

# TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Ingeniería en Sistemas Computacionales

Fundamentos de Telecomunicaciones

Unidad IV: Técnicas de Conmutación

Material de clase desarrollado para la asignatura de **Fundamentos de Telecomunicaciones**  
para Ingeniería en Sistemas Computacionales

**FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES**

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Temario de la Unidad

<b>Unidad</b>	<b>Temas</b>	<b>Subtemas</b>
4	Técnicas de conmutación	4.1 Circuitos: Red telefónica pública. (POTS) 4.2 Paquetes: X.25, Frame Relay 4.3 Mensajes: Store and Forward 4.4 Celdas: ATM

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Conmutación (Switching)

- Conmutación es la técnica que permite el enrutamiento de los datos para ser transmitidos.
- En esta unidad se describirá el sistema general de transmisión en los cuatro casos de empaquetamiento de datos y se explicarán los usos más comunes de cada sistema.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

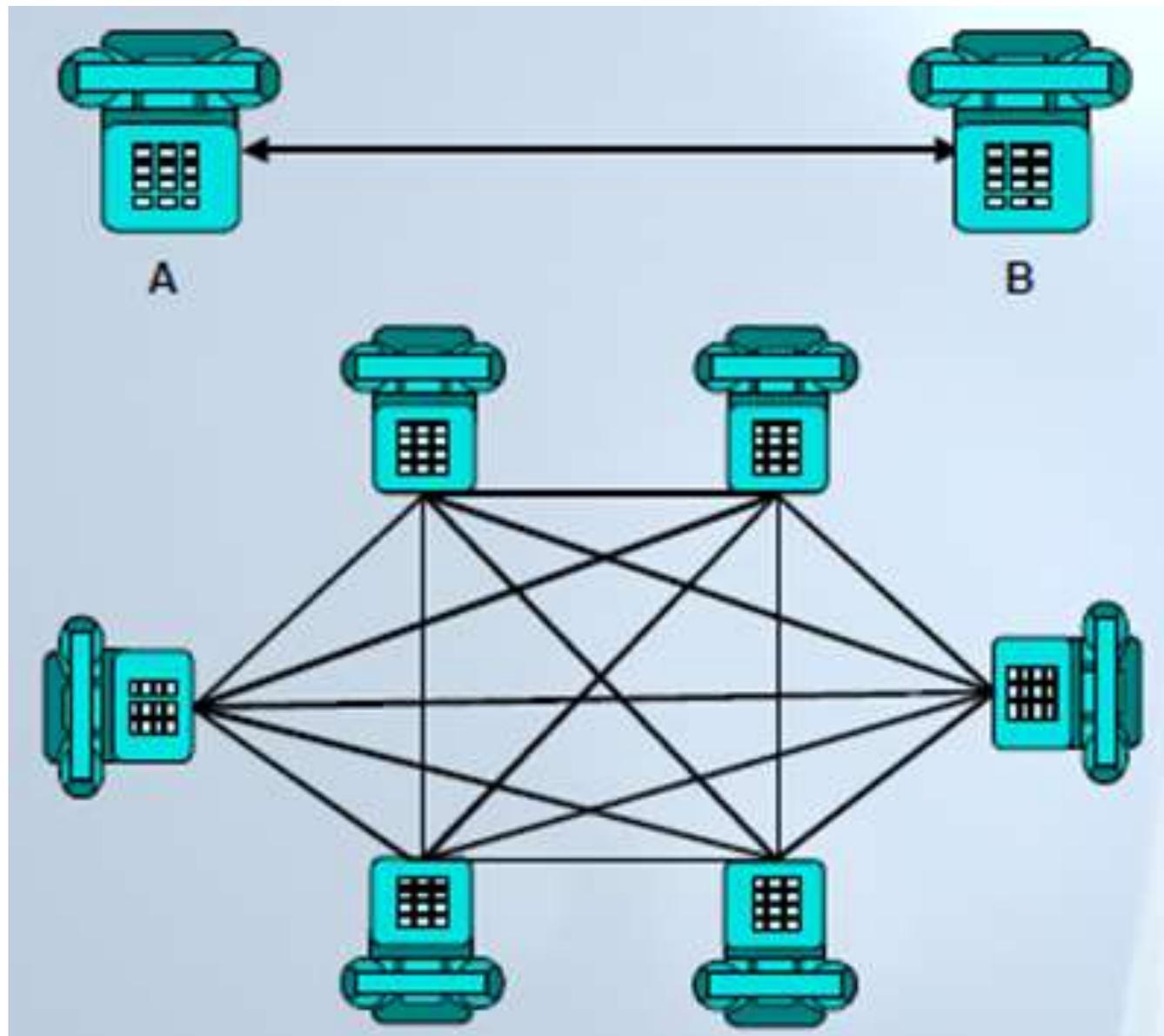
## El teléfono y las redes de telefonía

- En febrero de 1876, Alexander Graham Bell registra la patente de su teléfono. Aunque años antes Meucci había patentado un invento similar, al que había llegado por pura casualidad cuando realizaba tratamientos con descargas eléctricas, pero el incumplimiento de la renovación de la patente hizo que éste la perdiera.
- Este teléfono, en esencia, consta de un transmisor y un receptor unidos por un hilo metálico a través del cual pasa la electricidad, como se muestra en la figura siguiente:

Teléfonos conectados **sin**  
conmutación

Fórmula

$$N * ((N - 1) / 2)$$

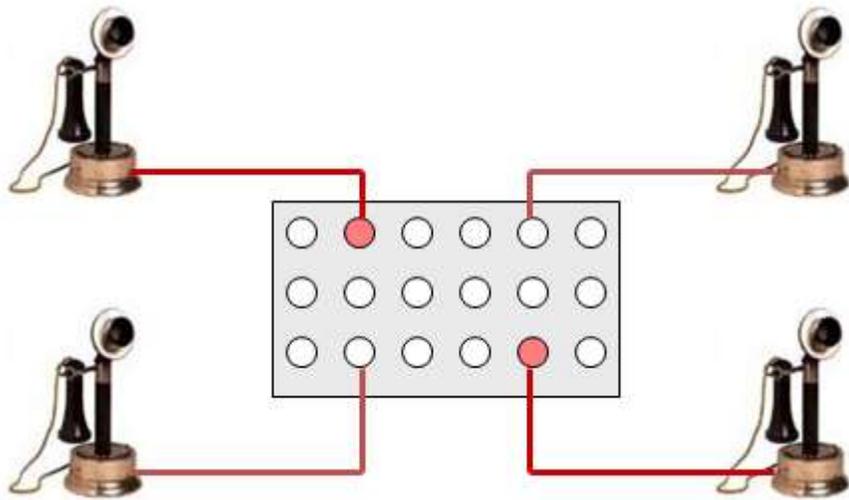


Para  $N = 4$  necesitamos 6 enlaces.

Para  $N = 100$  necesitamos 4950 enlaces.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- La solución al enorme incremento de enlaces de comunicación fue la aparición de las centrales locales, que usaban un panel de conmutación.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Principios de la Conmutación Telefónica

- La conmutación (Cx) establece un enlace bajo demanda, entre 2 terminales específicos. La Cx telefónica estudia los procedimientos necesarios para establecer un enlace entre 2 aparatos telefónicos cualesquiera y determina los dispositivos necesarios para lograrlo.
- Estos Centros de Cx cumplen tres importantes funciones, que se conocen como **conmutación, interconexión y control**.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- La **interconexión** puede definirse como la función que proporciona los caminos individuales de conversación entre todos los abonados atendidos por determinada central, además de completar las vías de conversación a través de otras centrales y centros conmutadores, para ello utiliza la señalización.
- La capacidad de interconexión no significa necesariamente que se efectúen conexiones simultáneas de todas o de la mayor parte de las líneas de abonados.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

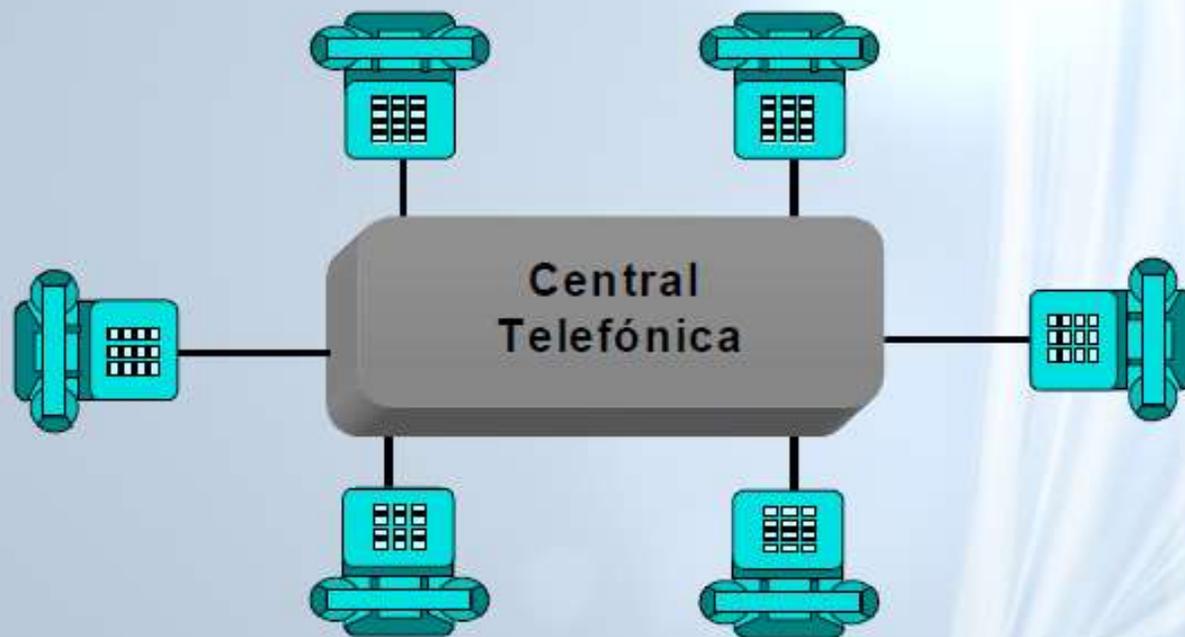
- Si por ejemplo, todos los abonados de una central desearan hablar unos con otros al mismo tiempo, el número de conexiones necesarias dentro de la central sería igual a la mitad del número de abonados.
- Por suerte, sólo una pequeña parte de los abonados, generalmente del 10 al 14% origina llamadas simultáneas, exigiendo que la central tenga entonces capacidad de manipular al mismo tiempo tan sólo un porcentaje del número de abonados que utiliza.
- Una central que sirva a 4000 líneas de abonados, probablemente no deberá tener más de 500 llamadas al unísono, requiriendo entonces que el equipo sea capaz de proporcionar sólo esas conexiones simultáneas.

- La función de **control** es la actividad más compleja de la central, porque supervisa las operaciones de interconexión y el equipo asociado.

## Conmutación Telefónica

### PRINCIPIOS DE LA CONMUTACIÓN

A C  
q O  
u N  
í M  
S T  
I A  
C  
H I  
a Ó  
y N



Sistema Telefónico Conmutado

Aquí sí hay Conmutación Telefónica pues la central Telefónica recibe los números telefónicos y de acuerdo a ese número la Central Telefónica hará la conexión entre dos teléfonos

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

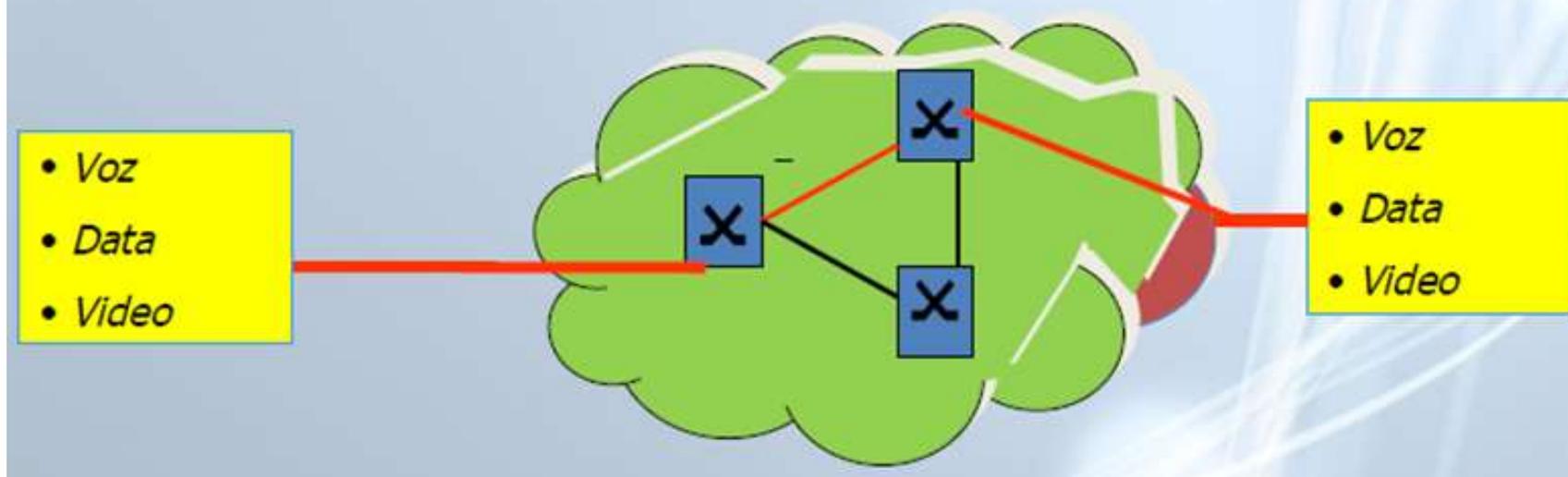
## Necesidad de la conmutación centralizada

- La primera función de una central telefónica es la de establecer un camino de comunicación entre dos teléfonos cualesquiera de los que atiende, o entre un teléfono y otra central.
- En la figura se ilustra un sistema de seis abonados telefónicos conectados directamente. Entre todos los aparatos telefónicos se han establecido una serie de líneas.
- A fin de que cualquiera de los abonados pueda hablar con cada uno de los otros cinco, se necesitan un total de 15 líneas, además de los conmutadores respectivos, permitiendo así que cada abonado seleccione cualquiera de los otros cinco aparatos. Sólo tres llamadas pueden hacerse cuando la mitad de los abonados está hablando con la otra mitad. Evidentemente, este método de la conexión directa es poco práctico y antieconómico.

La conmutación centralizada es la más práctica y económica porque los abonados no están directamente conectados. En vez de eso, cada aparato telefónico se haya conectado a un dispositivo llamado nodo de conmutación

## CONCEPTO DE CONMUTACIÓN/Switching

"El establecimiento bajo demanda, de una conexión individual, desde una entrada (Puerto) deseada hacia un puerto de salida deseado, dentro de un conjunto de posibilidades, por todo el tiempo que dure la transferencia de información"



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- Un **conmutador** o **switch** es un dispositivo digital de lógica de interconexión de redes de computadores que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red (hubs), pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red.
- Los conmutadores se utilizan cuando se desea conectar múltiples redes, fusionándolas en una sola. Al igual que los puentes, dado que funcionan como un filtro en la red, mejoran el rendimiento y la seguridad de las redes de área local.

## TIPOS DE CONMUTACIÓN TELEFÓNICA



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

Modalidad de Circuito (Circuit Mode); Red Telefónica.

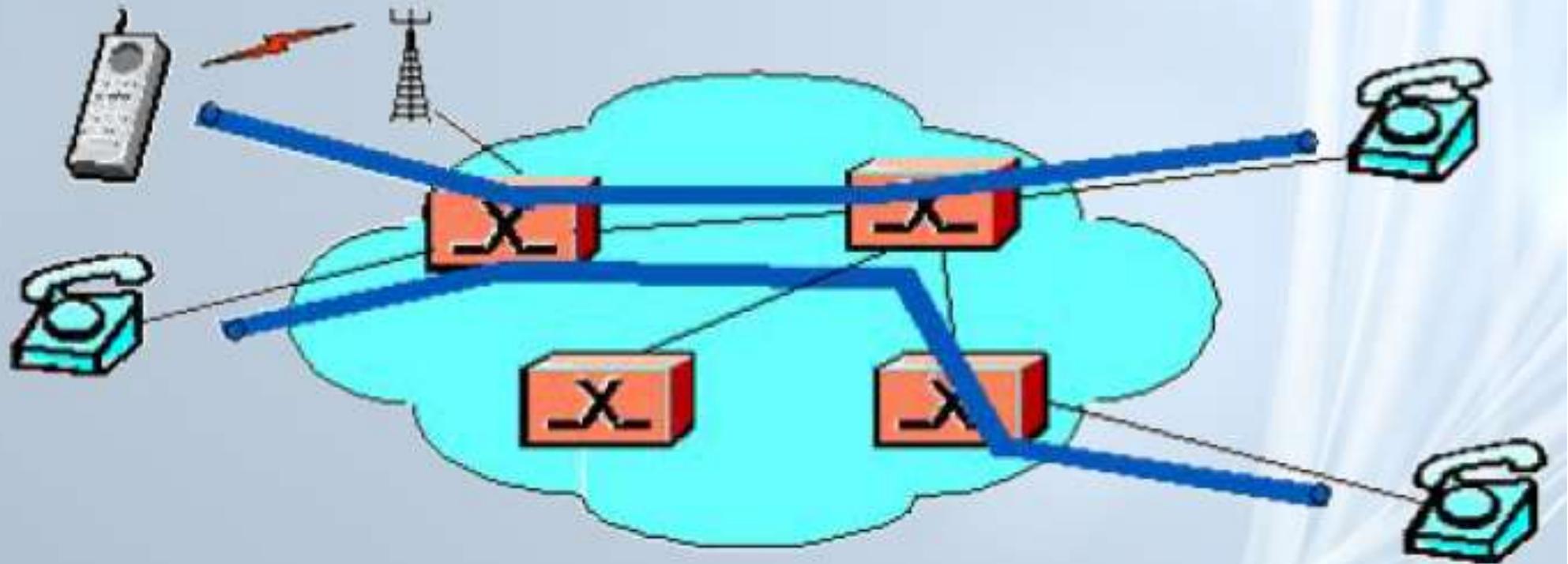
Es aquella en la que los equipos de conmutación deben establecer un camino físico entre los medios de comunicación previo a la conexión entre los usuarios. Este camino permanece activo durante la comunicación entre los usuarios, liberándose al terminar la comunicación. Ejemplo: Red Telefónica Conmutada.

Su funcionamiento pasa por las siguientes etapas: solicitud, establecimiento, transferencia de archivos y liberación de conexión.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- La modalidad de circuito se emplea normalmente en comunicaciones de voz, el **bit-rate** de este tipo de comunicación es de 64 kbt/s.
- Otra característica resulta la ***isoncronicidad*** de la comunicación, solo una pequeña demora es aceptable en la comunicación. Por otro lado la tasa de error en bits tiene que ser muy baja
- Si bien fue ideada para comunicación de voz, la modalidad de circuito que se aplica en la Red Telefónica Pública Comnutada (**RTPC** o en inglés **PSTN**) también se utiliza para transmisiones de vídeo, donde el requerimiento de ancho de banda es mucho mayor (**broadband** entre 64 kbt/s y 2 mbt/s).

## CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS (CIRCUIT SWITCHING)



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Características de la Conmutación de Circuitos

1. Cuando se establece la comunicación, el canal es dedicado para las dos (2) personas que están hablando
2. La facturación es por el tiempo que este establecida la comunicación, se hable o no
3. Velocidad constante de 64 Kbps.
4. Los errores de bits (BER) no son críticos

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

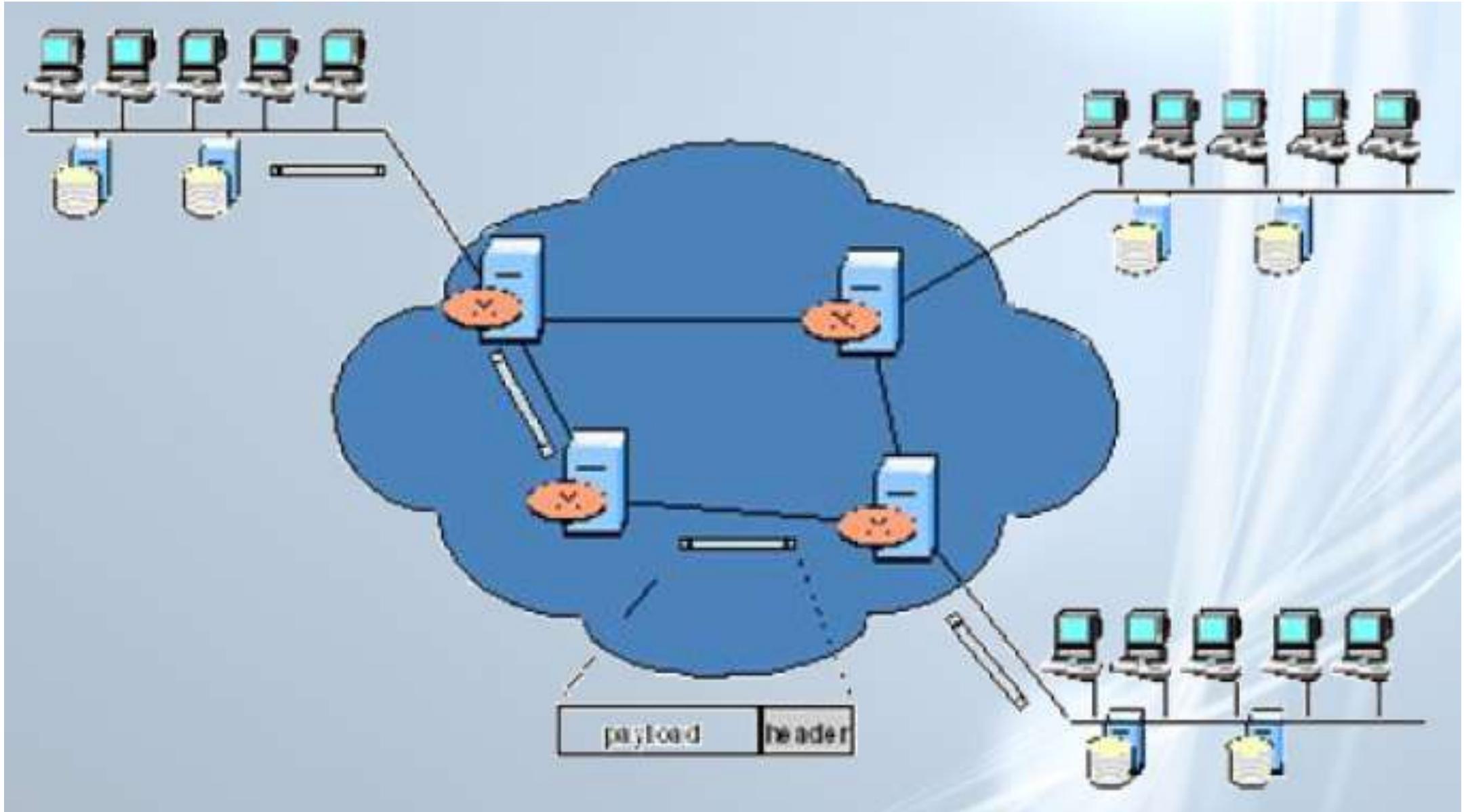
## Modalidad de Paquete (Pocket Mode) X.25:

- En este tipo de conmutación el emisor divide los mensajes a enviar en un número arbitrario de paquetes del mismo tamaño, donde adjunta una cabecera y la dirección origen y destino así como datos de control que luego serán transmitidos por diferentes medios de conexión entre nodos temporales hasta llegar a su destino.
- Este método de conmutación es el que más se utiliza en las redes de computadoras actuales. Surge para optimizar la capacidad de transmisión a través de las líneas existentes.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- El uso de este tipo de transferencia está actualmente en competencia con la modalidad Frame Relay.
- Cada paquete está constituido por un grupo de octetos, y la información queda dividida en paquetes de distinta duración, desde 16 hasta 1024 bytes, que al llegar a la red, se almacenan en un buffer. La dirección final es descifrada y el dato es enviado al nodo sucesivo o el destino final.
- El protocolo utilizado en la Red de Datos con Comunicación de Paquetes (RDCP o PSDN en inglés) es generalmente el X.25, según la recomendación de la ITU-T.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Características de la conmutación de paquetes

1. Cuando se establece la comunicación, el canal no es dedicado para las dos (2) personas que están hablando, pues el camino de conversación puede cambiar
2. La facturación es por el volumen de información que se envíe
3. Velocidad variable.
4. Los errores de bits (BER) son críticos

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Ventajas de la conmutación de paquetes

1. En la técnica de paquetes, cada paquete se trata de forma independiente. En cada nodo se decide hacia donde se enviará el paquete.
2. No existe la fase de establecimiento de llamada. De esta forma, si una estación desea enviar solo uno o pocos paquetes, el envío resultara más rápido.
3. Si se produce congestión en una parte de la red, los paquetes entrantes se pueden encaminar siguiendo rutas lejanas a la zona de congestión.
4. El envío paquetes es mas seguro ya que los paquetes siguientes pueden encontrar una ruta alternativa que no atraviere dicho nodo.

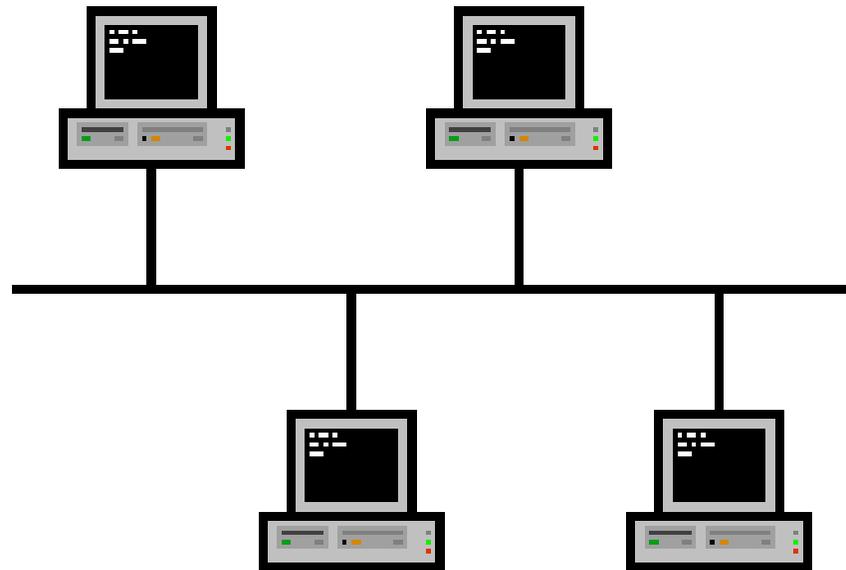
# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- En este modelo, el canal queda compartido entre todas las fuentes y si la transmisión del paquete no puede efectuarse por una falta de espacio momentánea en el canal, el paquete queda en el buffer de tránsito, por lo que se pueden generar demoras en la transmisión.
- Al contrario de lo que puede pasar en la modalidad de circuito, dónde se dedica el mismo tiempo a todas las fuentes, en este caso, el canal nunca queda inutilizado si una de las fuentes necesita transmitir.
- Si el **bit rate** del transmisor es mayor al del receptor este puede enviar un mensaje para detener temporalmente la transmisión.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Topologías de Redes de Paquetes

- **Topología de Bus:** Red cuya topología se caracteriza por tener un único canal de comunicaciones (denominado bus, troncal o backbone) al cual se conectan los diferentes dispositivos. De esta forma todos los dispositivos comparten el mismo canal para comunicarse entre sí.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Ventajas

- Facilidad de implementación y crecimiento.
- Simplicidad en la arquitectura.

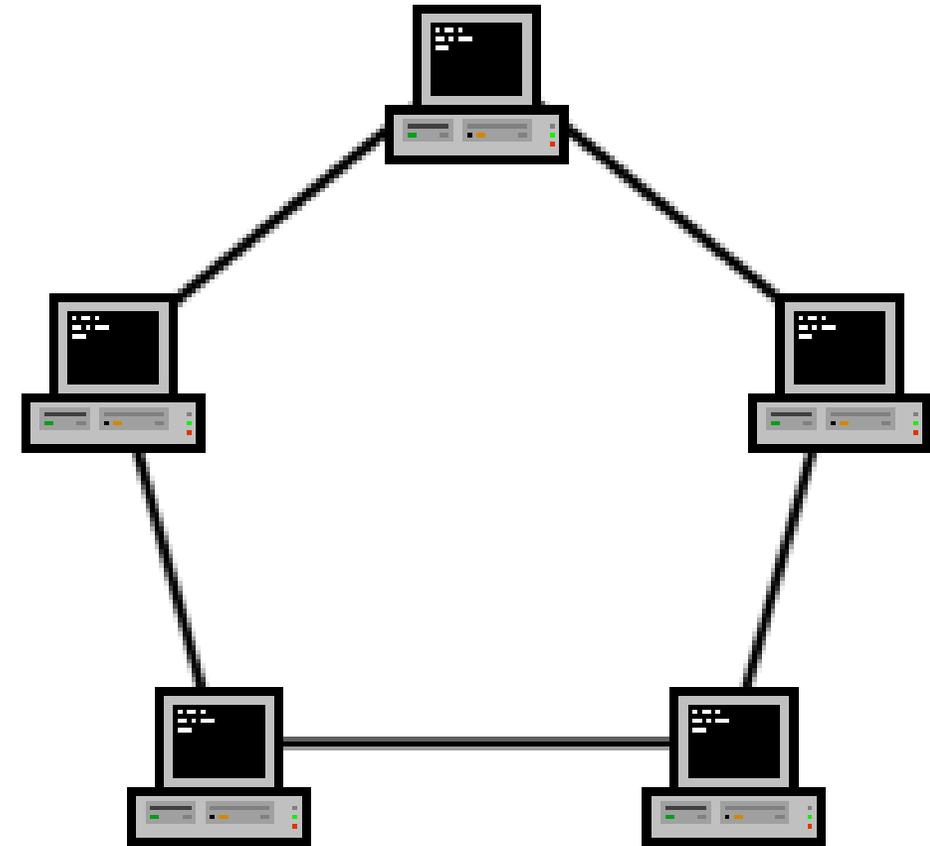
## Desventajas

- Longitudes de canal limitadas.
- Un problema en el canal usualmente degrada toda la red.
- El desempeño se disminuye a medida que la red crece.
- El canal requiere ser correctamente cerrado (camino cerrado).
- Altas pérdidas en la transmisión debido a colisiones entre mensajes.
- Es una red que ocupa mucho espacio.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Topología de Anillo

- Cada estación está conectada a la siguiente y la última está conectada a la primera.
- En este tipo de red la comunicación se da por el paso de un token o testigo, que se puede conceptualizar como un cartero que pasa recogiendo y entregando paquetes de información.
- Si algún nodo de la red deja de funcionar, la comunicación en todo el anillo se pierde.
- En un anillo doble, dos anillos permiten que los datos se envíen en ambas direcciones.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Ventajas

- Simplicidad de arquitectura. Facilidad de implementación y crecimiento.

## Desventajas

- Longitudes de canales limitadas.
- El canal usualmente degradará a medida que la red crece.
- Lentitud en la transferencia de datos.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Topología de Estrella

- Es una red en la cual las estaciones están conectadas directamente a un **punto central** y todas las comunicaciones se han de hacer necesariamente a través de éste.
- Dado su transmisión, una red en estrella activa tiene un nodo central activo que normalmente tiene los medios para prevenir problemas relacionados con el eco.
- Se utiliza sobre todo para redes locales. La mayoría de las redes de área local que tienen un enrutador (router), un conmutador (switch) o un concentrador (hub) siguen esta topología. El nodo central en estas sería el enrutador, el conmutador o el concentrador, por el que pasan todos los paquetes.

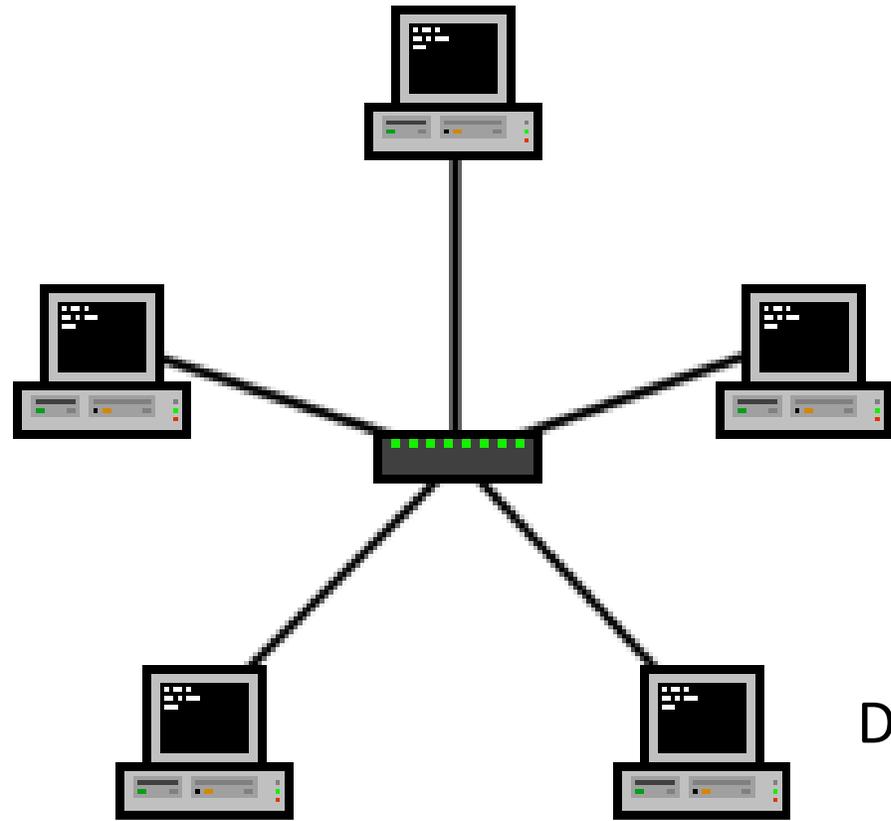
# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Ventajas

- Tiene los medios para prevenir problemas.
- Si una PC se desconecta o se rompe el cable solo queda fuera de la red esa PC.
- Fácil de agregar, reconfigurar arquitectura PC.
- Fácil de prevenir daños o conflictos.
- Permite que todos los nodos se comuniquen entre sí de manera conveniente.
- El mantenimiento resulta mas económico y fácil que la topología bus

## Desventajas

- Si el nodo central falla, toda la red se desconecta.
- Es costosa, ya que requiere más cable que las topologías bus o anillo.
- El cable viaja por separado del hub a cada computadora



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Tarea

- Realice resumen del texto contenido en el archivo Word anexo a esta diapositiva. Al final debe incluir una reflexión personal a manera de conclusión.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Transferencia de Datos en la Red: con Conexión Orientada y sin Conexión.

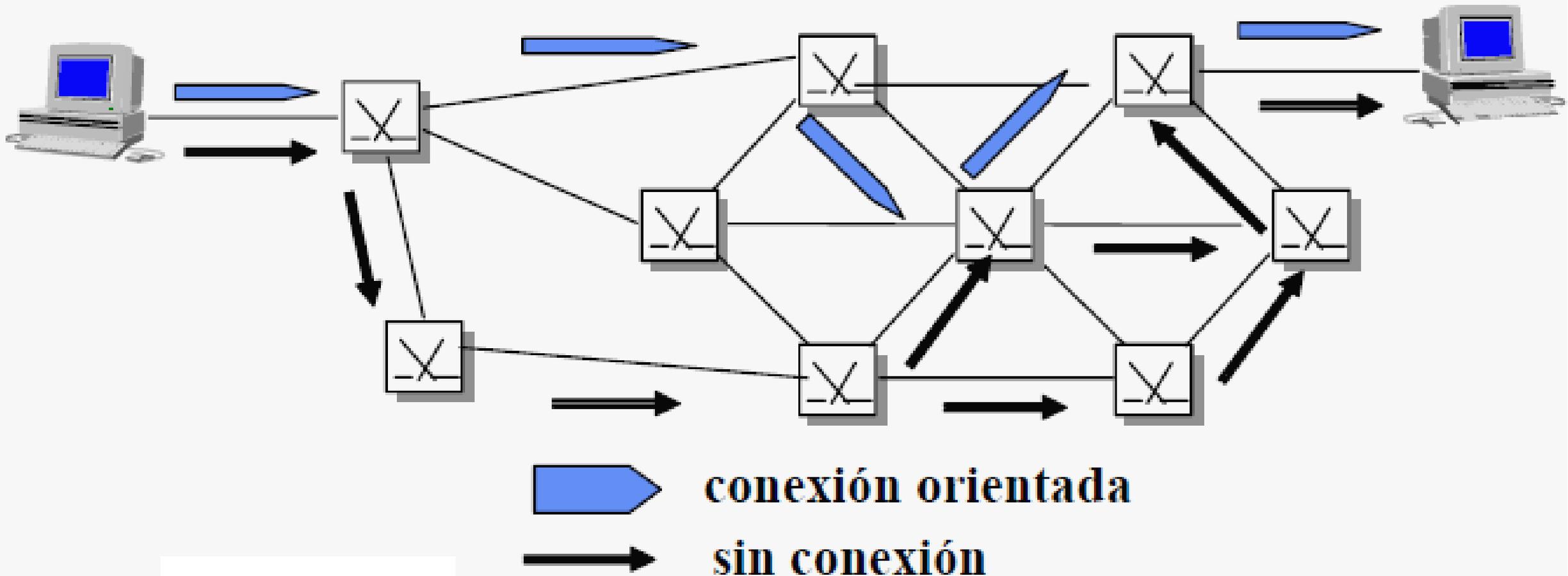
- El viaje de los datos en la red puede realizarse según dos modalidades: la transferencia con conexión orientada y la transferencia sin conexión (ver figura en diapositiva 10).
- La **transferencia con conexión orientada** está formada por 3 etapas en las cuales se establece un camino lógico y todos los paquetes siguen la misma ruta:

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

1. Establecimiento de la conexión (connection set-up): el primero de los paquetes es enviado con la dirección completa, esta dirección, codificada en el número de canal lógico NCL (LCN en inglés) es almacenada en cada nudo que encuentra.
2. Transmisión de datos: los paquetes de datos con la dirección abreviada, LCN, son enviados a través de la red, en cada nudo se lee el LCN y se envía el paquete al destino siguiente.
3. Conclusión: por último el transmisor envía un paquete especial de terminación que borra de los nudos de la red las huellas del LCN almacenado y completa así la transferencia.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Transferencia con conexión orientada y sin conexión



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- En el caso de la **transferencia sin conexión**: el paquete viaja por la red con su dirección completa, y continúa el camino que resulta más rápido teniendo en cuenta el tráfico de la red.
- Con esta técnica los paquetes siguen distintos caminos y llegan a su destino sin ningún orden, por lo que el receptor tiene una tarea más compleja ya que debe reordenar los paquetes utilizando la información contenida en las cabeceras de los mismos (headers).
- El ancho de banda en este tipo de transmisión va de los 64 kbt/s a los 2 mbt/s.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- Otro asunto importante es el tipo de control de errores en esta clase de transmisión y la respectiva técnica de retransmisión de los datos no recibidos o recibidos con distorsión.
- Después de cada pasaje entre dos nodos A y B, el nudo A espera la señal de recibido antes de enviar nuevos datos hacia B: este procedimiento llamado ***link by link***, o paso a paso, alarga el tiempo de transmisión, aun teniendo bajas las posibilidades de recepción errónea en el destino

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Modalidad de Paquetes: Retransmisión de Tramas (Frame Relay)

- El modo de retransmisión de tramas o Frame Relay, es muy parecido al X.25, también utiliza la modalidad de conexión orientada.
- El control de la calidad de la transmisión no es ejecutado en cada nodo, sino en el destino final. Este control llamado ***end to end***, o extremo a extremo, permite tiempos de transmisión notablemente más rápidos, pero solo si la calidad de la red es muy buena y el evento de una retransmisión total es improbable.

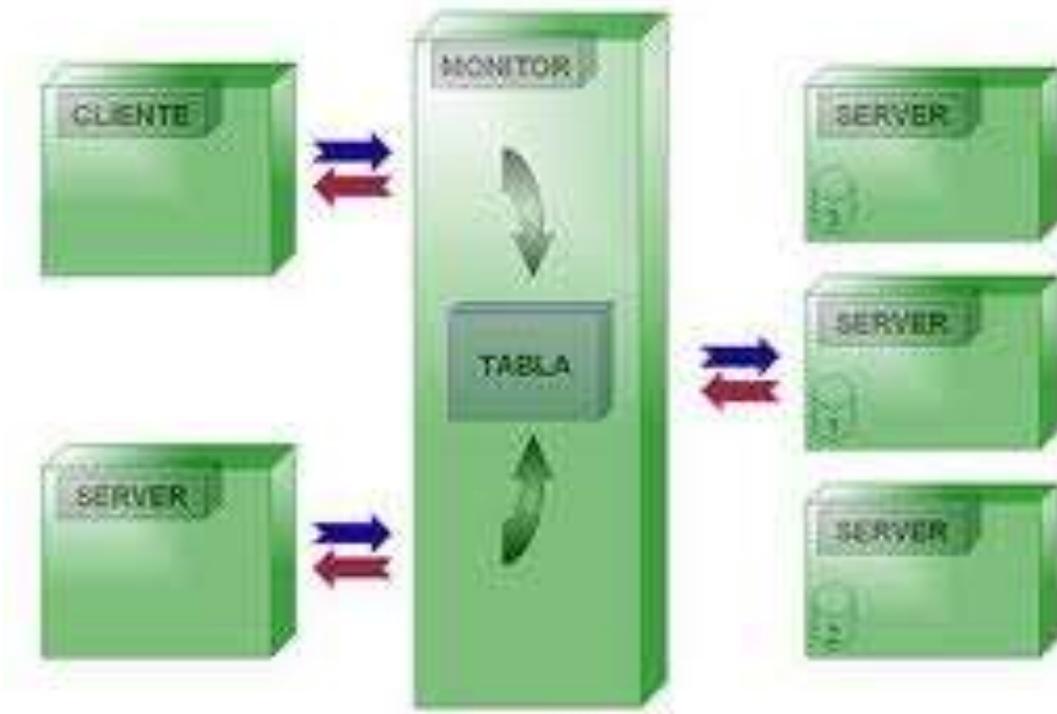
# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- La tasa de errores máxima permitida es de  $10^{-6}$  (menos de 1 bit de 100k transmitidos).
- El uso de este sistema es preferible para redes de área local LAN, es decir redes de alto tráfico que permiten una gran velocidad contando con conexiones de muy alta calidad.
- La bit rate de esta modalidad es de entre 10 y 16 Mgt/s llegando en algunos casos a 100 Mbt/s.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

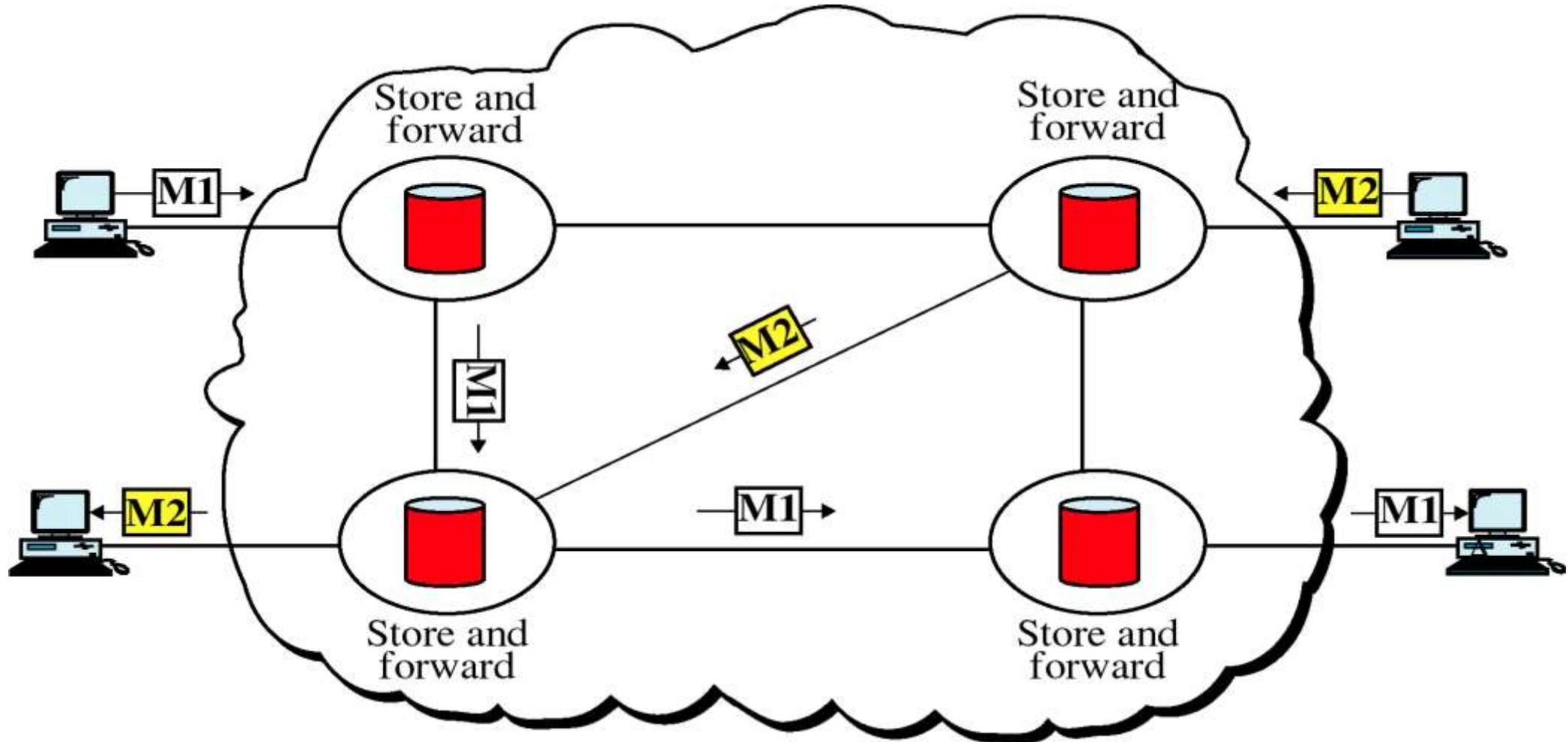
## Modalidad Store and Forward

- La modalidad ***Store and Forward*** o almacenamiento y transmisión es una técnica empleada en telecomunicaciones en la que la información se envía a una estación intermedia donde se mantiene y se envía en un momento posterior a su destino final o a otra estación intermedia
- La estación intermedia verifica la integridad del mensaje antes de enviarlo a su siguiente destino.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Esquema de Conmutación de Mensajes



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- Esta modalidad es utilizada en redes con conectividad intermitente, especialmente en el desierto o en entornos que requieren alta movilidad.
- También puede ser transferible a situaciones en las que hay largos retrasos en la transmisión y las tasas de error variable y alta, o si una directa, de un extremo a extremo de conexión no está disponible.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

Las redes **store and forward** precedieron al uso de las computadoras.

Ejemplo:

- El equipo de teletipo Punto a Punto se utilizaba para enviar mensajes que se almacenaban en el extremo receptor en cinta de papel perforado en un centro de retransmisión.
- El operador humano en el centro quitaba la cinta mensaje de la maquina receptora, leía la información de direccionamiento, y luego enviaba hacia su destino, el correspondiente saliente de punto a punto de enlace teletipo.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Modalidad en Celdas (Cell Mode)

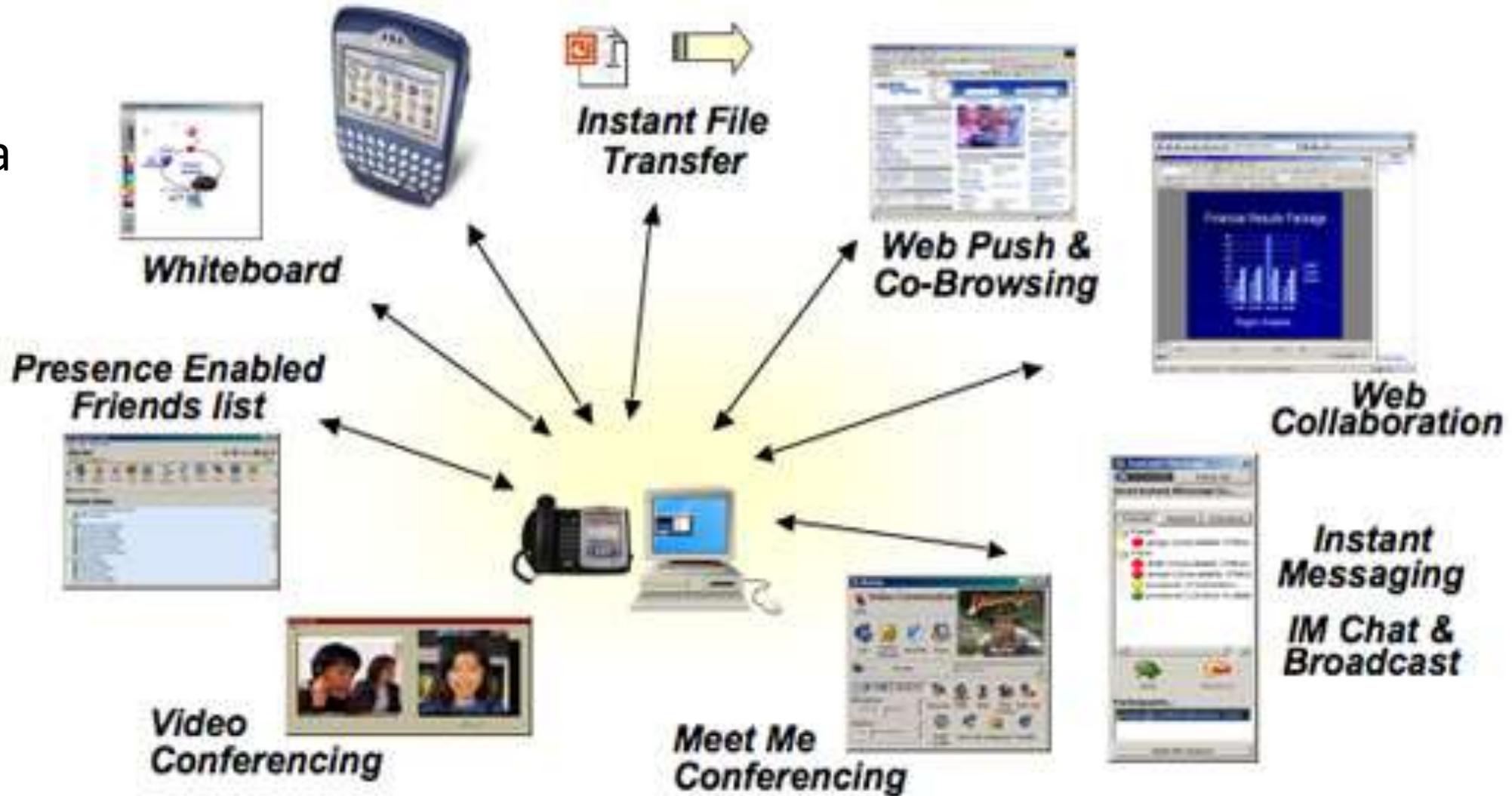
- La modalidad de transmisión en celdas y en particular, la más importante de todas, el modo de transferencia asíncrono **ATM** (Asynchronous Transfer Mode) es la modalidad que puede ser utilizada para cada tipo de dato, voz y vídeo, sin importar el ancho de banda disponible.
- Las celdas tienen una media o dimensión fija de 53 bytes, pero los canales que tienen mayor cantidad de datos, pueden enviar celdas más frecuentemente que los canales que tienen menos datos.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- Asíncrona significa que el ancho de banda de red disponible no está dividido en canales ni está relacionado con su capacidad para enviar y recibir información a una determinada velocidad de transmisión.
- El emisor y el receptor negocian la velocidad a la que se comunicarán, de acuerdo con las limitaciones físicas del hardware y la capacidad de mantener un flujo fiable de información a través de la red.
- Es la forma en que la información se transfiere entre el emisor y el receptor. En ATM, se utiliza el concepto de celdas pequeñas de longitud fija para estructurar y empaquetar los datos para las transferencias. Al utilizar celdas, ATM asegura que las conexiones pueden negociarse y administrarse sin que ninguno de los tipos de datos o conexiones puedan apropiarse en exclusiva de la trayectoria de transferencia.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

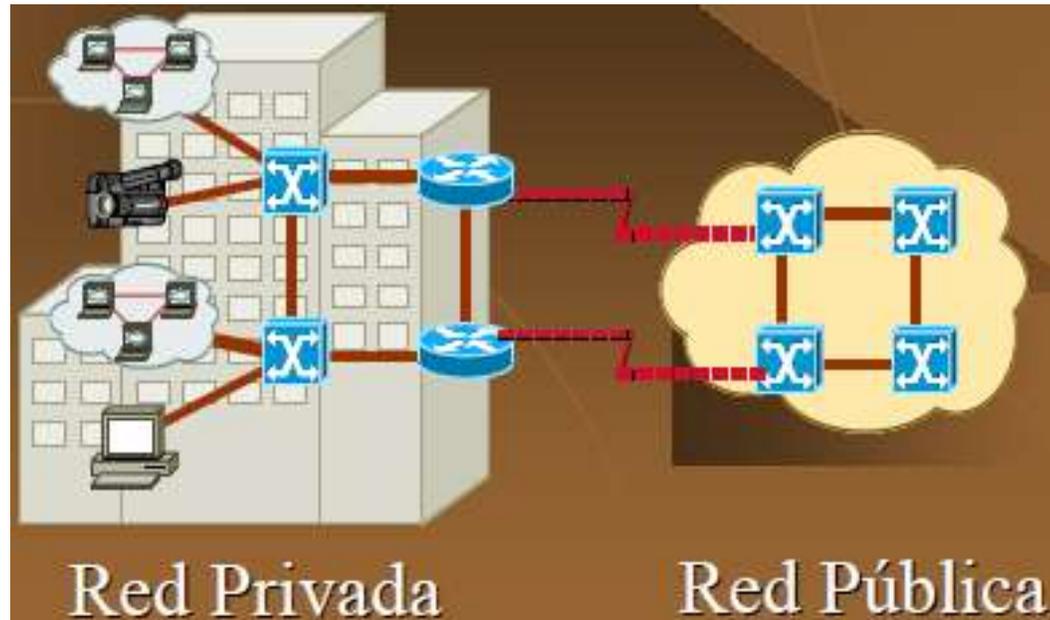
Una única red ATM da cabida a todo tipo de tráfico (voz, datos y video), mejorando la eficiencia y manejabilidad de la red.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

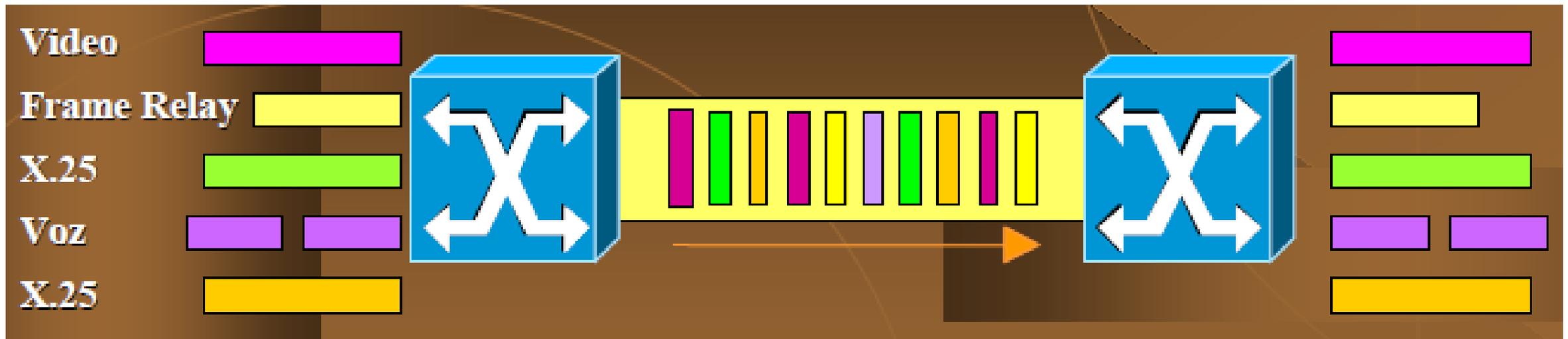
Características:

- Orientado a Conexión
- Diseñada para el transporte de múltiples tipos de servicios entre ellos voz, vídeo y datos a través de redes pública y privadas.
- Provee gran escalabilidad del ancho de banda, porque utiliza interfaces que van desde unos cuantos Megabits hasta varios Gigabits.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

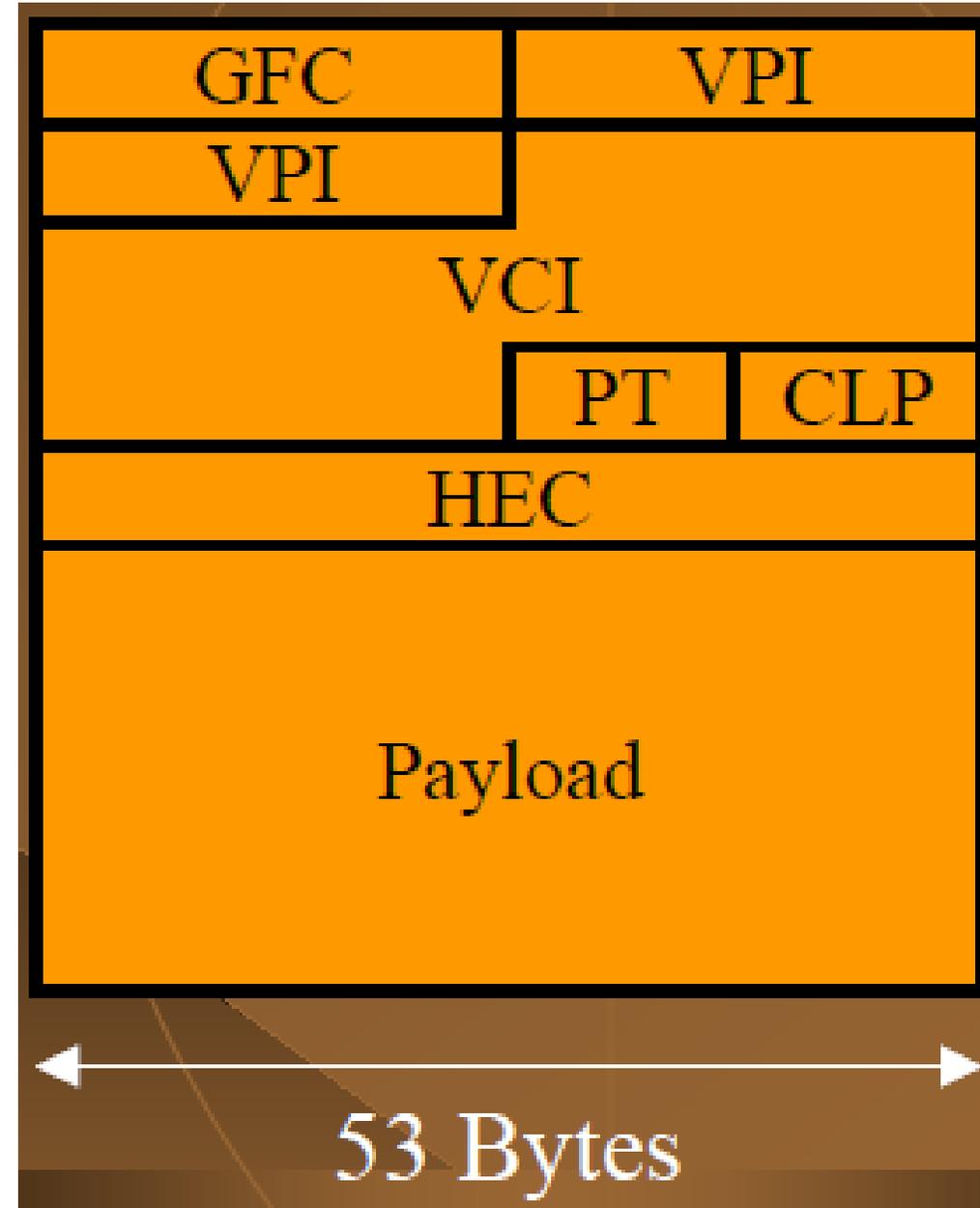
- Las celdas son pequeños paquetes de tamaño fijo, estandarizadas a 53 Bytes.
- ATM toma los paquetes o tramas de los servicios a transportar y los divide en pequeños segmentos que envía a través de una línea.
- El encargado de segmentar los datos es la capa de adaptación ATM.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Partes de la celda

- Control Genérico de Flujo (4 bits)
- Identificador de Trayectoria Virtual (8-12 bits)
- Identificador de Canal Virtual (16 bits)
- Tipo de Payload (3 bits)
- Bit de Prioridad de Congestión (1 bit)
- Control de error del encabezado (8 bits)
- Payload (48 Bytes)



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- **Encabezado (Header).** Sus 5 bytes tienen tres funciones principales: identificación del canal, información para la detección de errores y si la célula es o no utilizada. Eventualmente puede contener también corrección de errores y un número de secuencia.
- **Datos de Usuario (Payload).** Tiene 48 bytes fundamentalmente con datos del usuario y protocolos que también son considerados como datos del usuario.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Capas del Modelo ATM

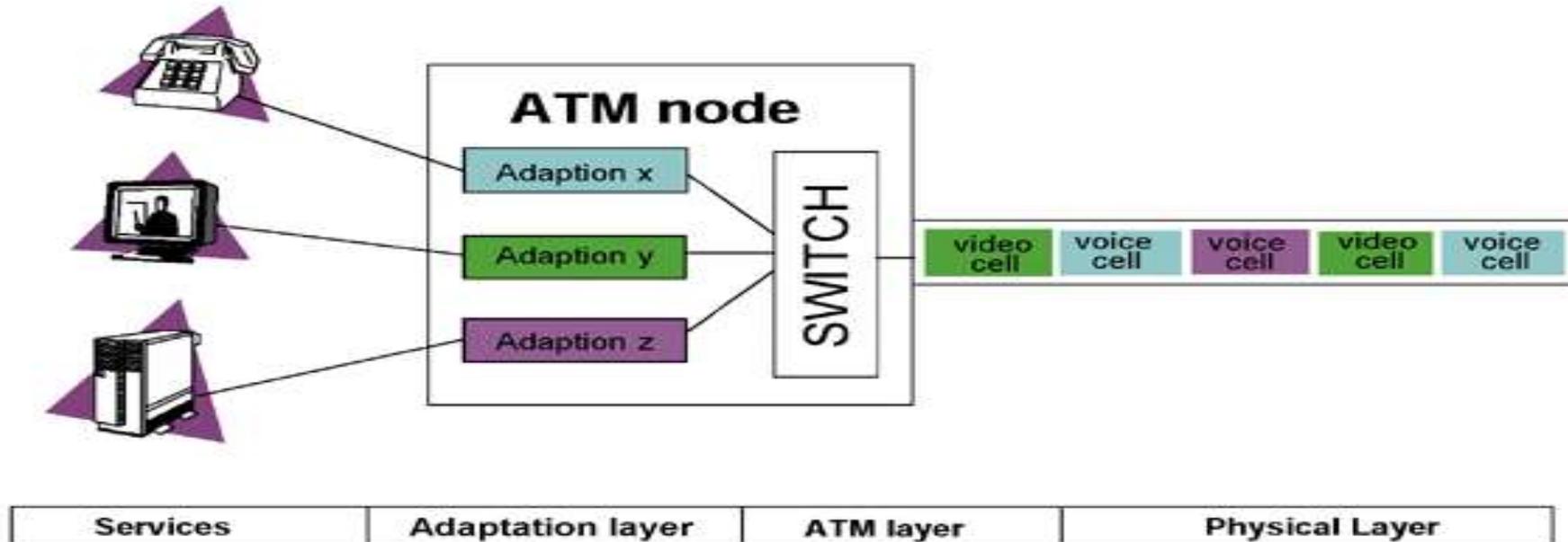
- **FÍSICA:** Relaciona todo el medio físico (voltajes, temporización de bits). Esta capa se divide en dos subredes:
  - a. **TC** (Convergencia de Transmisión): Recibe una serie de bits de entrada de PMD, convierte este flujo de bits en un flujo de celdas para la capa ATM. Hace el trabajo de la capa de enlace del modelo OSI.
  - b. **PMD** (Dependiente del Medio Físico): Es la que hace el trabajo. Interactúa con el cable real (Mueve los bits, maneja temporización de bits).
- **ATM:** Se encarga de las celdas y su transporte (Significado de los campos, establecer o liberar circuitos virtuales).

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

**3. ADAPTACIÓN ATM (AAL):** Para que los usuarios envíen paquetes más grandes que una celda. AAL segmenta los paquetes, transmite de forma individual las celdas y las reensambla al otro extremo.

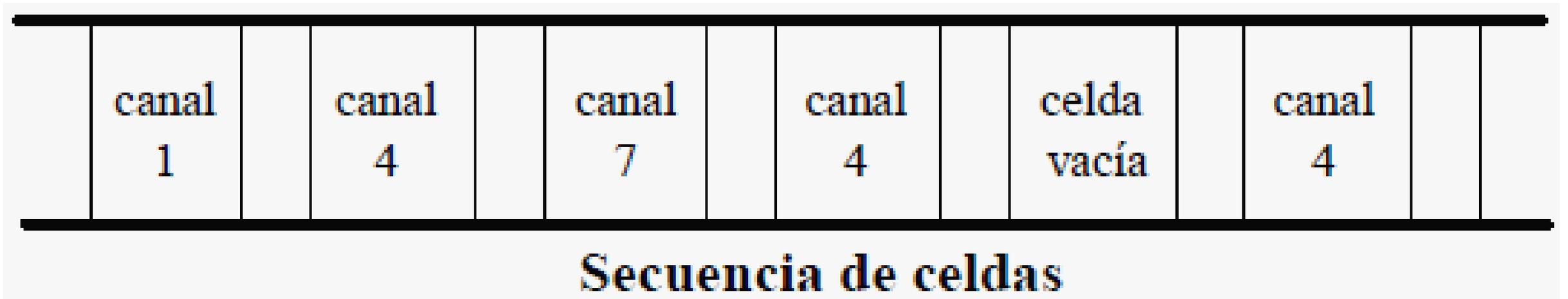
a. **SAR** (Segmentación y Reensamble): Fragmenta paquetes en celdas en el lado de transmisión y los une de nuevo en el destino.

b. **CS** (Subcapa de Convergencia): Permite que los sistemas ATM ofrezcan diversos servicios a diferentes aplicaciones.



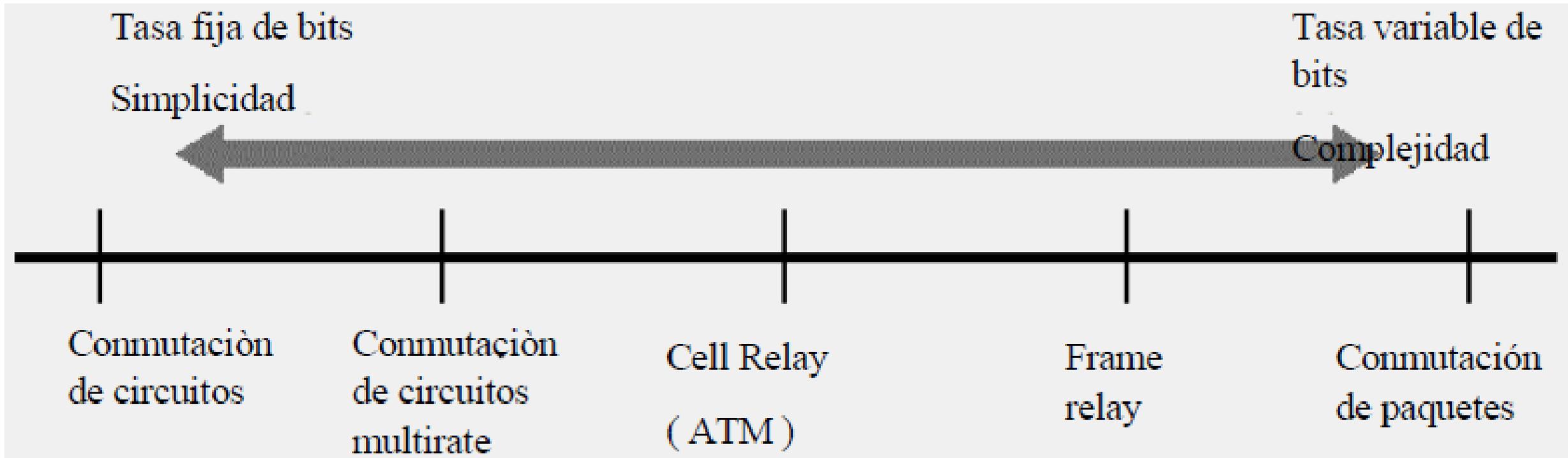
# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

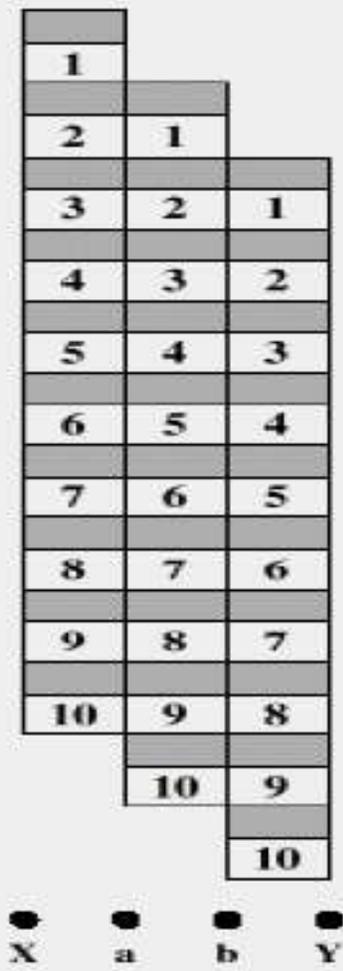
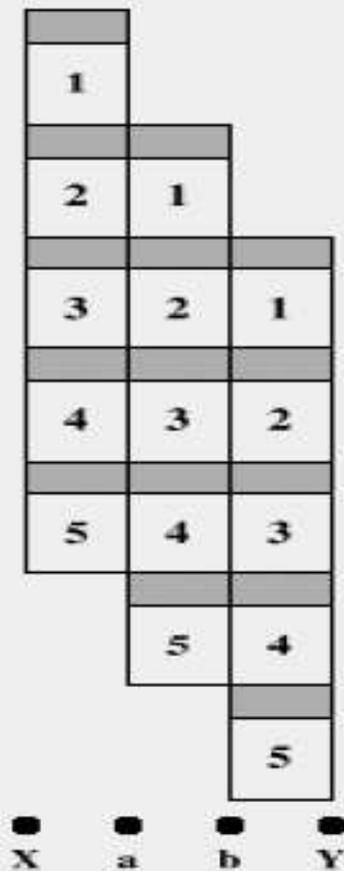
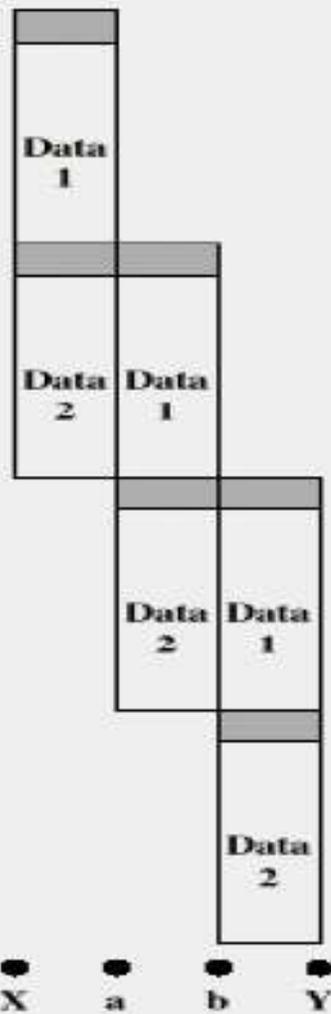
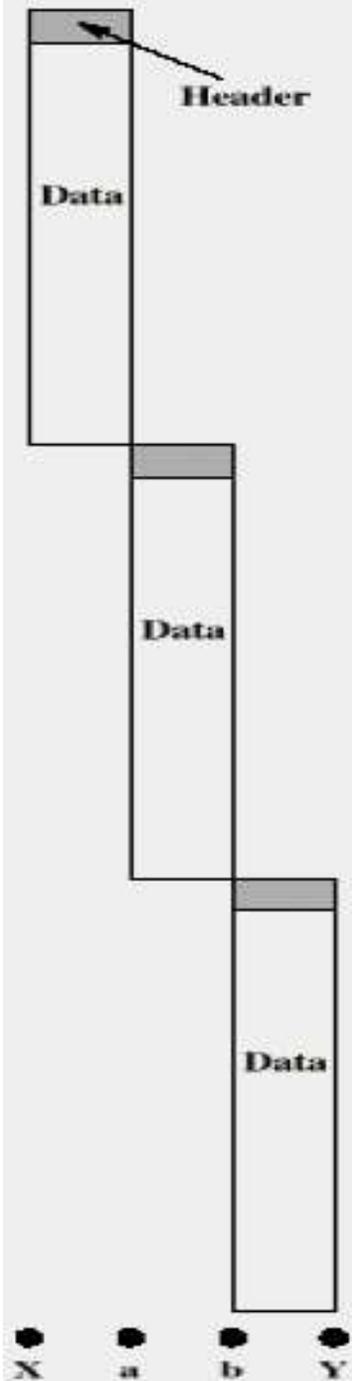
- El flujo de las celdas a distintos canales es una después de la otra, e intercaladas a veces por celdas de inactividad (idle cell). Esta secuencia constituye la base del sistema ATM.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- En la siguiente figura podemos observar las características de los distintos modos de transferencia, por ejemplo la conmutación de circuitos paga su simplicidad con una tasa fija de bits. Lo contrario ocurre con conmutación de paquetes.





Disminuyendo el tamaño del paquete disminuye el tiempo de transmisión, pero a partir de cierto tamaño los bits del **header** que se transmiten son significativos respecto a los bits de información.

Efecto del tamaño del paquete sobre el tiempo de transmisión

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Tarea:

Realice cuadro sinóptico a partir de la diapositiva 32 de este documento y entréguelo en electrónico o en papel.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Bibliografía

Rubén Kustra. Fundamentos Básicos de Telecomunicaciones. ITBA. E-doc. Buenos Aires, Arg. 2013.