

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

CLÍNICAS INFORMÁTICAS 2011

CONFERENCIA: **NORMAS Y REALIDADES DE LA
ARQUITECTURA DE PROTOCOLOS.**

EXPOSITOR: **RAÚL ENRIQUE DUTARI DUTARI.**

FECHA: **15 DE JUNIO DE 2011.**

HORA: **03:00 P. M.**

LUGAR: **SALÓN DE REUNIONES PROFESOR GALO
ANEL CHANG, EN LA SEDE LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE
PANAMÁ, CENTRO REGIONAL DE
VERAGUAS. DE VERAGUAS.**

DIRIGIDA A: **PROFESIONALES, DOCENTES Y
ESTUDIANTES DE LAS FACULTAD DE
INGENIERÍA EN SISTEMAS
COMPUTACIONES.**

DURACIÓN: **240 MINUTOS.**

OBJETIVO GENERAL

1. Plantear algunas de las normas y realidades que se enfrentan, al momento de diseñar un protocolo de comunicaciones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer el concepto de protocolo de comunicación.
2. Plantear los elementos claves que se requieren para tipificar a los protocolos de comunicación.
3. Analizar las funciones más relevantes cumplen los protocolos dentro de los procesos de comunicación en los sistemas distribuidos.
4. Clasificar los estándares de comunicación de datos.
5. Identificar las principales organizaciones internacionales que administran las normalizaciones en los protocolos de comunicaciones.
6. Establecer los principios que deben seguirse al momento de plantear un protocolo de comunicaciones, en términos de capas y primitivas de servicios.

TABLA DE CONTENIDOS

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Observaciones Preliminares. | 1 |
| 2. | Concepto De Protocolo De Comunicaciones. | 2 |
| 3. | Unidad De Datos Del Protocolo (PDU). | 2 |
| 4. | Elementos Estructurales. | 4 |
| 4.1 | Sintaxis. | 4 |
| 4.2 | Semántica. | 5 |
| 4.3 | Temporización..... | 5 |
| 5. | Funciones. | 6 |
| 5.1 | Encapsulamiento..... | 6 |
| 5.2 | Segmentación Y Ensamblado. | 7 |
| 5.2.1 | Tamaño De Las PDU's. | 8 |
| 5.3 | Control De La Conexión..... | 10 |
| 5.3.1 | Enlaces No Orientados A Conexión..... | 10 |
| 5.3.2 | Enlaces Orientados A Conexión. | 11 |
| 5.4 | Entrega En Orden. | 14 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.5 | Control Del Flujo. | 15 |
| 5.5.1 | Procedimiento De Parada Y Espera. | 16 |
| 5.5.2 | Procedimiento De Ventanas Deslizantes. | 19 |
| 5.6 | Control De Errores. | 22 |
| 5.7 | Multiplexación. | 23 |
| 5.8 | Direccionamiento. | 25 |
| 5.8.1 | El Nivel Del Direccionamiento. | 27 |
| 5.8.2 | El Alcance Del Direccionamiento. | 28 |
| 5.8.3 | Los Identificadores De La Conexión. | 29 |
| 5.8.4 | El Modo De Direccionamiento. | 30 |
| 5.9 | Encaminamiento. | 31 |
| 5.10 | Servicios De Transmisión. | 33 |
| 6. | Clasificación De Los Estándares De Comunicaciones De Datos. | 34 |
| 7. | Organizaciones Que Administran Las Normalizaciones En Los Protocolos De Comunicaciones. | 36 |
| 7.1 | ISO. | 36 |

| | | |
|-----|---|----|
| 7.2 | ITU-T..... | 37 |
| 7.3 | ANSI..... | 38 |
| 7.4 | IEEE..... | 38 |
| 7.5 | EIA. | 39 |
| 7.6 | FCC..... | 39 |
| 8. | Principios Que Deben Seguirse Al Momento De Plantear Un Protocolo De Comunicaciones..... | 40 |
| 8.1 | Funcionamiento De Las PDU's Dentro De Las Arquitecturas De Protocolos..... | 43 |
| 8.2 | El Modelo OSI Como Referencia Para La Normalización De Protocolos De Comunicación. | 44 |
| 8.3 | Primitivas De Servicio Dentro Del Modelo OSI. | 48 |
| 9. | Conclusiones..... | 51 |
| 10. | Referencias Bibliográficas..... | 52 |

1. OBSERVACIONES PRELIMINARES.

La naturaleza intrínseca del ser humano lo ha llevado, desde tiempos inmemoriales, a buscar el apoyo de los grupos de sus semejantes. Esta tendencia gregaria - , aunada a su nivel de raciocinio superior, le han permitido ser el creador de un sinnúmero de herramientas que le facilitan sus labores diarias, que, a su vez, lo han llevado a evolucionar como el ser que domina al planeta.

Bajo este contexto, el computador se puede considerar como una de sus creaciones más versátiles; ya que, desde sus orígenes, esta valiosa herramienta se ha convertido en su auxiliar cotidiano de las tareas más disímiles que puede realizar. Adicionalmente, el poder de este instrumento maravilloso se potencia hasta niveles críticos cuando se asocia con otros equipos similares, formando las conocidas redes de computadoras.

Sin embargo, de manera similar a las personas – que requieren de un idioma y cultura comunes para poderse comunicar entre sí -, las computadoras deben comunicarse siguiendo una serie de normas y reglas preestablecidas; los llamados protocolos de comunicación, que resultan ser unos componentes de software bastante misteriosos, aún para los estudiantes de postgrado, cuando se analizan internamente en detalle.

Esta conferencia tratará, precisamente, de ilustrar didácticamente los elementos descriptivos esenciales que se requieren para analizar, a nivel estructural y funcional, un protocolo de comunicaciones básico operacional, de propósito general, en términos de capas y primitivas de servicio.

2. CONCEPTO DE PROTOCOLO DE COMUNICACIONES.

La literatura especializada en el tema, enfoca este concepto de varias maneras.

Para [STAL04], un protocolo de comunicaciones consiste en el conjunto de reglas que gobiernan el intercambio de datos entre dos entidades. Bajo este enfoque, se entiende como **entidad** a cualquier ente que sea capaz de enviar y recibir información.

Por su parte [FORO07], establece que en la transmisión de datos, un **protocolo** consiste en un conjunto de reglas o convenciones que gobiernan todos los aspectos de la comunicación de información entre sistemas.

Los datos que se intercambian serán agrupados en bloques especiales denominados **Unidades de Datos de Protocolos (PDU**, del inglés Process Data Units) [DAYJ08].

Los conjuntos de protocolos agrupados bajo un sistema de estándares intercompatibles se denominan **Arquitectura de Protocolos**.

3. UNIDAD DE DATOS DEL PROTOCOLO (PDU).

Como ya se ha mencionado, el intercambio de información entre las entidades se debe realizar utilizando unidades de datos finitas – las **PDU's**, en general -. Dependiendo de la época y del protocolo particular que se maneja, han recibido diferentes nombres, tales como marcos, frames, paquetes, segmentos, celdas, mensajes, entre otros, aunque conceptualmente todas giran en torno al mismo concepto: unidad finita de intercambio de información entre entidades [DAYJ08].

Esencialmente, las **PDU's** tienen como estructura a tres elementos básicos: Header, Trailer y los datos del usuario.

- **Header (Encabezado):** la mayoría de los protocolos lo contienen. Constan de campos que normalmente tienen longitud fija, dejando de último a los campos que pueden tener longitudes variables. Contienen identificadores tales como: identificadores de protocolos – es decir, el tipo de protocolo que se maneja -, así como campos se señalan los atributos o acciones que se espera que se manipulen con el paquete de datos enviado.
- **Trailer (Cola):** las **PDU's** de algunos protocolos suelen contener un elemento que se denomina **trailer**, que puede ser interpretado como una cola que cierra el paquete de datos. Su uso más común se asocia al transporte de los códigos de redundancia cíclica (**CRC**), de comprobación de errores, siempre y cuando el protocolo se implemente cerca de la capa física. En otros casos, su utilidad es muy marginal, por lo que no es frecuentemente implementada.
- **Datos Del Usuario:** consisten en la información que se desea compartir entre las entidades que intervienen en el proceso de comunicación.

El conjunto de header y trailer constituye la llamada información de control del protocolo (**PCI**). Generalmente, deben tener un tamaño reducido en comparación con la longitud de los datos del usuario, para asegurar que el transporte de datos entre las entidades involucradas se realiza de manera relativamente eficiente.

En la ilustración que se muestra a continuación, se puede observar la estructura de una **PDU**, en general.

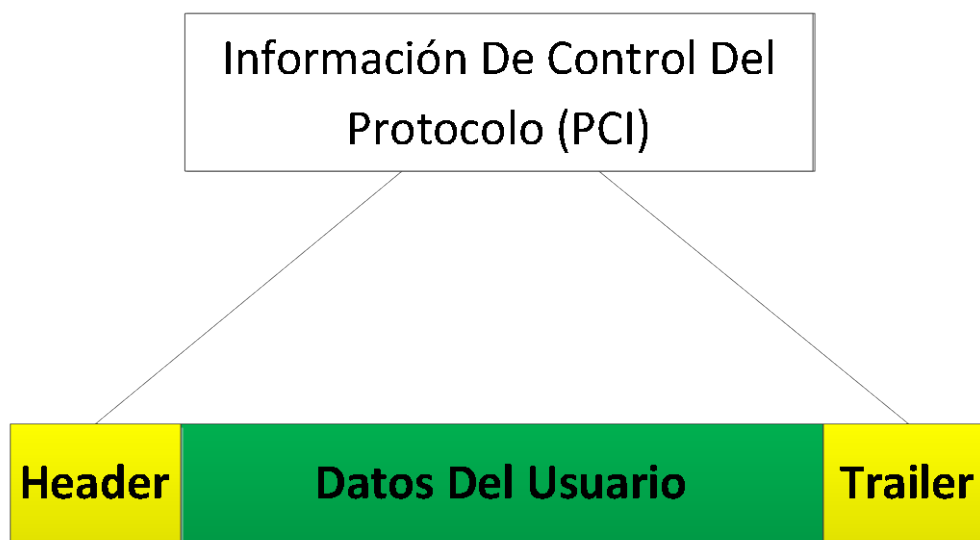


Ilustración 1: Estructura General De La PDU
Fuente: [DAYJ08]

4. ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Para [FORO07], los elementos estructurales clave que tipifican a los protocolos de comunicaciones son: Su sintaxis, su semántica y su temporización.

4.1 SINTAXIS.

La **sintaxis del protocolo** especifica la **estructura** del formato que deben tener los datos. Es decir, el orden en el cual se presentan.

Por ejemplo, un protocolo de comunicaciones sencillo podría esperar que los primeros ocho bits de datos representen a la dirección del emisor, en tanto que los segundos ocho bits, constituyen la dirección del receptor y el resto del flujo consiste en el mensaje propiamente dicho.

4.2 SEMÁNTICA.

Por otro lado, la **semántica del protocolo** establece el significado de cada sección de bits que contiene el mensaje. Es decir, se consideran aspectos tales como la **interpretación** de un determinado patrón dentro del paquete de información, así como las **acciones** que se deben tomar en función de dicha representación.

Por ejemplo: Si dentro del mensaje aparece una dirección; ella identificará a la ruta que debe seguir el paquete de manera inmediata, o el destino final que tendrá el mensaje.

4.3 TEMPORIZACIÓN.

Dentro de un protocolo de comunicaciones, la **temporización** se caracteriza por dos atributos básicos:

- En qué **momento** de la transmisión se deben enviar los datos;
- Que **velocidad** de transmisión se deben utilizar en su envío.

Por ejemplo, si un emisor envía datos a una velocidad de 100Mbps, pero el receptor correspondiente puede procesar datos únicamente a 1Mbps, el proceso de transmisión sobrecargará al receptor y se perderán gran cantidad de datos.

En tal caso, los procesos de temporización entre las entidades deben conducir a que se sincronicen a 1Mbps, para garantizar que ambas pueden comunicarse sin pérdidas de información potenciales.

5. FUNCIONES.

Según lo que establece [STAL04], las funciones más relevantes que deben cumplir los protocolos de comunicaciones¹ se establecen a continuación:

5.1 ENCAPSULAMIENTO.

La función de **encapsulamiento** de los protocolos consiste, esencialmente, en la adición de información de control, a los datos que se intercambian entre las entidades que participan en el proceso de comunicación, vía las **PDU's** respectivas.

Esencialmente, la información de control se debe interpretar como **atributos adicionales** a la información propiamente compartida. La **PDU** no puede cumplir satisfactoriamente su objetivo de intercambio de datos sin ella. De hecho, en algunos tipos de protocolos, las **PDU's** contienen exclusivamente información de control.

La información de control se puede categorizar básicamente en tres tipos de clases:

¹ Es relevante aclarar que algunas de estas funcionalidades estarán ausentes en ciertos protocolos, ya que de lo contrario representará una duplicación innecesaria de ellas. Sin embargo, otras funcionalidades deberán repetirse en ciertos protocolos que se ubican en diferentes niveles.

- **Direccionamiento:** En este caso, contendrá los identificadores de origen – emisor – y destino – receptor – de la **PDU**. Es decir, qué entidad originó el mensaje, así como la entidad que debe recibirlo.
- **Detección de errores:** Por otro lado, la **PDU** debe incluir información que ofrezca la posibilidad de identificar – y de ser posible corregir – errores en la transmisión, generalmente basados en esquemas de secuencias de verificación.
- **Control del protocolo:** En la **PDU** también se incluye información suplementaria que posibilita la realización de las funciones restantes que se mencionan en este apartado.

5.2 SEGMENTACIÓN Y ENSAMBLADO.

Generalmente, la transferencia de datos entre entidades debe ser realizada utilizando bloques de datos de tamaños limitados, aunque las aplicaciones manipulen sus **mensajes**² como cadenas de bytes continuas; sobre todo, cuando se consideran las funciones de los protocolos de capas inferiores.

El procedimiento mediante el cual, los protocolos de capas inferiores **dividen** los mensajes de las aplicaciones se denomina **segmentación**. La **PDU**, en consecuencia, consiste en cada uno de los bloques de datos que se intercambian entre entidades.

² Se denomina mensaje a la unidad lógica de transferencia de información entre aplicaciones **[STAL04]**.

Por otro lado, el procedimiento inverso a la segmentación se denomina **ensamblado**, y no es más que la **reconstrucción** del mensaje original que envió la entidad origen, a la entidad destino, y que puede ser manipulado directamente por la aplicación correspondiente.

En la ilustración que se muestra a continuación, pueden observarse las funciones de segmentación y ensamblado, conjuntamente con la de encapsulamiento.

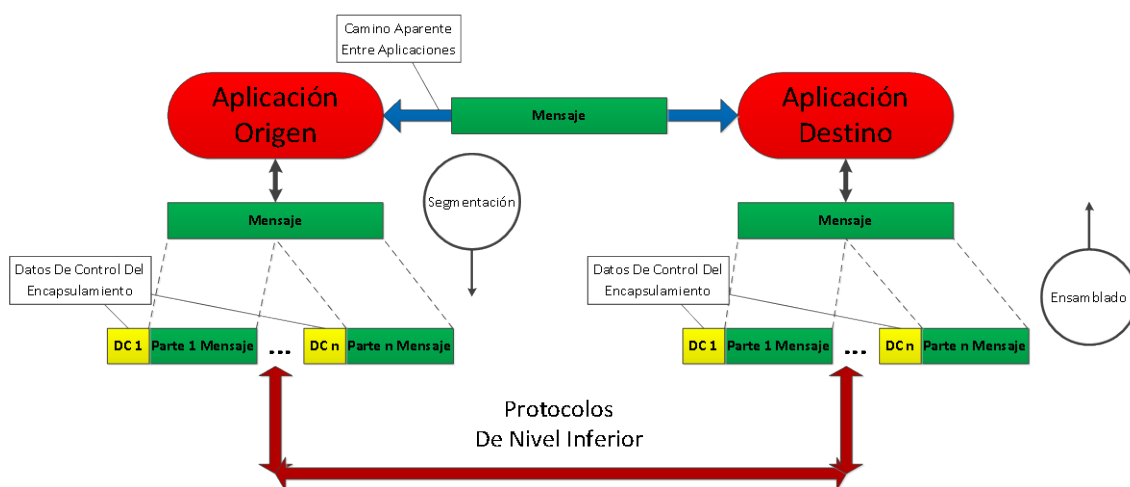


Ilustración 2: Procesos De Segmentación / Ensamblado y Encapsulamiento
Fuente: El Autor

5.2.1 TAMAÑO DE LAS PDU'S.

El tamaño o cantidad de bytes que debe contener un bloque de texto son motivo de controversia. Así algunas de las ventajas de utilizar **PDU** de tamaño reducido son:

- En sus capas más inferiores, las redes de comunicaciones generalmente aceptan bloques de tamaño limitado (ATM 53bytes, Ethernet 1526bytes).

- Mientras menor sea el tamaño de la **PDU**, menor será la cantidad de datos a retransmitir en caso de errores.
- Las **PDU's** de tamaño reducido posibilitan que el acceso a los medios de transmisión compartidos se realice de manera más equitativa y con niveles de retardo inferiores – evitando que una entidad cualquiera monopolice el acceso al medio -, a los que se presentarían cuando se utilicen **PDU's** de mayor tamaño.
- Las entidades receptoras y emisoras necesitarán reservar cantidades menores de memoria temporal para buffers.
- Periódicamente, las entidades que intervienen en los procesos de comunicación de datos, requieren que su intercambio se detenga cada cierto tiempo, con el fin de completar tareas de tipo administrativo.
- El tamaño o cantidad de bytes que debe contener un bloque de texto son motivo de controversia. Así algunas de las ventajas de utilizar **PDU** de tamaño reducido son:

Por otro lado, el uso de bloques de transmisión de gran tamaño, se puede justificar – y en consecuencia, el uso de bloques de tamaño reducido será desventajoso -, por las razones que se enuncian a continuación:

- Mientras más grande es la **PDU**, menor es el porcentaje de información de control suplementaria que se debe incluir.
- La cantidad de interrupciones que deberá atender el procesador será menor, mientras menos **PDU's** se reciban.

- Así mismo, el tiempo relativo que debe dedicar el procesador a la atención de las **PDU's** pequeñas, será mayor a medida que aumenta su número.

Los diseñadores de protocolos deben considerar todos estos factores, al momento de establecer los tamaños máximos y mínimos de sus **PDU's**.

5.3 CONTROL DE LA CONEXIÓN.

Esta función define, esencialmente, la forma en que se **administra** la conexión entre las entidades involucradas en el proceso de comunicación.

Las conexiones entre entidades transmisoras se pueden realizar utilizando dos formas básicas de enlace:

5.3.1 ENLACES NO ORIENTADOS A CONEXIÓN.

Bajo este contexto, la entidad que emite las **PDU's** las programa de tal manera que cada una será tratada por los canales de comunicación de manera **independiente** a las que se han recibido con anterioridad.

Este modo de conexión es viable en los casos en que no se prevé un intercambio de datos considerable entre las entidades. También es funcional cuando los protocolos involucrados en el proceso de comunicación no requieren controlar detalladamente el proceso de comunicación. Salvo ciertas situaciones particulares, este sistema de comunicación no es el más utilizado.

Un ejemplo de este comportamiento se puede observar en los datagramas del protocolo **UDP**.

5.3.2 ENLACES ORIENTADOS A CONEXIÓN.

La característica fundamental de este modo de conexión, radica en que cada entidad involucrada en el proceso de comunicación, enumera de manera secuencial cada **PDU** que envía a la otra entidad.

Ambas entidades **saben** que están involucradas en un proceso de comunicación, de modo que controlan coordinadamente las recepciones y envíos de los paquetes de datos, a través de un canal lógico que se mantiene abierto durante todo el proceso.

En contraste con los enlaces no orientados a la conexión, en las situaciones en que se prevé un gran intercambio de información entre las entidades, o los protocolos involucrados requieren que se controlen algunos detalles especiales de la transferencia de información, de manera dinámica – tales como la detección de errores -; se puede llegar a requerir, de manera obligatoria, la transferencia de datos orientada a las conexiones. Este es el sistema de comunicación que más se utiliza en las redes de datos.

En este tipo de transferencia se dan tres fases **[FORO07]**:

- **Establecimiento de la conexión:** Durante esta fase, las entidades acordarán el intercambio de datos. Generalmente, una de las entidades enviará una solicitud de conexión (usando un sistema de transferencia no orientada a conexión) a la otra.

Dependiendo de la complejidad del sistema, simplemente se devolverá un mensaje indicando que la solicitud se acepta o rechaza; o seguirá una fase completa de negociación de sintaxis, semántica y temporización, parametrizando el protocolo de comunicación. Sin embargo, en general

involucra tres acciones al menos– denominado diálogo de tres partes-, que se observan en la siguiente ilustración – las fechas amarillas denotan información de control -.

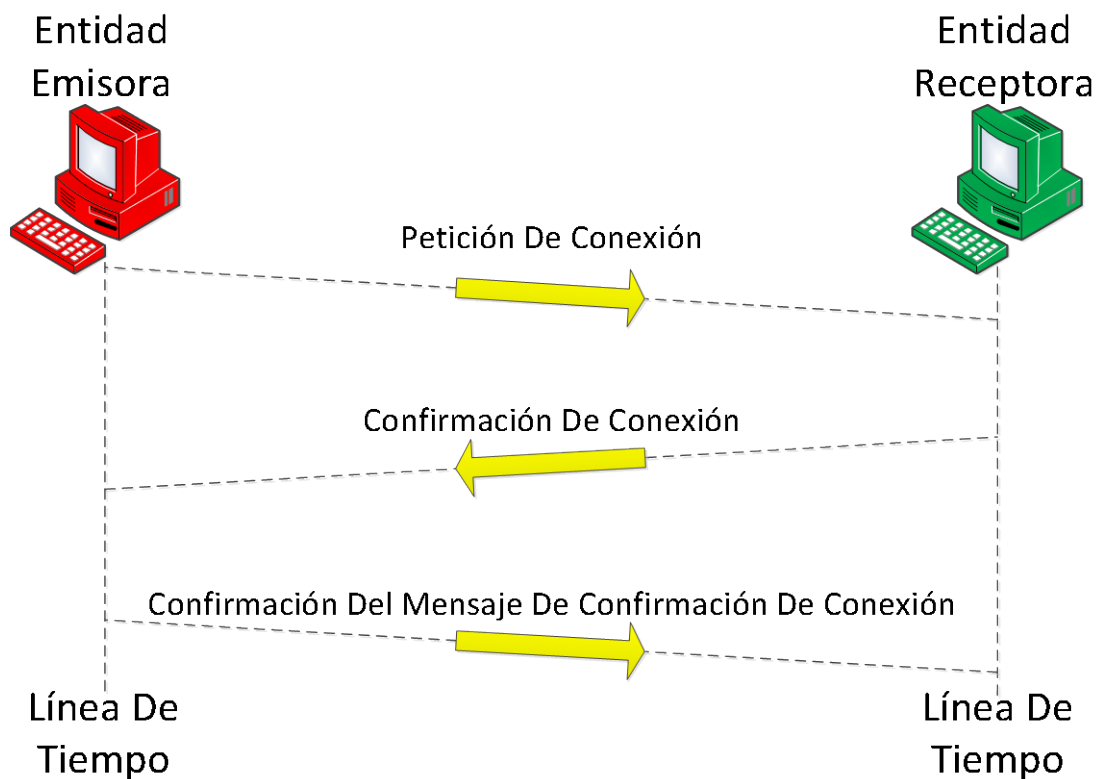


Ilustración 3: Diálogo De Tres Partes Para Establecer La Conexión
Fuente: [FORO07]

- **Transferencia de datos:** En esta fase, las entidades intercambian datos e información de control – para control de flujo o errores, por ejemplo -. El intercambio se puede dar en un solo sentido, aunque lo más común es que se realice en doble sentido. Nuevamente, la discusión entre las entidades se lleva a cabo vía diálogo de tres partes, como se aprecia en la siguiente ilustración – las fechas amarillas denotan información de control, en tanto que la fecha azul señala datos -.

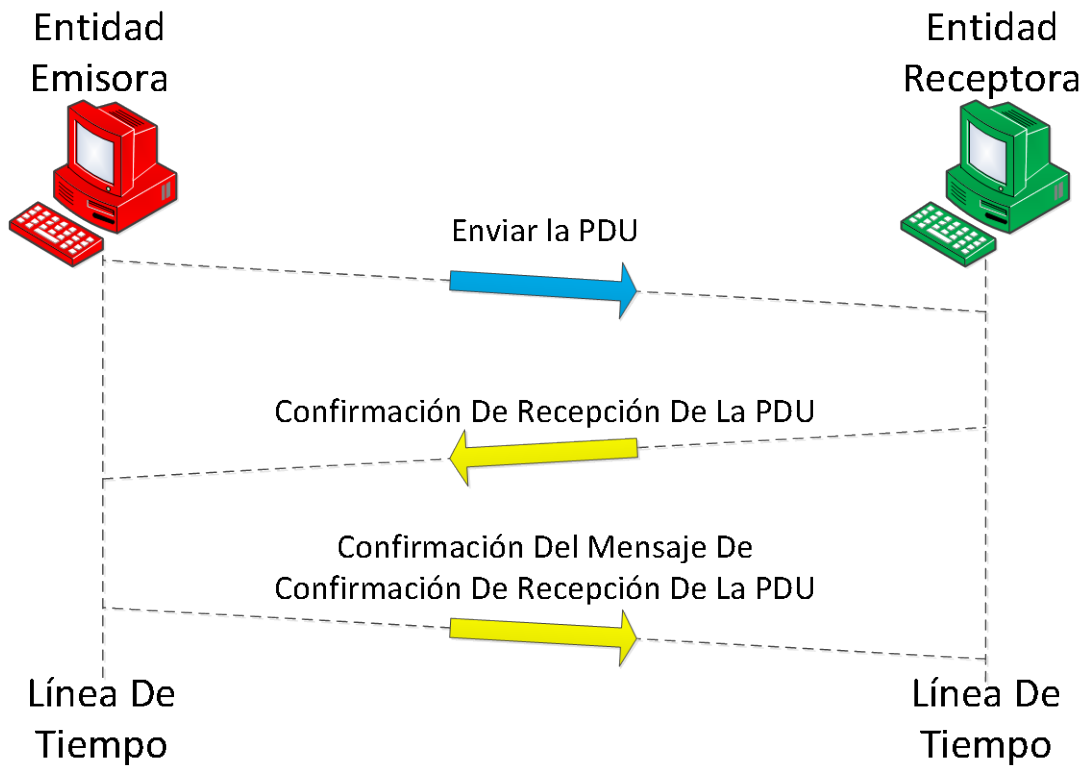


Ilustración 4: Diálogo De Tres Partes Para La Transferencia De Datos
Fuente: [FORO07]

- **Cierre de la conexión:** Si todo transcurre normalmente, finalizado el proceso de intercambio de información, cualquiera de las entidades puede solicitar a la otra la finalización de la conexión, vía solicitud de cierre de conexión. También puede ser ordenado por una entidad central. En este caso, nuevamente la conversación entre entidades se realiza empleando el diálogo de tres partes, como se aprecia en la siguiente ilustración – las fechas amarillas denotan información de control -.

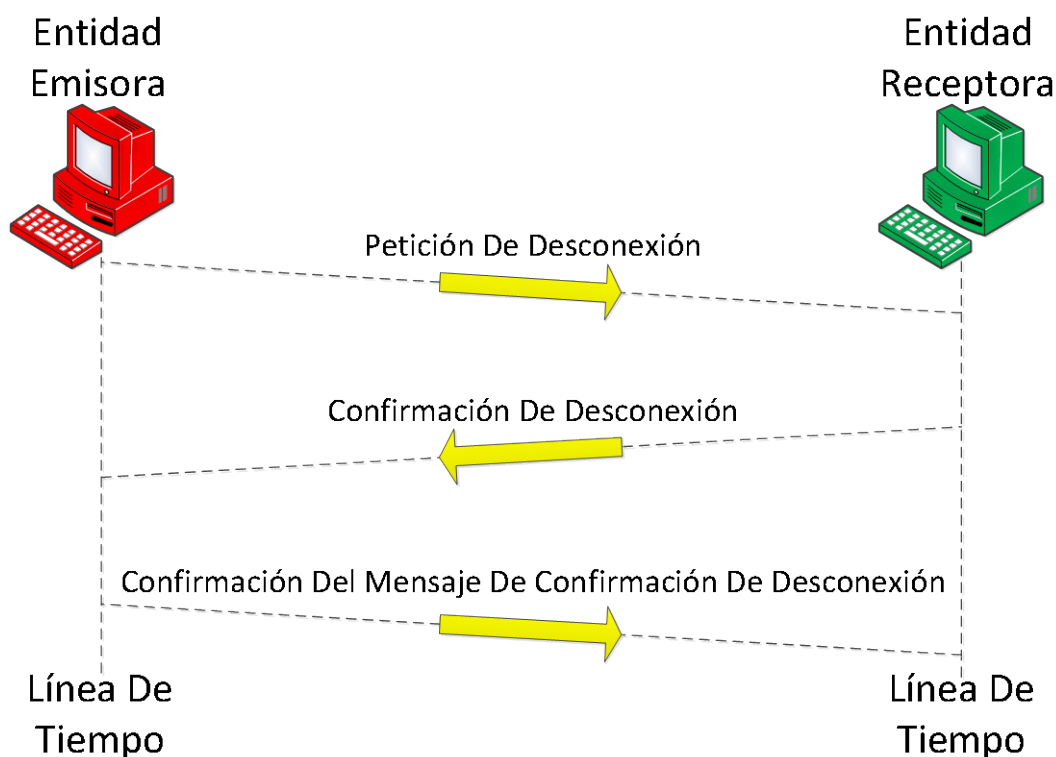


Ilustración 5: Diálogo De Tres Partes Para Finalizar La Conexión
Fuente: [FORO07]

Es relevante resaltar que en protocolos más elaborados, pueden presentarse fases adicionales, tales como la interrupción del diálogo, con las correspondientes recuperaciones de conexión.

También importante resaltar que la numeración secuencial de las **PDU's**, asociada a este modo de comunicación, se relaciona fuertemente, con las tres funciones que se considerarán a continuación: La entrega en orden, el control del flujo y el control de errores.

5.4 ENTREGA EN ORDEN.

Por otro lado, la entrega en orden establece fundamentalmente, el orden en que pueden ser recibidos los paquetes.

Esta función obedece a la posibilidad de que las entidades que intervienen en el proceso de comunicación, reciban las **PDU's** que se transmiten en un orden diferente al que se enviaron, por la diversidad de rutas que pueden haber para encaminarlas hacia su destino.

En principio, parece una tarea sencilla si cada una de las **PDU's** se numera secuencialmente; es cuestión de que se mantenga el orden señalado en la numeración. Sin embargo, al considerar que la longitud del campo en la **PDU** donde se almacena dicha información es limitado, se presenta el problema de que dichos números se podrían repetir, mientras más grande sea el tamaño de los mensajes intercambiados.

5.5 CONTROL DEL FLUJO.

Consiste en una operación realizada por la entidad receptora con el fin de limitar la velocidad o cantidad de datos que envía la entidad emisora. Esto, con la finalidad de no se sobrecargue al receptor con una cantidad excesiva de datos, con respecto a su memoria temporal y su capacidad de procesamiento.

El control de flujo es una de las funciones típicas que se deben realizar en varios niveles de protocolos de comunicaciones. Para tal efecto, considere una arquitectura de protocolos simplificada tal como se observa en la siguiente ilustración:

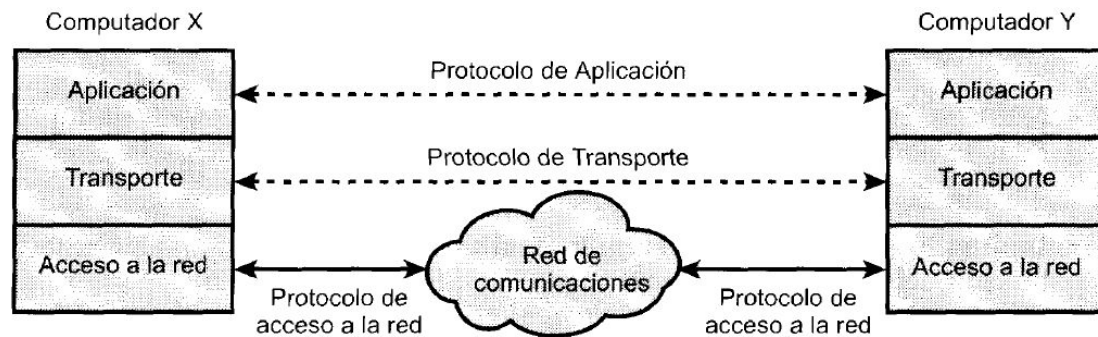


Ilustración 6: Arquitectura Simplificada De Protocolos
Fuente: [STAL04]

Es claro que los datos, al fluir entre las capas de la arquitectura, serán objeto de procesamiento por cada uno de estos niveles de software y hardware. Esto implica que, en todos esos puntos, se debe controlar la sobrecarga del sistema, vía la función de control de flujo.

Existen una serie de esquemas para control de flujo. El más sencillo, es conocido como el **Procedimiento De Parada Y Espera**, en tanto que los más eficientes conllevan algoritmos más especializados, tales como el de **Ventana Deslizante**.

5.5.1 PROCEDIMIENTO DE PARADA Y ESPERA.

Bajo este esquema, el emisor debe esperar a que el receptor le confirme que ha recibido cada **PDU**, antes de intentar enviar otra. De este modo, la entidad destino puede controlar el flujo de datos que le llega, simplemente retrasando la transmisión de las confirmaciones de acuse de recibo (acknowledgement, o ack).

Este esquema, en presencia de un mensaje que se envía utilizando un número reducido de bloques de gran tamaño, funciona bien y de hecho es difícil mejorar sus prestaciones.

Sin embargo, la situación más común consiste en que el emisor segmente el mensaje en una gran cantidad de bloques pequeños, para minimizar la retransmisión de tramas de gran tamaño en presencia de errores, así como para evitar la monopolización del medio de transmisión por parte de una única entidad.

En este último escenario, el problema más relevante radica en la serialización de las **PDU's** – sólo puede haber una en tránsito, no se pueden aprovechar las capacidades de intercambio en alta velocidad de los medios de transmisión actuales -. Cuando la longitud del enlace³ es mayor que la longitud de la **PDU**, se presentan situaciones de ineficiencia claras.

Si el tiempo de transmisión se normaliza a 1 y el retardo de propagación – el tiempo que le toma a un bit en llegar desde la entidad emisora a la entidad receptora - se expresa como la variable a . Se obtienen las siguientes relaciones.

- **Si el tiempo de propagación es menor que el tiempo de transmisión $a < 1$:** En este caso, la **PDU** es lo suficientemente larga para que sus primeros bits lleguen a la entidad receptora antes de que la entidad emisora termine su transmisión.

³ La longitud de un enlace en bits se define como el número de bits presentes en el enlace cuando este se ocupa completamente por una secuencia de bits. Matemáticamente, la longitud del enlace $LE = \frac{(R \times d)}{V}$ donde R velocidad de transmisión en bps, d es la distancia del enlace en metros, y V es la velocidad de propagación en el medio, en m/s .

- **Si el tiempo de propagación es mayor que el tiempo de transmisión $a > 1$:** Bajo este escenario, la entidad emisora termina la transmisión de toda la **PDU** antes de que el primer bit de la misma llegue a la entidad receptora.

La ilustración que se muestra a continuación permite observar el comportamiento de este procedimiento de control de flujo.

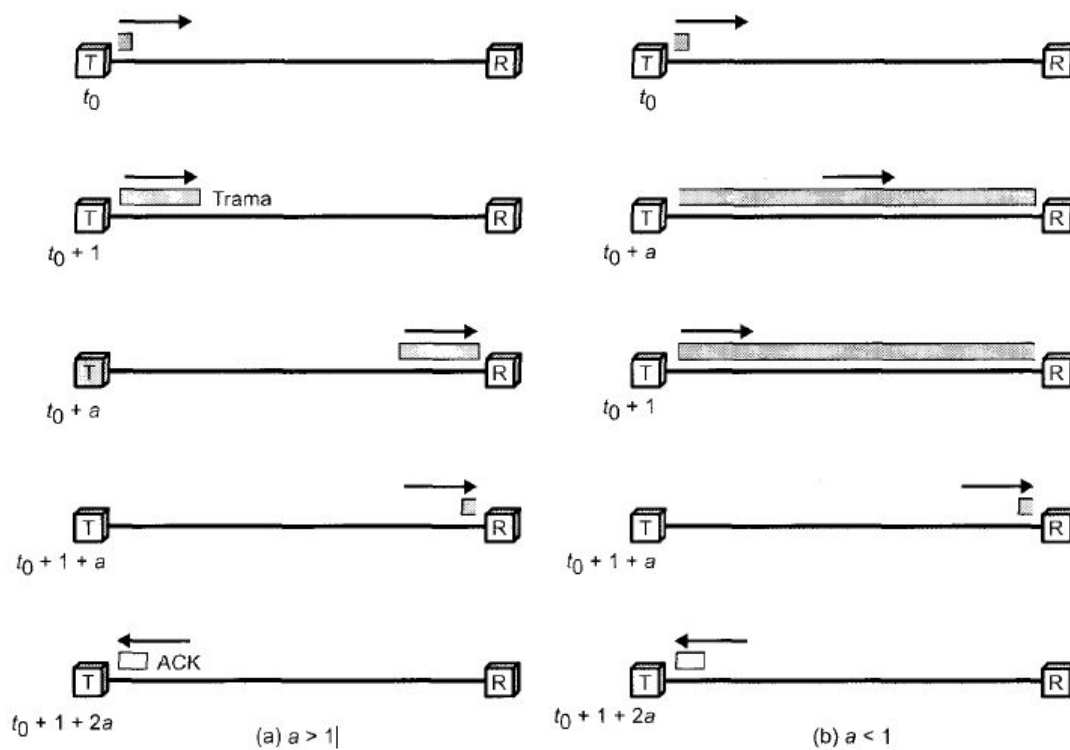


Ilustración 7: Control De Flujo Mediante Parada Y Espera
Fuente: [STAL04]

La ilustración presenta una secuencia de instantáneas del proceso de transmisión tomadas a lo largo del tiempo. En ambos casos, las cuatro primeras instantáneas muestran el proceso de la transmisión de una trama que contienen datos, y la última muestra la devolución de una trama pequeña de confirmación.

Se debe observar que para $a > 1$, el medio de comunicación está subutilizado siempre, en tanto que para el caso en que $a < 1$, la línea se utiliza ineficientemente.

En resumen, el control de flujo mediante parada y espera conlleva a la utilización ineficiente del medio, en el caso que se presenten velocidades de transmisión elevadas y que los emisores y receptores estén separados por grandes distancias.

5.5.2 PROCEDIMIENTO DE VENTANAS DESLIZANTES.

En general, los esquemas más avanzados de control de flujo involucran la concesión de una especie de crédito a la entidad emisora, en el sentido de que se le concede una cantidad de datos pre-establecida que puede transmitir sin esperar confirmación. Tal es el principio fundamental de las ventanas deslizantes.

A continuación, se analizará el comportamiento de dos entidades **A** - emisor - y **B** - receptor - conectadas mediante un enlace full dúplex. Posee una reserva de memoria temporal que le permite almacenar hasta **W PDU's** sin necesidad de confirmación. Sin embargo, el control sobre qué tramas se ha confirmado su recepción, se realizará con base en el número de secuencia que se asignará a cada una de ellas.

Cada vez que **B** confirma la recepción de las tramas previas, le envía un acuse de recibo (ack) a la entidad **A**, señalando:

- El número de secuencia de la siguiente **PDU** que se espera recibir.

- Que el receptor **B** está preparado para recibir las **W** tramas siguientes, a partir de la que se recibió previamente.

Bajo este procedimiento, se pueden confirmar simultáneamente la recepción de varias **PDU's**. Así por ejemplo, el receptor **B** podría haber recibido las tramas 1, 2 y 3, pero debe tener la confirmación hasta que la trama 4 llegara. En este momento, de le enviaría al emisor **A** él acuse de recibo con número de secuencias 5. De este modo, **B** confirma simultáneamente las tramas 1, 2, 3 y 4.

Este procedimiento obliga a que el emisor **A** mantenga un listado de los números de secuencia de tramas que se le permite transmitir, en tanto que el receptor **B** debe controlar otro listado con los números de secuencia de tramas que espera recibir. Cada una de estas listas se denomina como **ventana de tramas**. De allí que este procedimiento se nombre como **Control De Flujo Mediante Ventana Deslizante** (sliding-window flow control).

Este procedimiento se plantea asumiendo que dentro de cada una de las **PDU's** se encuentra un campo que contiene la numeración secuencial previamente señalada, y que evidentemente tendrá un tamaño limitado a cierta cantidad de bits. Así por ejemplo, si dicho campo tuviera una amplitud de 4 bits, los números de secuencia podrían variar entre 0 y 15. En consecuencia, las tramas se deberán enumerar basándose en un esquema módulo 16, es decir, después del número 15 seguiría el 0.

En el caso más general, cuando el campo de secuencia posea k bits, el rango de números de secuencia se extenderá entre 0 y 2^{k-1} , con las tramas numeradas en módulo 2^k . La ilustración que se muestra a continuación, permite observar el comportamiento general de este procedimiento.

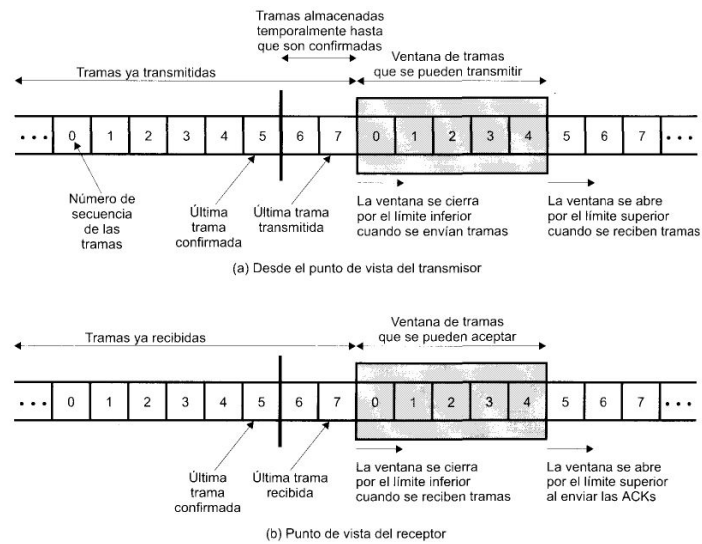


Ilustración 8: Control De Flujo Mediante Ventanas Deslizantes
Fuente: [STAL04]

Por otro lado, la siguiente ilustración presenta la aplicación del procedimiento de ventanas deslizantes al comunicarse dos entidades **A** y **B**, empleando un campo de secuenciación de 3 bits y un tamaño máximo de ventana igual a siete tramas.

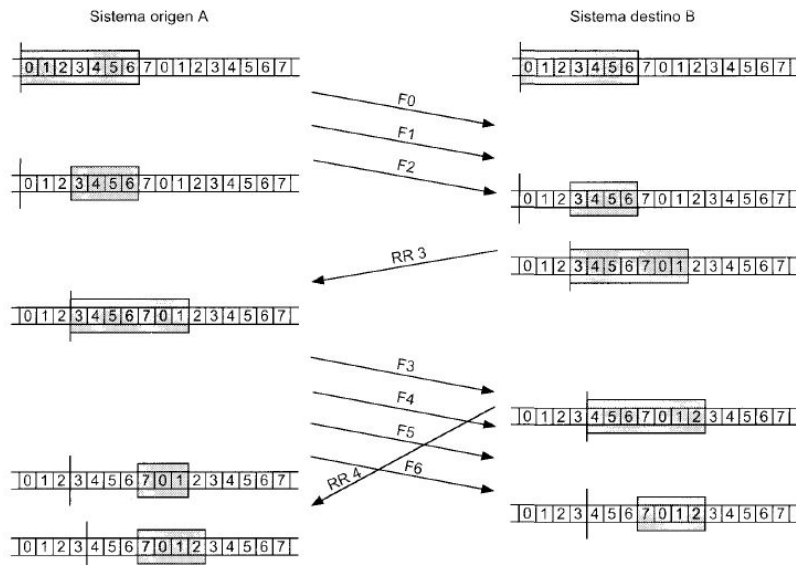


Ilustración 9: Ejemplo De Control De Flujo Mediante Ventanas Deslizantes
Fuente: [STAL04]

En este ejemplo, los mensajes señalados como **Fi** ($i = 0, \dots, 6$) – **Frame** - señala las tramas enviadas, en tanto que los mensajes identificados como **RRj** ($j = 3, 4$) – **Receive Ready** -, identifican los momentos en que el receptor está preparado para recibir más mensajes al mismo tiempo que confirma las tramas previamente recibidas.

5.6 CONTROL DE ERRORES.

Consiste en una función que permite esencialmente, identificar y corregir **PDU's** que contengan información incorrecta. Generalmente se implementa mediante dos funciones separadas:

- **La detección de errores:** Para implementar esta función, la entidad emisora del mensaje inserta en cada **PDU** un código - función estricta de los bits que constituyen a la **PDU** - que permita identificar la presencia de errores en la transmisión. Por otro lado, la entidad receptora comprobará el valor recibido de dicho código contra su propio cálculo del mismo. Si ambos valores coinciden, el paquete se considera válido y la entidad receptora confirma a la entidad emisora su recepción exitosa. Por otro lado, en caso que se detecte un paquete dañado, el receptor simplemente lo descartará.
- **La retransmisión de paquetes dañados:** cuando la entidad receptora recibe un mensaje erróneo, al descartarlo, no devolverá un mensaje de confirmación de recepción. Si la entidad emisora del **PDU** no recibe una confirmación de recepción dentro de un intervalo de tiempo razonable, retransmitirá nuevamente el paquete, asumiendo que no llegó o llegó dañado.

- **Corrección de errores:** Algunos protocolos muy especializados, con base en los códigos de comprobación de **PDU's** pueden, dentro de ciertas limitaciones, corregir los errores que contiene el paquete dañado, evitando en, algunos casos, la necesidad de retransmitirlo. Esta no es una característica común dentro de los protocolos de comunicaciones.

De la misma forma que en la función de control de flujo, el control de errores es otra función que debe ser realizada en varios niveles de las arquitecturas de protocolos. Así por ejemplo, si se considera a la Ilustración 6, se puede observar que en los niveles de acceso a la red y transporte, es importante que exista la posibilidad de identificar y retransmitir paquetes erróneos.

5.7 MULTIPLEXACIÓN.

Esta función consiste en un conjunto de técnicas que permiten la transmisión simultánea de múltiples señales a través de un único enlace de datos. Se asemeja a los sistemas de acueducto actuales, donde una gran tubería principal alimentadora de agua, suministra el servicio, al mismo tiempo, a varios locales.

Esta situación se origina por el incremento en el uso de los recursos de comunicaciones, que incrementan proporcionalmente el tráfico sobre los mismos en la medida en que crece el número de usuarios conectados a los servicios.

La solución de este problema utilizando líneas individuales es bajo todo punto de vista, ineficiente, excesivamente costosa, además de que complica innecesariamente los sistemas de telecomunicaciones.

En tal sentido, la multiplexación ofrece un sistema que permite maximizar la eficiencia de los medios de transmisión, de manera que con una infraestructura mínima, se puede maximizar uso.

Cuando se implementa la multiplexación, generalmente se requiere que se aplique conjuntamente con técnicas de control de congestión de tráfico, a fin de evitar que los servicios colapsen por el exceso de demanda.

La multiplexación admite dos formas básicas de implementación, así como una trivial:

- **Multiplexación uno a uno:** En este caso simplemente, una conexión de nivel superior se corresponde exactamente a una conexión del nivel inferior y la multiplexación como tal simplemente no se presenta.
- **Multiplexación ascendente - o hacia adentro -:** Bajo este esquema, varias conexiones de nivel superior comparten o se multiplexan han sobre una única conexión de nivel inferior. Esta técnica puede ser útil cuando se desea utilizar eficazmente los servicios de nivel inferior o para proporcionar varias conexiones del nivel superior en un entorno donde existe una única conexión de nivel inferior. En lo que se conoce como medio de transmisión con acceso compartido.
- **Multiplexación descendente - o de división -:** En este caso, se establece una única conexión de nivel superior, utilizando varias conexiones de nivel inferior. Es decir, todo el tráfico de la conexión superior será dividido entre varias conexiones de nivel inferior. Esta técnica se suele utilizar para agregar los niveles de seguridad a la conexión - ya que ofrece redundancia en el canal -, así como eficiencia en la transferencia de grandes cantidades de información.

La ilustración que se muestra a continuación, permite apreciar gráficamente las tres formas de multiplexación antes mencionadas:

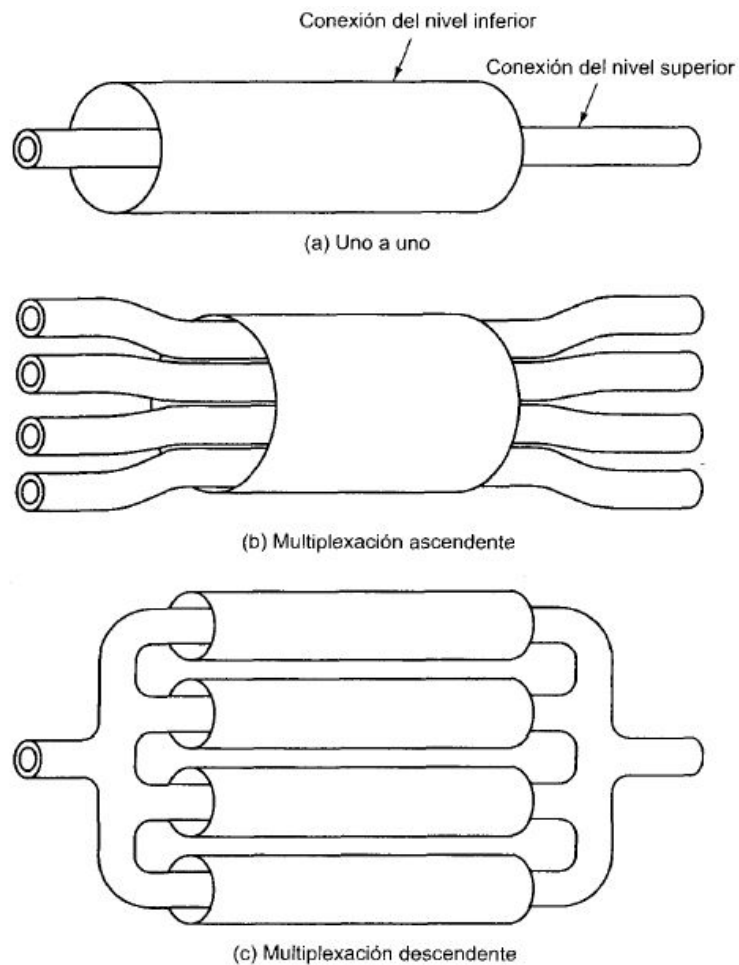


Ilustración 10: Esquemas De Multiplexación
Fuente: [STAL04]

La multiplexación se puede aplicar en otros contextos distintos, en combinación con las funciones de direccionamiento y encaminamiento que serán consideradas a continuación.

5.8 DIRECCIONAMIENTO.

El direccionamiento es una de las funciones más complejas y abarcadoras dentro de las funciones de los protocolos de comunicaciones. Está relacionada a las funciones de encaminamiento y multiplexación.

La función de direccionamiento consiste, esencialmente, en identificar, de manera inequívoca, a las entidades emisora y receptora de los mensajes; de manera tal que las **PDU's** enviadas lleguen a la entidad destino y sólo ella.

Las explicaciones subsiguientes de este apartado se realizarán con base en la ilustración que se muestra a continuación⁴.

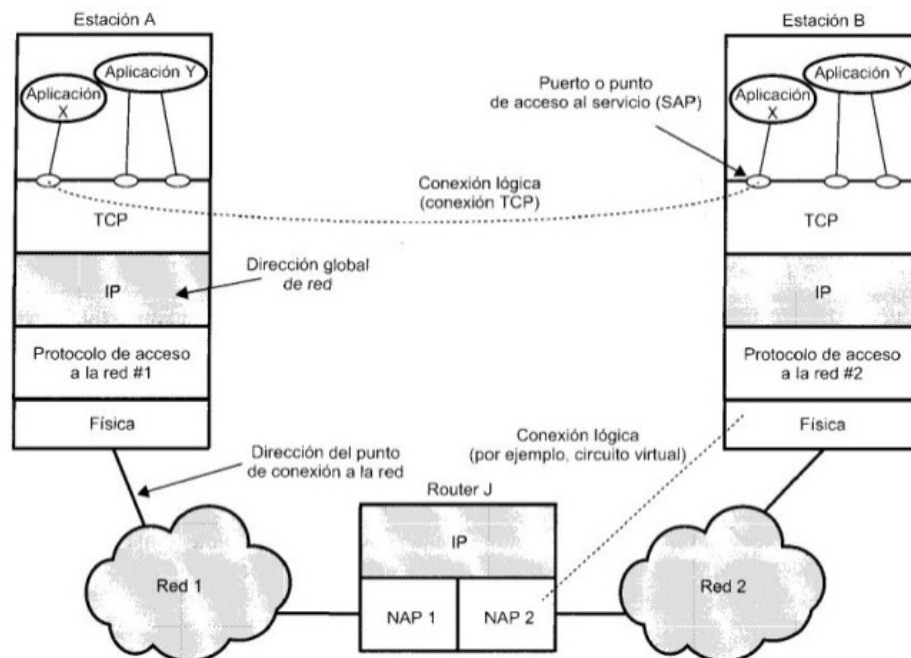


Ilustración 11: Conceptos De Direccionamiento
Fuente: [STAL04]

Dentro de las arquitecturas de protocolos, el concepto de direccionamiento es complicado, ya que abarca una serie de aspectos tales como:

⁴ En dicha ilustración, se expone un modelo que esencialmente representa a la arquitectura **TCP/IP**, pero que sin embargo, es aplicable a prácticamente cualquier otra arquitectura similar.

5.8.1 EL NIVEL DEL DIRECCIONAMIENTO.

Cuando se analiza el nivel de direccionamiento, se está haciendo referencia al nivel que identifica a la entidad, dentro de la arquitectura de comunicaciones bajo estudio.

Es así como por ejemplo bajo la arquitectura **TCP/IP**, los equipos - ya sean computadoras o equipos de intercomunicación - se identifican por las llamadas direcciones **IP**, en tanto que bajo la arquitectura **OSI** estas mismas direcciones se denominan puntos de acceso al servicio de red (**NSAP**, Network Service Access Point), en la llamada capa de red. Estas direcciones se utilizarán para encaminar las **PDU's** a través de la red o redes que comunican a los sistemas emisor y receptor.

Por otro lado, en la capa de aplicación, cada entidad que participa en el proceso de comunicación deberá también tener un identificador único, entendiendo entidad como:

- Aplicaciones individuales que usan los servicios.
- Múltiples usuarios que utilizan una misma aplicación.
- Múltiples procesos de un usuario dentro de una aplicación.

Para este nivel, **TCP/IP** define estos identificadores como puertos, en tanto que **OSI** los llama puntos de acceso al servicio (**SAP**, Service Access Point). En la Ilustración 11, se aprecian dos niveles de direccionamiento dentro del sistema modelado, sin embargo puede darse el caso en que cada capa de la arquitectura tenga un único **SAP**.

5.8.2 EL ALCANCE DEL DIRECCIONAMIENTO.

Otro tema relacionado es del alcance de direccionamiento, entendiendo este concepto como el ámbito donde la dirección establecida tiene vigencia.

En tal sentido, se conocen direcciones tanto locales como globales. Las direcciones locales, como su propio nombre lo dicen, tienen vigencia únicamente en un entorno limitado, constituido por algunas entidades. Su característica fundamental es que entre los equipos que integran su entorno, dichas direcciones son visibles; en tanto que desde ambientes externos son invisibles.

Por otro lado, las direcciones globales, tienen como características principales:

- **No ambigüedad global:** Es decir, que una dirección global identifica a un solo sistema. Sin embargo para un sistema dado, puede haber más de una dirección global.
- **Aplicabilidad global:** Establece que desde cualquier sistema se podrá identificar a cualquier otro sistema, utilizando su dirección global.

Estas dos características son las que permiten que, bajo Internet, se puedan intercambiar datos entre cualesquiera equipos que tengan direcciones globales – las llamadas **IP's** públicas -.

Es relevante señalar que las direcciones que se han comentado hasta este momento, pueden ser categorizadas como de tipo **lógico**, porque se establecen en los niveles de software, por encima de las capas físicas.

Adicionalmente a ellas, también se requieren direcciones de tipo **físico**, para identificar a nivel de hardware, a cada uno de los interfaces que contiene cada dispositivo de la red. Como ejemplo de este tipo de direccionamiento se

encuentran las direcciones **MAC** de las redes **IEEE 802**, así como las direcciones de las estaciones de red **X.25**, que permiten que las capas de red encaminen unidades de datos tales como tramas **MAC** o paquetes **X.25**. Estos tipos de direcciones se conocen como direcciones de punto de conexión en la red.

Ahora, el alcance del direccionamiento es una conceptualización que sólo tiene relevancia en las capas de arquitectura de red o inferiores – bajo el modelo **OSI** -. Por encima de este nivel, un puerto o dirección **SAP** debe ser único dentro de la entidad local, sin que se requiera que lo sea a nivel global. Por ejemplo, en la Ilustración 11, tanto en la estación **A** como en la **B**, puede existir perfectamente un puerto 1, que pueden ser diferenciados de manera única como **A.1** y **B.1**, respectivamente.

5.8.3 LOS IDENTIFICADORES DE LA CONEXIÓN.

Consisten en la asignación de un nombre único que identifica a la conexión durante todo el proceso de transmisión de datos.

Este concepto tiene sentido exclusivamente cuando se plantea sobre la base de que las transferencias de datos se realizan en un entorno orientado a conexiones – tal como los circuitos virtuales, por ejemplo -. Por otro lado, en las transferencias no orientadas a conexión – como los datagramas -, se debe utilizar un nombre global para cada transmisión.

El empleo de los identificadores de conexión ofrece algunas ventajas, tales como:

- **Reducción en el tamaño de las cabeceras:** Por lo general, los identificadores de conexión son más cortos que los identificadores globales.
- **Encaminamiento:** Ya que los identificadores de conexión, al operar sobre circuitos virtuales, actúan sobre una ruta fija, que permite identificar los caminos que seguirán las **PDU's** futuras – el concepto de encaminamiento será ampliado posteriormente -.
- **Multiplexación:** Los identificadores de conexión permitirán que una entidad pueda utilizar, simultáneamente, más de una conexión – al aplicar multiplexación descendente -, por lo que las **PDU's** se deben reconocer vía el identificador de conexión. Esto permitirá explotar en todo su potencial a la capacidad de transmisión de los medios actuales.
- **Uso de información de estado:** Establecida la conexión, vía los identificadores de conexión, los sistemas finales de usuario podrán tener acceso a la información de estado relativa a la conexión. Esta facilidad posibilita que se implementen funciones tales como el control de flujo o de errores, mediante la numeración secuencial de las **PDU's**.

5.8.4 EL MODO DE DIRECCIONAMIENTO.

Consiste en la forma en que se en que se identifica a las entidades. Como relación puede ser planteada de las siguientes formas:

- **Unidestino (Unicast):** Se presenta cuando el direccionamiento y las entidades se relacionan de **uno en uno**. Es la que se utiliza en el direccionamiento convencional dentro de las redes de datos, para identificar a cada sistema con una única dirección o puerto.

- **Multidestino (Multicast):** Se observa cuando el direccionamiento y las entidades se relacionan de **uno a varios**. Este es el caso, en el que, por ejemplo, para clonar toda la información que se encuentra en un computador, hacia un grupo de equipos que se desea, sean clones idénticos de la máquina base, mientras que no se altera a otros equipos dentro de la red.
- **Difusión (Broadcast):** Se evidencia cuando el direccionamiento y las entidades se relacionan de **uno a todos**. Es la que se utiliza, por ejemplo, cuando un administrador, dentro de un dominio, desea enviar un mensaje a todos los sistemas del dominio, para informarles que el servidor central será detenido en cierto tiempo.

En la tabla que se presenta a continuación, se ilustran todas las posibilidades de modos de direccionamiento.

| Destino | Dirección De Red | Dirección Del Sistema | Dirección Del Puerto / SAP |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Unidestino | Individual | Individual | Individual |
| Multidestino | Individual Individual Todos | Individual Todos Todos | Grupo Grupo Grupo |
| Difusión | Individual Individual Todos | Individual Todos Todos | Todos Todos Todos |

Tabla 5.1: Modos De Direccionamiento
Fuente: [STAL04]

5.9 ENCAMINAMIENTO.

Por otro lado, la función de encaminamiento esencialmente consiste en que bajo el supuesto que exista un sistema de rutas alternas al comunicar a la entidad receptora con la emisora, siempre se **escoja un recorrido** que permita alcanzar efectivamente al destinatario del mensaje.

El problema surge al momento en que las redes crecen de manera significativa, con la adición de rutas redundantes entre los distintos destinos, algunas más eficientes que otras; algunas seguras y otras con riesgos significativos de pérdida de mensajes.

En este escenario, es importante que los sistemas de comunicaciones o posean cierto nivel de independencia al momento de establecer la ruta que seguirán los mensajes. Para tal efecto, existen equipos especiales en las redes que se conocen como encaminadores, enrutadores o routers, que se encargan de esta tarea.

Generalmente, estos dispositivos permiten que las redes operen con base a dos criterios básicos, que no siempre se complementan:

- **Eficiencia:** Desde el punto de vista de las empresas que administran las redes de datos, es deseable que se minimice la cantidad de equipos que integran a la red, bajo el supuesto que ella sea capaz de gestionar toda la carga de trabajo que se espera que soporte. Estas necesidades se expresan generalmente en términos del **tráfico en horas punta**. Es decir, la carga promedio que se espera durante los períodos de mayor actividad a lo largo del día. Esto, con el fin de minimizar los costos de operación de la red.
- **Flexibilidad:** Por otro lado, es posible que en cualquier momento – no necesariamente en las horas punta -, la red sea sometida a una carga que exceda sus capacidades reales – por ejemplo en medio de una tormenta eléctrica -. Bajo estas condiciones, sería deseable que la red tuviera un buen nivel de tolerancia a fallos y redundancia, que garanticen un nivel de servicio mínimo, que obviamente, incrementará sus costos de operación.

El encaminamiento, es precisamente, la funcionalidad que permite lograr el compromiso entre la eficiencia y la flexibilidad. Aunque la infraestructura de comunicaciones – entiéndase medios de transmisión -, es más o menos estática y jerárquica, se complementa con un sistema dinámico de encaminamiento. Bajo este esquema, la ruta que toman los paquetes de datos se establece con base en el análisis de las condiciones instantáneas de tráfico de la red.

5.10 SERVICIOS DE TRANSMISIÓN.

Además de todos los servicios antes descritos, los protocolos también pueden ofrecer una serie de servicios adicionales a las entidades que los requieran, tales como:

- **Prioridad en el envío de los paquetes:** los protocolos deben poder ofrecer la posibilidad de incrementar o disminuir el tiempo de espera que deben enfrentar los paquetes al momento de su entrega, de acuerdo al tipo de servicio o de conexión. Es decir, ciertos tipos de o paquetes, como el correo electrónico, pueden admitir un retardo relativamente elevado sin que eso represente un desmejoramiento en la calidad del servicio – es difícil que alguna persona se moleste por recibir un correo un segundo después que se envió, a recibirlo un minuto después de enviado -. Por otro lado, paquetes que involucren vídeo en tiempo real no pueden admitir ningún tipo de retardo en su entrega.
- **Calidad de servicio:** se relaciona con el aspecto anterior, ya que dependiendo del tipo de paquete o servicio, puede darse el caso que se requiera garantizar ciertos niveles mínimos de la eficiencia en la entrega del paquete, tales como minimizar o eliminar la cantidad de paquetes que requieran ser retransmitidos por dañarse durante el envío.

- **Seguridad:** bajo este aspecto, se considera la posibilidad de controlar el acceso a la información que contienen los paquetes, por parte de entidades no autorizadas.

Estos y otros servicios que ofrezcan las redes de comunicaciones, dependerán de los sistemas de transmisión subyacentes, así como de los servicios que se brinden en los niveles inferiores de la arquitectura de protocolos.

Si los niveles inferiores ofrecen estos servicios, las entidades superiores pueden utilizarlos con sólo invocar al protocolo correspondiente.

Por otro lado, si los niveles inferiores no ofrecen estos servicios, será más difícil implementarlos en los niveles superiores de arquitectura, ya que se deben implementar desde cero.

6. CLASIFICACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE COMUNICACIONES DE DATOS.

En el área de las comunicaciones de datos, se requieren de grandes esfuerzos para lograr la coordinación fluida y eficiente de los sistemas que las componen, sobre todo cuando son creados por fabricantes diferentes.

De allí nace la necesidad de los estándares, que son esenciales para crear y mantener un sistema abierto y competitivo, de manera que se garantice la interoperatividad en los datos, tecnologías y procesos de telecomunicaciones.

La ilustración que se muestra a continuación, muestra la clasificación general de los estándares.

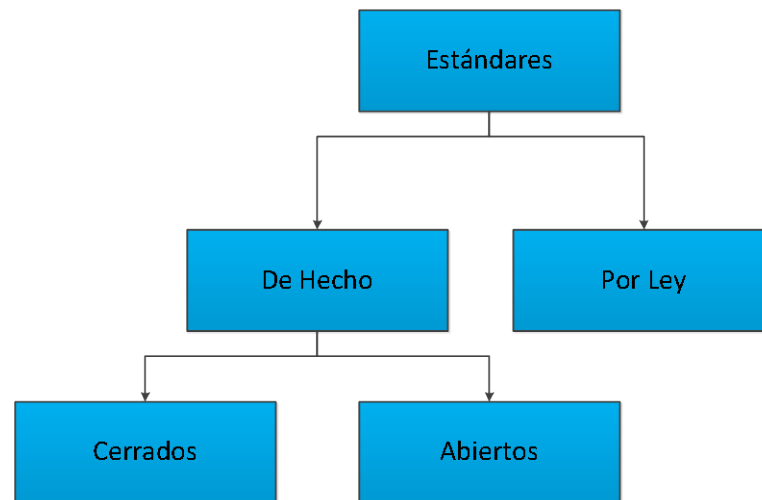


Ilustración 12: Clasificación De Los Estándares
Fuente: [FORO07]

Los estándares de hecho, son aquellos que han sido adoptados por su amplia difusión dentro de la comunidad tecnológica, científica e industrial. En tanto, los estándares por ley son aquellos legislados por organizaciones de estandarización mundialmente reconocidas.

Por otro lado, los estándares cerrados, son aquellos que adoptan las empresas y los que cobran regalías cuando otros fabricantes los tratan de aplicar, en tanto que los estándares abiertos, son aquellos que se divulgan al dominio público y cualquiera los puede aplicar en sus desarrollos.

El pragmatismo actual y la presión de los consumidores ha forzado a la industria tecnológica a reconocer la necesidad de modelos generales y hay un acuerdo global de lo que deben ser estos modelos.

La inteligencia y la previsión de los diseñadores parecen ser tales que los estándares que están siendo adoptados actualmente facilitarán más que retrasarán el desarrollo técnico. No obstante, de vez en cuando algunas

empresas tratan de imponer modelos cerrados que les permitan maximizar sus ganancias.

7. ORGANIZACIONES QUE ADMINISTRAN LAS NORMALIZACIONES EN LOS PROTOCOLOS DE COMUNICACIONES.

Los estándares en el área de comunicaciones son desarrollados mediante la cooperación de comités foros y agencias reguladoras de los gobiernos. A nivel norteamericano, y de hecho mundial, las organizaciones que son reconocidas al momento de publicar estas normas son **[FORO07]**:

7.1 ISO.

The International Standards Organization (**ISO**; también denominado como Organización Internacional para la Estandarización) es un organismo multinacional cuyos miembros provienen fundamentalmente de los comités de creación de estándares de varios gobiernos a lo largo del mundo.

Creado en 1947, **ISO** es una organización totalmente voluntaria dedicada a establecer acuerdos mundiales sobre estándares internacionales.

Con un número de miembros que actualmente incluye cuerpos representativos de 82 naciones industrializadas, su objetivo es facilitar el intercambio internacional de productos y servicios, proporcionando modelos de compatibilidad, mejoras de calidad, mejoras de productividad y precios más baratos.

En el área de las telecomunicaciones, sus esfuerzos han resultado en la creación del modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (**OSI**).

7.2 ITU-T.

A principios de la década de los 70, un cierto número de países estaba definiendo estándares nacionales para telecomunicaciones, pero a pesar de ello seguía habiendo muy poca compatibilidad internacional.

Las Naciones Unidas respondieron a este problema formando, como parte de su Unión Internacional de Telecomunicaciones (**ITU**), un comité, denominado Comité Consultivo para la Telefonía y la Telegrafía Internacional (**CCITT**).

Este comité estaba dedicado al desarrollo y establecimiento de estándares para telecomunicaciones en general y para la telefonía y los sistemas de datos en particular.

El 1 de marzo de 1993, el nombre de este comité se cambió a Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Estándares de Telecomunicaciones (**ITU-T**).

Los estándares mejor conocidos de la **ITU-T** son las series **V (V.32, V.33, V.42)** que definen la transmisión de datos a través de líneas telefónicas; la serie **X (X.25, X.400, X.500)** que define la transmisión de datos a través de redes digitales públicas; correo electrónico, servicios de directorios y la Red Digital de Servicios Integrados (**RDSI**), que incluyen parte de las otras series y definen la emergente red digital internacional.

Los productos actuales incluyen una ampliación de **RDSI** llamada **RDSI** de banda ancha, conocida popularmente como la Autopista de la Información.

7.3 **ANSI.**

A pesar de su nombre, el Instituto Nacional Americano para la Estandarización (**ANSI**) es una corporación completamente privada sin ánimo de lucro que no tiene ninguna relación con el gobierno federal de los Estados Unidos. Sin embargo, todas las actividades de **ANSI** están orientadas hacia el desarrollo de los Estados Unidos, y sus ciudadanos tienen una importancia primordial.

Los objetivos expresados por **ANSI** incluyen servir como una institución de coordinación nacional para la estandarización voluntaria dentro de los Estados Unidos, persiguiendo que la adopción de los estándares permita hacer avanzar la economía de los Estados Unidos y asegurar la participación y la protección del interés público.

Los miembros de **ANSI** son sociedades profesionales, asociaciones de la industria, agencias gubernamentales y reguladoras y grupos de consumidores.

Sus temas actuales de discusión incluyen: planificación e ingeniería de interconexión de redes; servicios, señalización y arquitecturas **RDSI**; y jerarquía óptica (**SONET**).

7.4 **IEEE.**

El Instituto De Ingenieros Eléctricos Y Electrónicos (**IEEE**, Institute of Electrical and Electronics Engineers) es la mayor sociedad profesional de ingeniería del mundo. De ámbito internacional, sus objetivos son el desarrollo de la teoría, la creatividad y la calidad de los productos en el campo de la ingeniería eléctrica, la electrónica y la radio, así como otras ramas relacionadas de la ingeniería.

Como uno de sus objetivos principales, el **IEEE** prevé el desarrollo y adopción de estándares internacionales para computación y comunicación. El **IEEE** tiene un comité especial para las redes de área local (**LAN**), del cual ha surgido el Proyecto 802 - por ejemplo, los estándares 802.3 (**Ethernet**), 802.4 (**Token Bus**) y 802.5 (**Token Ring**) -.

7.5 EIA.

En la línea de **ANSI**, la Asociación de Industrias Electrónicas (**EIA**) es una organización sin ánimo de lucro dedicada a la promoción de aspectos de la fabricación electrónica. Sus objetivos incluyen despertar el interés de la educación pública y hacer esfuerzos para el desarrollo de los estándares.

En el campo de la tecnología de la información, la **EIA** ha hecho contribuciones significativas mediante la definición de interfaces de conexión física y de especificaciones de señalización eléctrica para la comunicación de datos. En particular, el **EIA-232-D**, **EIA-449** y **EIA-530**, que definen la transmisión serie entre dos dispositivos digitales (por ejemplo, computadora a módem).

7.6 FCC.

La Comisión Federal de Comunicaciones (**FCC**) es una agencia federal del gobierno de los Estados Unidos De América, que tiene autoridad sobre el comercio interestatal e internacional en lo que se refiere a las comunicaciones.

Cada elemento de las tecnologías de las telecomunicaciones debe tener una aprobación del **FCC** antes de que pueda ser vendido en los **EUA** (se puede comprobar en la parte de abajo de un teléfono y se verá que hay un código de aprobación de este organismo regulador). Las responsabilidades específicas del **FCC** incluyen:

- Comprobación de las revisiones y las aplicaciones de las tarifas hechas por los proveedores de telegrafía y telefonía.
- Revisión de las especificaciones técnicas del hardware de telecomunicaciones.
- Establecimiento de tasas de retorno razonables para portadores comunes.
- División y asignación de las frecuencias de radio.
- Asignación de las frecuencias portadoras para las emisiones de radio y televisión.

8. PRINCIPIOS QUE DEBEN SEGUIRSE AL MOMENTO DE PLANTEAR UN PROTOCOLO DE COMUNICACIONES.

En primer plano, la discusión que se planteará en adelante, se enfoca en el comportamiento y estructura del modelo **OSI**, pero es, en general, válida para cualquier diseño de protocolo de comunicación moderno.

La **ISO** utiliza la jerarquización por capas para definir a los protocolos de comunicaciones.

La relevancia de la **ISO** como organización internacional dedicada a la normalización, conlleva que sus recomendaciones tengan un carácter mandatorio **[STAL04]**.

En tal sentido la especificación **ISO** consistió, simplemente, en establecer un grupo de capas conceptualmente próximas, cada una de complejidad

relativamente reducida; así como los servicios que debe ofrecer cada una de ellas.

Este conjunto de normas es lo que se conoce universalmente en la telemática como el Modelo **OSI [TANE03]**, y que se asume conocido dentro del marco teórico de esta exposición.

Bajo estos principios, todas las funciones de comunicación de las arquitecturas de protocolos de comunicaciones se deben establecer en función de capas jerárquicas **[FORO07]**.

Cada capa realiza un conjunto limitado de funciones interrelacionadas, necesarias para comunicarse con otros sistemas⁵.

Así mismo, cada capa ofrece a sus capas superior, los servicios que ella requiera, ocultándole los detalles de implementación, en tanto que las capas inferiores le ofrecen el acceso a funciones más básicas y primitivas.

Este modelo de diseño tiene la intención de que los cambios que se pueden dar a lo interno de una capa no impliquen cambios en las otras capas (modularidad y encapsulamiento).

A continuación, se establecen los principios generales que se siguieron al momento de establecer las capas del modelo OSI, y que de hecho, norman el diseño de protocolos en general:

⁵ Estos mecanismos de comunicación entre capas se conocen como interfaces **[FORO07]**.

| # | Principio |
|----|--|
| 1 | No crear demasiadas capas de forma que la descripción e integración de las capas sea más difícil de lo estrictamente necesario. |
| 2 | Definir separaciones entre capas tal que la descripción de servicios sea pequeña y el número de interacciones entre capas sea mínimo. |
| 3 | Definir capas separadas para funciones que sean claramente diferentes, en lo que respecta al servicio ofrecido como a la tecnología implicada. |
| 4 | Definir funciones similares en la misma capa. |
| 5 | Seleccionar los límites o separación entre capas de acuerdo con lo que la experiencia previa aconseje. |
| 6 | Definir las capas tal que las funciones se puedan localizar fácilmente de forma que la capa se pueda rediseñar completamente y tal que sus protocolos se puedan modificar para adaptarse a las innovaciones en la arquitectura, la tecnología hardware o en el software sin necesidad de cambiar los servicios que se usan o proporcionan en las capas adyacentes. |
| 7 | Definir una separación entre capas. allí donde pueda ser útil tener la interfaz correspondiente normalizada. |
| 8 | Crear una capa donde exista la necesidad de un nivel diferente de abstracción en el procesamiento de los datos (por ejemplo, morfológico, sintáctico, semántico). |
| 9 | Permitir modificaciones de funciones o protocolos dentro de una capa, siempre que no afecten a otras capas. |
| 10 | Crear para cada capa límites o separaciones sólo con su capa superior e inferior. Principios similares han sido aplicados para la creación de subcapas. |
| 11 | Crear subgrupos y organizaciones adicionales de funciones en subcapas dentro de una capa sólo en los casos donde se necesiten servicios distintos de comunicación. |
| 12 | Crear, donde sea necesario, dos o más subcapas con una funcionalidad común y por lo tanto mínima para permitir la operación de la interfaz con capas adyacentes. |
| 13 | Permitir la no utilización de todas las subcapas. |

Tabla 8.1: Principios Utilizados En La Definición De Las Capas OSI (ISO 7498)

Fuente: [STAL04]

8.1 FUNCIONAMIENTO DE LAS PDU'S DENTRO DE LAS ARQUITECTURAS DE PROTOCOLOS.

Conceptualmente, el funcionamiento general de las **PDU's** dentro del modelo **OSI**, es bastante simple, y se desarrolla con base en lo que se observa en la siguiente ilustración [STAL04]:

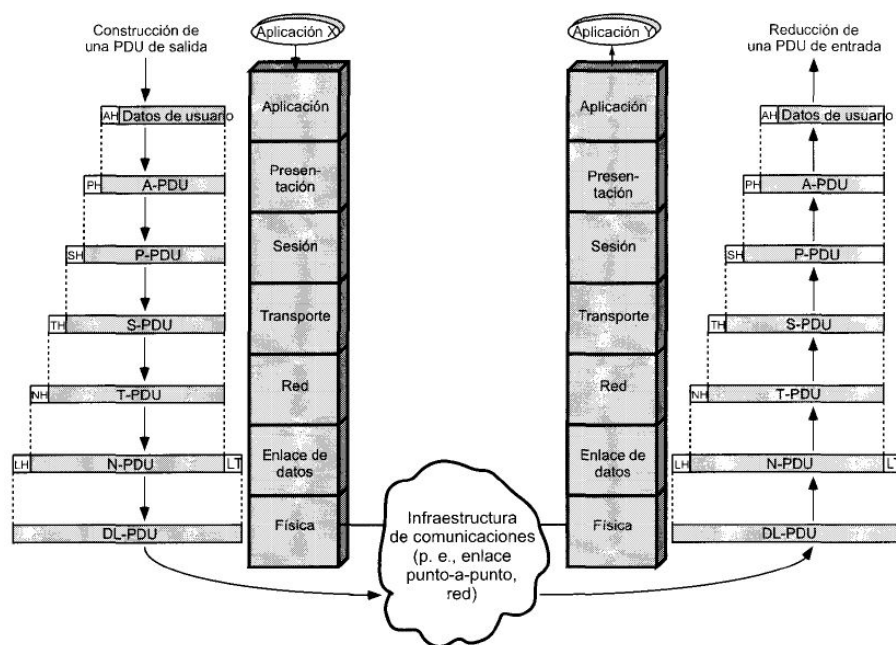


Ilustración 13: Administración De PDU's En El Modelo OSI
Fuente: [STAL04]

Esencialmente, se observa que al tratar de comunicar a la aplicación **X** con la aplicación **Y**, vía la red de computadoras, se establece una relación de igual a igual entre dichas aplicaciones.

Luego, los datos del usuario en la aplicación **X** van descendiendo paulatinamente a través de todas las capas del modelo. En cada descenso, se toman los datos que ofreció la capa anterior, se encapsulan y segmentan de acuerdo al protocolo(s) que se manejan en cada capa, y se le agregan

encabezados sucesivos – identificados como **{A, P, S, T, R, L⁶}H** -, en tanto que en la capa física se agrega un trailer – identificados como **LT**-, de manera que se crea un nuevo **PDU** bajo las reglas del correspondiente protocolo. Es al llegar a la capa física que se transmiten los bits vía el medio de transmisión. Posteriormente, al completarse la transferencia bajo el nivel físico, las **PDU's** son sucesivamente desempaquetadas y ensambladas, hasta que el mensaje transmitido alcanza a la aplicación **Y**.

Es relevante señalar que, salvo en el nivel físico, las capas equivalentes generalmente no se comunican directamente. Es decir, en cada entidad de protocolo diferente de la física, se realiza la transferencia de los paquetes de datos, de manera descendente primero, luego cambian de entidad a nivel de la capa física, para luego ascender hasta alcanzar a su entidad par, tal como se puede apreciar en la Ilustración 13.

8.2 EL MODELO OSI COMO REFERENCIA PARA LA NORMALIZACIÓN DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.

La arquitectura modular – es decir, la descomposición del problema global en problemas más pequeños - que se observa en el modelo **OSI**, permite que el diseño e implementación de protocolos, dentro de él, resulte bastante eficiente, ya que **[STAL04]**:

⁶ (A)plicación, (P)resentación, (S)esión, (T)ransporte, (R)ed, (L)ink – o enlace de datos -.

- Dado que las capas que integran al modelo se encuentran claramente delimitadas y no son muy abarcadoras, permiten que se puedan diseñar e implementar estándares dentro de ellas de manera paralela e independiente, lo que permite acelerar los procesos de actualización del modelo.
- Por otro lado, como las fronteras entre las capas se encuentran bien definidas, se pueden realizar cambios en los estándares de una capa, sin afectar a las adyacentes, permitiendo así que sea sencilla la inclusión de normalizaciones adicionales.
- Adicionalmente, la modularidad permite que se implemente el principio de ocultamiento de información, de manera tal que las capas superiores son no requieren – y de hecho, no deben – conocer los detalles de implementación que requieren las capas inferiores.
- A lo interno de cada capa, se ofrecen una serie de servicios a la capa superior adyacente; además que implementa el protocolo con la capa par en el sistema remoto.

En la siguiente ilustración, se puede observar de manera más clara la forma en que se debe establecer la normalización dentro de cada capa.

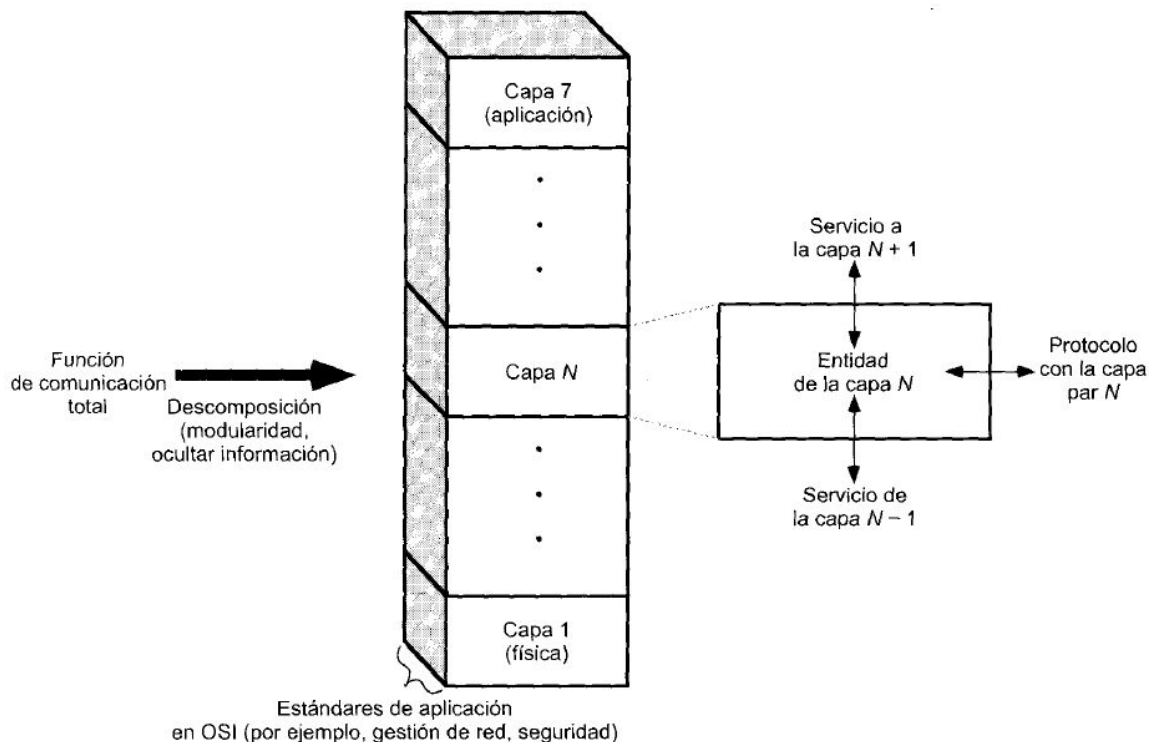


Ilustración 14: Normalización Entre Las Capas Del Modelo OSI
Fuente: [STAL04]

Analizando la situación con más cuidado, se puede observar que se presentan tres elementos clave dentro la normalización de cada capa:

- **Especificación del protocolo:** cada pareja de entidades ubicadas dentro de la misma capa pero en sistemas distintos⁷ deben coordinar sus acciones a través del protocolo. Bajo este escenario, el protocolo debe establecer explícitamente tanto el formato de las **PDU's**, como su

⁷ Se les denomina procesos paritarios **[FORO07]**.

semántica y secuenciación, ya que se están comunicando dos sistemas completamente abiertos⁸.

- **Definición del servicio:** Adicionalmente a contar con un conjunto de protocolos que funcionan dentro de una capa dada de la arquitectura, son necesarias normalizaciones adicionales que puedan suministrar los servicios que requieren la capa superior inmediatamente adyacente. Generalmente, la definición de servicios consiste en una definición de tipo funcional, que establece una declaración formal del servicio que se ofrece – en términos de tipos de datos requeridos como parámetros, y los tipos de datos retornados -, pero sin aclarar sus detalles de implementación – es decir, no se establecen los procedimientos algorítmicos requeridos para ofrecer el servicio -. Este enfoque favorece la implementación local de sistemas eficientes, sin comprometer la interoperatividad de los sistemas abiertos.
- **Direccionamiento:** Bajo el modelo **OSI**, cada una de las capas que integran el modelo, debe ofrecer servicios a las entidades que se encuentran en la capa superior inmediatamente adyacente. Estos servicios se identifican mediante puntos de acceso al servicio (**SAP**, Service Access Point), dentro del sistema. Este enfoque permite que existan varias entidades en la capa superior que utilicen los servicios de la capa inferior vía multiplexación del servicio. De la misma forma, en cada capa también se pueden definir puntos de acceso al servicio de red (**NSAP**, Network **SAP**), lo que identifica a una entidad de transporte que

⁸ Por ejemplo, podría ser un sistema **PC** basado en el sistema operativo Windows y un procesador Intel, que establece comunicación con un sistema Oracle-Sun, basado en Solaris y SPARC, respectivamente.

utiliza dicho servicio vía la red. Esta multiplexación de servicios no se debe llevar a cabo obligatoriamente en todos los niveles del modelo, pero está permitida.

La ilustración que se presenta a continuación, muestra, de manera más clara, la forma en que interactúan los elementos antes señalados.

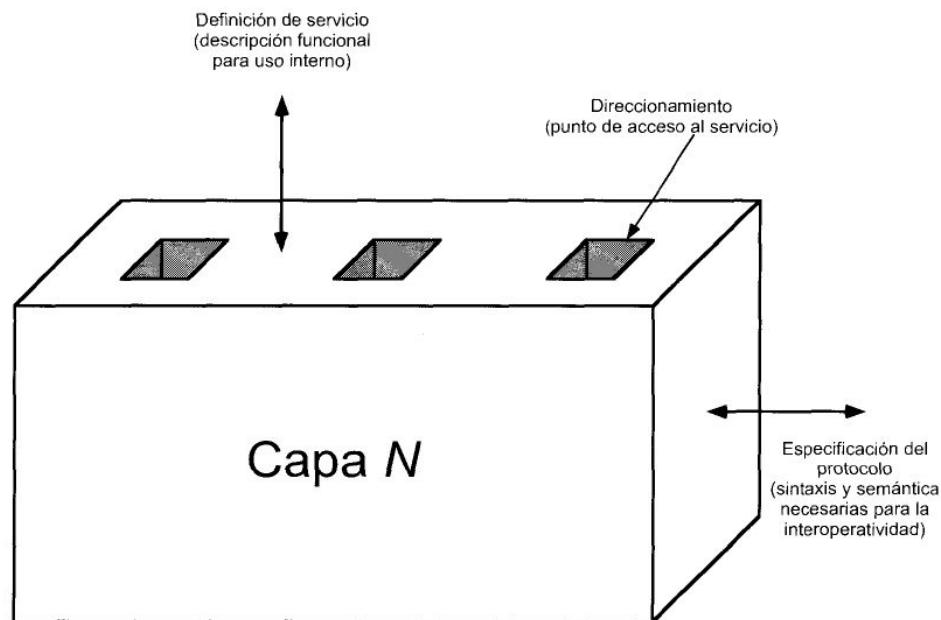


Ilustración 15: Elementos Clave En La Normalización De Capas Del Modelo OSI
Fuente: [STAL04]

8.3 PRIMITIVAS DE SERVICIO DENTRO DEL MODELO OSI.

Bajo el modelo **OSI**, los servicios que ofrecen sus capas adyacentes entre si, se denominan como **Primitivas de Servicio** [UITT93].

Una **Primitiva de Servicio** no es más que una función – desde el punto de vista de la programación modular -, donde se especifica una acción explícita que se

debe concretar; involucra parámetros y valores retornados, que se utilizan para intercambiar datos e información de control, entre las capas de la arquitectura.

La **Primitiva** es invocada por la capa N del modelo – definida como **Usuario del Servicio** -, cuando trata de comunicarse con la capa $N - 1$ – denotada como el **Suministrador del Servicio** -.

La forma explícita que adoptará una **Primitiva** dada, dependerá de los detalles de implementación que se involucren en el protocolo particular donde se define.

Dentro del modelo **OSI**, se establecen cuatro primitivas fundamentales, que se enumeran en la tabla que se presenta a continuación:

| Nombre | Significado / Interpretación |
|---------------------|---|
| Solicitud | Esta primitiva la emite el usuario del servicio para invocarlo o enviar los parámetros requeridos para definir explícitamente el servicio solicitado. |
| Indicación | El suministrador del servicio emite esta primitiva bajo dos situaciones: 1. Para señalar que se ha invocado un procedimiento por parte del usuario del servicio par; así como para ofrecer los parámetros asociados a dicho procedimiento. 2. Cuando se requiere informar al usuario del servicio de que el suministrador ha iniciado una acción. |
| Respuesta | El usuario del servicio emite esta primitiva cuando se requiere confirmar o completar algún procedimiento previamente invocado por una Indicación , para ese usuario. |
| Confirmación | El suministrador del servicio publica esta primitiva cuando requiere confirmar o completar algún procedimiento previamente invocado mediante una Solicitud del Usuario del Servicio. |

Tabla 8.2: Primitivas De Servicio Del Modelo OSI

Fuente: [STAL04]

Por otro lado, las interacciones entre las entidades usuario y suministrador del servicio se pueden sintetizar esencialmente en la secuencia de pasos que se

describe a continuación, cuando por ejemplo, una entidad N intercambia datos con su entidad par en otro sistema:

1. La entidad origen (N) invoca a su entidad ($N - 1$) utilizando una primitiva de **Solicitud**. Implícitamente, asociados a esta primitiva van los parámetros tales como los datos que serán transmitidos y la dirección del destinatario.
2. La entidad origen ($N - 1$) prepara una **PDU** ($N - 1$) para enviárselos a su entidad par ($N - 1$).
3. La entidad destino ($N - 1$) entrega los datos al destinatario adecuado (N) a través de una primitiva de **Indicación**, que incluye los datos y la dirección de origen como parámetros.
4. En caso que se requiera una confirmación, la entidad destinataria (N) emite una primitiva de **Respuesta** a su entidad ($N - 1$).
5. La entidad ($N - 1$) convierte la confirmación en una **PDU** ($N - 1$).
6. La confirmación se entrega a la entidad (N) como una primitiva de **Confirmación**.

Cuando esta secuencia de eventos se completa, se dice que se realizó un **Servicio Confirmado**, ya que la entidad que inicia la transferencia, al final recibe una confirmación que le informa del éxito de la transacción en el otro extremo.

Por otro lado, si únicamente se invocan las primitivas de **Solicitud** e **Indicación** – que corresponden a los pasos 1, 2, y 3 -, entonces dice que se realizó un

Servicio No Confirmado, ya que la entidad que inicia la transferencia no recibe confirmación de que la acción que solicitó se concretó.

La ilustración que se muestra a continuación, permite observar gráficamente ambos tipos de servicio.

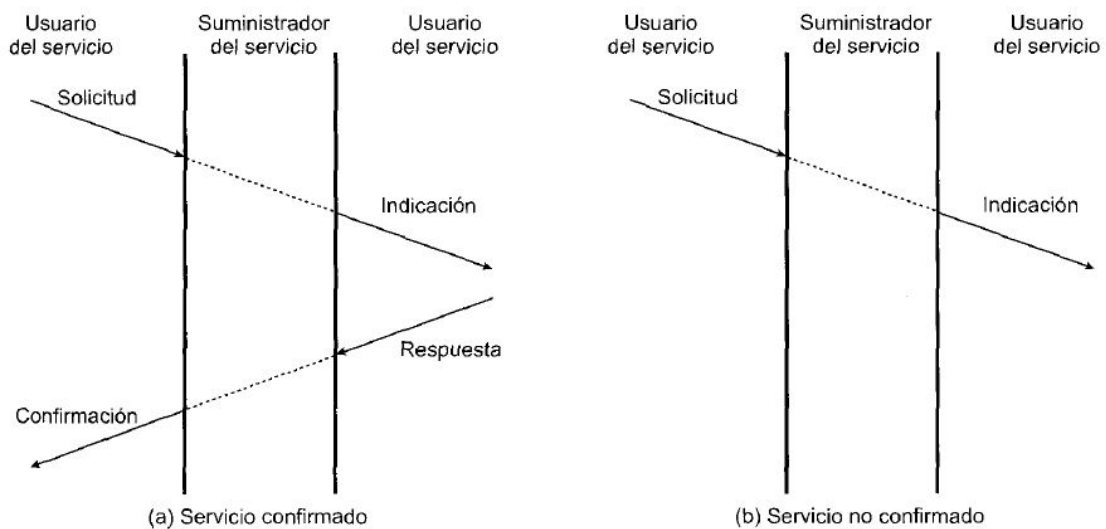


Ilustración 16: Secuencia Temporal De Las Primitivas De Servicio
Fuente: [STAL04]

9. CONCLUSIONES.

Al concluir esta conferencia, se pueden plantear, entre otras, las conclusiones que se exponen a continuación:

- Los protocolos de comunicaciones son estándares que deben respetar todos los sistemas de comunicación de datos, para interactuar con otros equipos en las redes.
- Los elementos estructurales de los protocolos de comunicaciones son: su sintaxis, su semántica y su temporización.

- Las funciones principales de los protocolos de comunicaciones son: encapsulamiento, segmentación / ensamblado, control de conexión, entrega en orden, control de flujo, control de errores, la multiplexación, el direccionamiento, el encaminamiento y los servicios de transmisión.
- Los estándares de comunicaciones se datos se clasifican en estándares de hecho y estándares por ley. A su vez, los de hecho se clasifican en abiertos y cerrados.
- Las organizaciones principales que administran los procesos de normalización de protocolos de comunicaciones son: **ISO, ITU-T, ANSI, IEEE, EIA** y la **FCC**, entre otras.
- El modelo **OSI** permite establecer una serie de normativas y comportamientos que deben respetar los sistemas informáticos, para facilitar el intercambio de información entre ellos, tales como las capas y las primitivas de servicio.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [DAYJ08]** **DAY, John D.** *Patterns In Network Architecture: A Return To Fundamentals*. 1º Edition, Pearson, USA, 2008.
- [FORO07]** **FOROUZAN, Behrouz A.** *Data Communications And Networking*. 4º Edition, McGraw-Hill, USA, 2007.
- [STAL04]** **STALLINGS, William.** *Comunicaciones Y Redes De Computadoras*. 7ma edición, Pearson, España, 2004.
- [TANE03]** **TANENBAUM, A. S.** *Computer Networks*. 4ra edición. Pearson. U.S.A. 2003.

[UITT93] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.
*Tecnología De La Información – Interconexión De Sistemas
Abiertos – Modelo De Referencia Básico: Convenios Para La
Definición De Servicios En La Interconexión De Sistemas Abiertos:
Recomendación UIT-T X.210. Unión Internacional De
Telecomunicaciones, Sector Normalización. Fecha De
Actualización: 1993-11-16. Fecha De Consulta: 2011-06-26.
Disponible En: [http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-
REC-X.210-199311-I!!PDF-S&type=items](http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-X.210-199311-I!!PDF-S&type=items).*