un servicio no confirmado.* La confirmación⁷ (*OK!*) al mensaje de “Fin” (*liberar la conexión*) se envía, en la Figura 1.12, porque así está diseñado por el propio protocolo del nivel “N”; pero no porque se lo haya indicado la entidad del nivel “N+1” a través de otra llamada. Incluso, el protocolo del nivel “N” podría obligar a la entidad del nivel “N” del sistema “B” a transmitir otro mensaje de “Fin” (*liberar la conexión*) a su *entidad par* en el sistema “A” y que ésta también se dé por enterada transmitiendo, a su vez, otro *OK!* De esta última forma, y como otra alternativa más de liberación a la indicada en la Figura 1.12, una entidad “N” puede estar transmitiendo datos mientras la otra ha cerrado su lado de la conexión. Por consiguiente, en este último caso, la conexión se liberará completamente cuando se envía en los dos sentidos un mensaje de *Fin* y se reciben los *OK!* pertinentes.

⁷ Si existen (no es obligatorio).

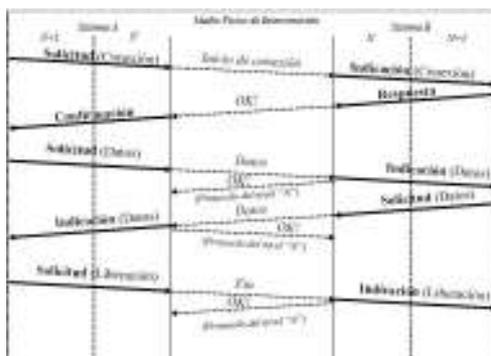


Figura 1.12.- Servicio del nivel N orientado a conexión.

Si el servicio ofrecido por un hipotético nivel "N" es *no fiable*, se dice que el servicio es *no orientado a conexión* (ver siguiente Figura 1.13), el cual dispone sólo de una fase:

Documento de Trabajo 5

• *Transferencia de datos* (entre entidades del nivel "N"): El envío de las unidades de datos se realiza sin fiabilidad, es decir, cada unidad de datos del nivel "N" se trata como una unidad independiente y se envía aisladamente de las demás. Por consiguiente, no se mantiene ningún tipo de *control de errores ni de flujo*. Esto quiere decir, que las unidades de datos pueden no llegar y en el caso de llegar, hacerlo incorrectamente. La entidad receptora del nivel "N" va pasando los datos al nivel "N+1" según van llegando (aunque lleguen desordenadamente o con errores). Como el servicio ofrecido por el nivel "N" es no orientado a conexión, la entidad "N" del sistema B y del sistema A no envía ningún tipo de confirmación (OK!) a las unidades de datos recibidas (ver siguiente Figura 1.13). Asimismo, tampoco hay un *control de flujo*, por tanto, cuando una entidad "N" se congestiona, empieza a eliminar todas las unidades del nivel "N" que vaya recibiendo. *La fase de transferencia de datos ya sea de un servicio orientado a conexión o no orientado a conexión es siempre un servicio no confirmado*. Este tipo de servicio de nivel "N" es lo que se entiende, también, por *un servicio no orientado a conexión sin confirmación*, es decir, en el nivel "N" no existe ningún mecanismo de confirmaciones a los datos recibidos.

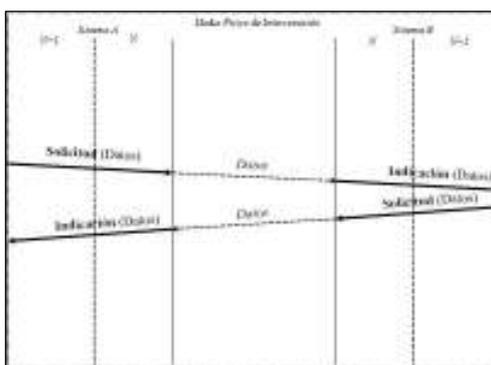


Figura 1.13.- Servicio del nivel N no orientado a conexión sin confirmación.

El *servicio no orientado a conexión sin confirmación*⁸, es útil en dos situaciones.

En primer lugar, cuando los niveles superiores ofrecen los mecanismos de *control de errores y flujo* necesarios. En segundo lugar, cuando no tiene ningún sentido establecer y mantener una conexión como puede ser, por ejemplo, el muestreo periódico de sensores de datos, componentes de seguridad y las transmisiones de imágenes o audio. En estos escenarios, la pérdida ocasional de datos puede no ser

⁸ Que por otro lado es el típico servicio no orientado a conexión cuya fase de transferencia es siempre un servicio no confirmado (dos primitivas).

importante siempre que éstos lleguen de forma rápida. Un servicio menos típico y, por tanto, menos utilizado es el *servicio no orientado a conexión con confirmación*⁹. Este servicio tiene una cierta utilidad, por ejemplo, en la gestión de alarmas o señales de control de emergencia de una organización. Sería muy útil una confirmación de modo que el emisor pueda estar seguro de que el receptor ha recibido la señal o el aviso pertinente. Además, teniendo en cuenta la urgencia de la señal, por razones obvias, no se debe perder tiempo en establecer la conexión como paso previo a la transferencia de los datos (aviso de alarma). Este último servicio, aunque menos usual que los anteriores (orientado a conexión y servicio no orientado a conexión sin confirmación) se muestra en la siguiente *Figura 1.14*:

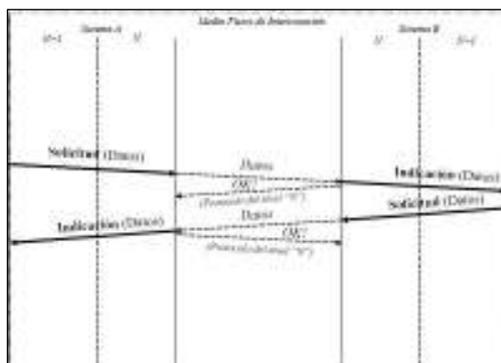


Figura 1.14.- Servicio del nivel N no orientado a conexión con confirmación.

1.3.4 Protocolos e interfaces

En este contexto, conviene diferenciar claramente entre protocolo e interfaz.

- *Protocolo*: Conjunto de reglas que controlan la interacción entre *entidades pares* o iguales.
- *Interfaz*: Conjunto de reglas que controlan la interacción entre *entidades no pares*, pero contiguas en el mismo sistema.

Por ejemplo, *dos entidades pares o iguales* (entienden el mismo protocolo) del nivel “N” en dos máquinas diferentes, llevan a cabo las mismas acciones a través de su protocolo del nivel “N”. Sin embargo, dos entidades contiguas (p. ej., “N” y “N-1”) ubicadas en la misma máquina pero en niveles adyacentes diferentes (por tanto, son dos entidades diferentes), se rigen por el interfaz o línea divisoria que les separa en el sistema.

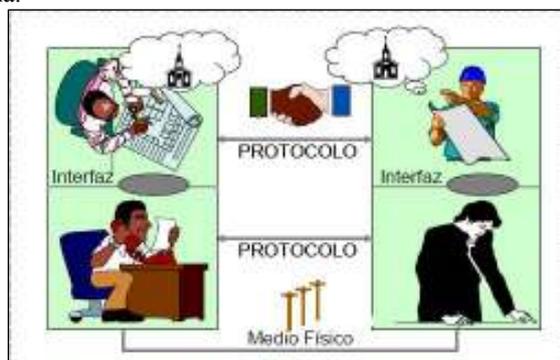


Figura 1.15.- Diferencias entre protocolo e interfaz.

Para una mayor comprensión de la diferencia existente entre protocolo e interfaz, se muestra en la *Figura 1.15* una *analogía entre dos sistemas con una misma arquitectura estructurada de comunicaciones de dos niveles y dos edificios de dos pisos*. En el piso superior se encuentran *dos arquitectos (dos entidades pares o iguales)* que están diseñando una *iglesia* según el protocolo que define una *jerga o argot técnico arquitectónico*. El protocolo de este nivel define el formato de los mensajes

⁹ A pesar del juego de palabras, la fase de transferencia de datos sigue siendo un servicio no confirmado (dos primitivas).

arquitectónicos y las acciones que hay que realizar en función de dichos mensajes. En el nivel de abajo existen otras entidades que realizan unas funciones de transmisión de los mensajes del piso superior, por ejemplo, “*si tu hablas yo me callo*”, “*si hablas muy deprisa hazlo más despacio*”, “*si no te entiendo repite*”, etc. Pues bien, teniendo en cuenta que en el piso superior no se tiene acceso directo al medio físico de interconexión, los mensajes deben pasar a través del pertinente interfaz (en la analogía un “*agujero*” en el suelo o la escalera) al piso inmediatamente inferior en el sistema emisor y al superior en el sistema receptor.

1.4 Bibliografía

- “Information Processing Systems-Open Systems Interconnection-Basic Reference Model”, ISO 7498 (X.200, ITU-T), 1978.
- “OSI EXPLAINED End to End Computer Communication Standards”; J. Hendshall, S. Shaw, Ellis Horwood, 1988.
- “Inside TCP/IP”, K. S. Siyan, 3ª Edición, New Riders, 1997.
- “Comunicaciones y Redes de Computadores”. Sexta edición. William Stallings. Ed. Prentice-Hall. 2000.
- “Computer Networks”. Cuarta edición. A. S. Tanenbaum. Ed. International 2003.
- “Redes de Comunicación, Conceptos fundamentales y arquitecturas básicas”, León García, A., Widjaja I.; McGraw-Hill, 2002.
- “Redes de Ordenadores. Protocolos, normas e interfaces”. U. Black. Editorial. Ra-ma. 1995.

Descripción de la técnica del Rompecabezas

1. Antes de entregar el material a los alumnos se han formado grupos de 5 alumnos (que es el número de documentos resultantes) siguiendo el criterio de la necesaria heterogeneidad en los grupos.
2. Dentro de cada grupo, a cada alumno se le asigna un número de 1 a 5. Y se les reparte a cada uno el documento que coincide con el número asignado. De esta manera con los documentos que tiene cada miembro del grupo se forma el tema completo, pero cada uno sólo tiene acceso a la información relativa a la parte que le ha sido asignada.
3. Antes de que los alumnos comiencen a trabajar es conveniente que el docente les explique y contextualice la técnica que van a utilizar y que centre un poco el tema de estudio.
4. Primero los alumnos trabajarían individualmente su documento, tratarán de comprenderlo, anotarán dudas que les surjan, extraerán la información que les parece esencial, etc. El tiempo otorgado a esta fase dependerá de la cantidad de información y de la complejidad de la misma. En este caso, esta fase abarcará entre 30 y 45 minutos.
5. Cuando los estudiantes ya conocen bien su documento y ha habido tiempo suficiente para la preparación individual, se disuelven, por unos momentos, los grupos iniciales y se reúnen *los grupos de expertos*, formados por los alumnos que han preparado individualmente el mismo documento. Aquí se reunirán todos los alumnos que ya han estado estudiando la misma parte del documento general (si resulta ser un grupo muy numeroso, se pueden hacer dos *grupos de expertos* por cada documento). En este momento los alumnos comparten las impresiones, dudas, conclusiones, etc. que les han surgido con el fin de, realmente, llegar a ser *expertos* conjuntamente de dicho documento y

poder comunicárselo al resto de sus compañeros de la mejor manera posible. Es conveniente que el docente esté atento a lo que ocurre en cada grupo para solucionar algún tipo de duda, etc. El tiempo asignado a esta parte de la técnica también será variable en función de las necesidades de los alumnos. En este caso se asigna una duración aproximada de 45 minutos.

6. A continuación los alumnos vuelven a sus grupos originales y tendrán que exponer a sus compañeros el documento en el que se han especializado. Es conveniente que el orden de exposición siga el orden inicial del tema, para evitar confusiones entre los documentos. Por tanto, en esta fase todos los alumnos están ayudando a aprender al resto de sus compañeros de grupo. En este momento también es importante la presencia del profesor supervisando y ayudando a cada grupo cuando sea necesario. El tiempo dedicado a esta fase, en este ejemplo concreto, será de una hora aproximadamente.

7. Cuando ya todos los alumnos conocen todo el documento es conveniente pasarles un test sobre todo el tema estudiando para valorar la eficacia de la técnica y para valorar el grado de comprensión y conocimiento alcanzado.

8. Para acabar y cerrar la técnica se les puede preguntar a los alumnos qué les ha parecido, cómo se han sentido, qué aspectos positivos destacan, etc. para comprobar si les ha motivado, si realmente creen que han aprendido, etc.