

# Conmutación

---

EDICIÓN 2024

# Conmutación

---

INTRODUCCIÓN

# Introducción y definiciones

---

**CONMUTACIÓN:** Función de conectar entre sí al menos dos terminales de la red de telecomunicaciones de modo que puedan intercambiar información y comunicarse.

---

**CIRCUITO:** camino físico o lógico entre dos terminales.

---

**PAQUETE:** conjunto organizado de datos que incluye información de destino.

---

**ANALÓGICO:** Tecnología donde se emplean señales continuas en el tiempo y continuas en valores (ej.: audio desde micrófono).

---

**DIGITAL:** Tecnología donde se emplean señales discretas en el tiempo y discretas en valores (0,1).

---

# Introducción y definiciones

---

**CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS:** Función de conectar caminos físicos o lógicos (“circuitos”) entre dos abonados.

Origen en interconexión de caminos físicos (circuitos eléctricos) entre terminales telefónicos analógicos.

Se asemeja a conmutación de vías en sistema ferroviario.

---

**CONMUTACIÓN DE PAQUETES:** Función de encaminar paquetes de datos desde un abonado hasta otro.

Se asemeja a sistema postal (correos y encomiendas).

# Estructura de la Red

---

**PLANO DE CONTROL:** Transporta información de control de funcionamiento de la red (señalización) y se encarga de la toma de decisiones del encaminamiento.

---

**PLANO DE DATOS (o de usuario, o de forwarding):** Se encarga de encaminar el tráfico de datos de los usuarios, de acuerdo a las reglas establecidas en el plano de control.

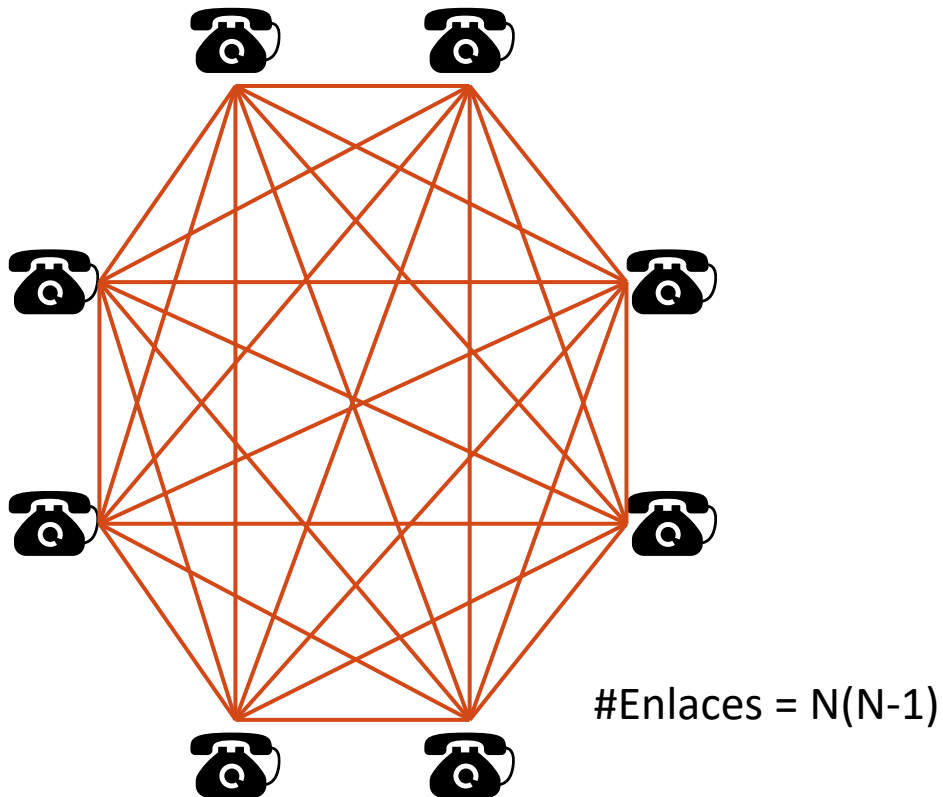
---

**PLANO DE GESTIÓN:** Se encarga del tráfico administrativo y operativo, incluyendo configuraciones, políticas de funcionamiento, recolección de estadísticas de la red, etc.

# Conmutación de Circuitos

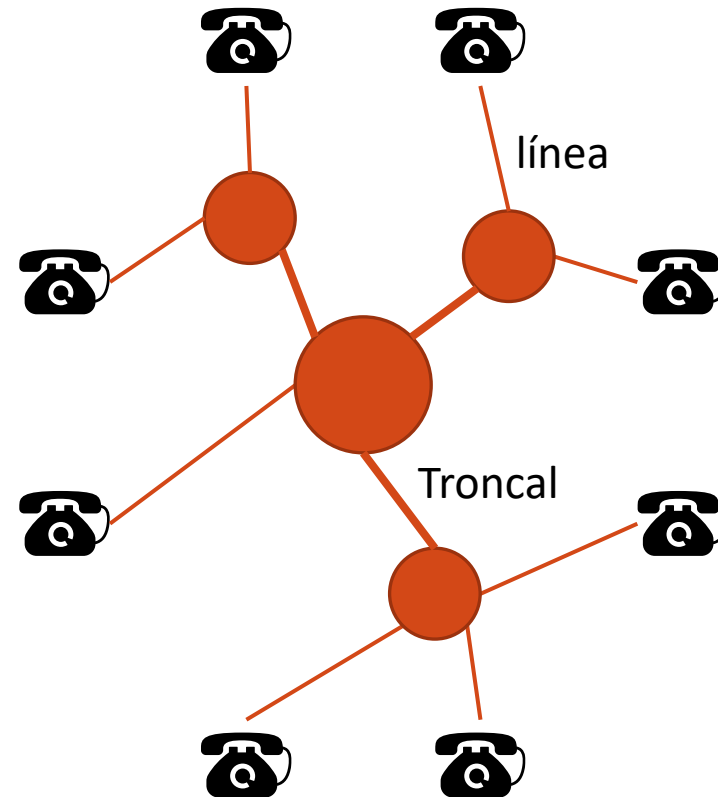
## PROBLEMA ORIGINAL:

Conectar N abonados con los demás N-1 posibles.  
Mesh física es ineficiente, caro y no escalable.



## SOLUCIÓN:

Llevar líneas a un centro desde donde se puedan interconectar dos abonados entre sí.



# Conmutación de Circuitos

---

## Tipos de elementos de red:

---

**TERMINALES:** dispositivos que terminan las líneas, típicamente para proveer el servicio al usuario.

---

**MEDIOS DE TRANSMISIÓN:** conectan nodos entre sí (troncales) y con los terminales (líneas).

---

**NODOS DE CONMUTACIÓN:** conmutan las conexiones, las establecen, y las reponen reutilizando elementos para conectar todos los terminales.

---

**PUERTOS o INTERFACES de NODOS:** son las entidades que vinculan a cada nodo con un medio de transmisión.

---

# Conmutación de Circuitos

---

**PLANO DE DATOS:** El conmutador de circuitos cuenta con un sistema interno que posibilita las conexiones entre los usuarios conectados al mismo.

**PLANO DE CONTROL:** Las interconexiones son comandadas por “elementos lógicos de control” que actúan en el establecimiento de los circuitos..



# Conmutación de Paquetes

---

No hay circuitos para interconectar. Cada paquete se conmuta en forma independiente.

---

No se establece un canal lógico entre los terminales.

---

Cada nodo almacena paquetes para luego reenviarlos (*store & forward*).

---

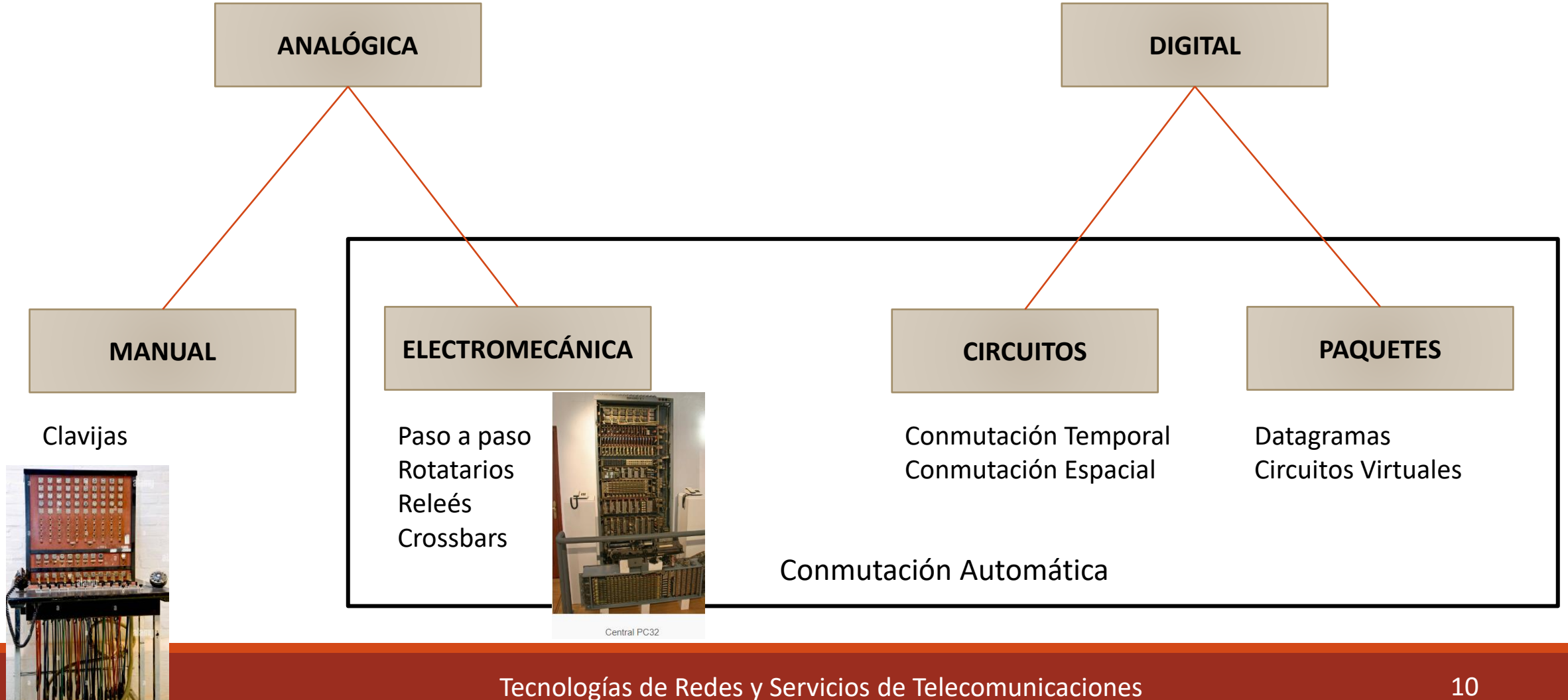
**PLANO DE DATOS:** Los conmutadores almacenan y luego deciden el reenvío de cada paquete según su destino y en base a información/reglas con la que ya cuentan.

---

**PLANO DE CONTROL:** La información para la toma de decisiones se intercambia a nivel de señalización.

---

# Clasificación



# Conmutación

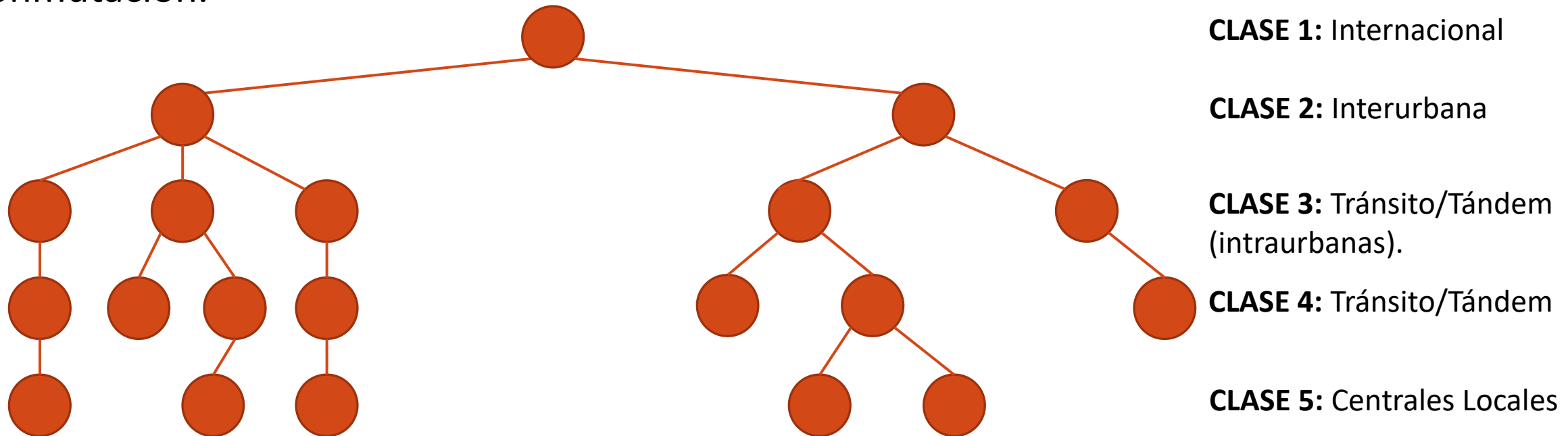
---

JERARQUÍA DE CENTRALES

# Jerarquía de Centrales

**CENTRAL TELEFÓNICA:** Entidad que gestiona la conmutación (encaminamiento) de la llamada.

Se emplea una estructura **jerárquica de centrales** para facilitar el proceso de conmutación.



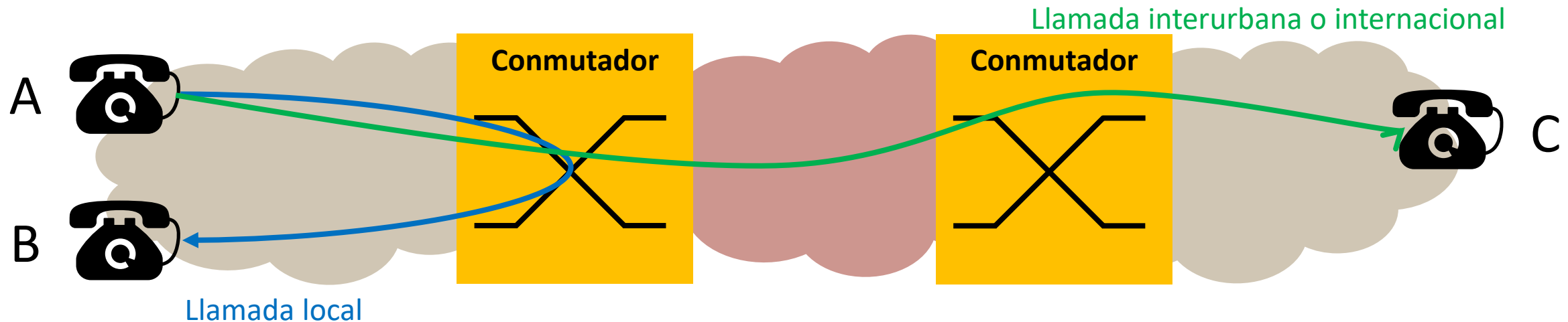
# Tipos de Llamadas

En el establecimiento de una llamada puede existir una o varias conmutaciones.

En **llamadas locales** interviene una sola central.

Usuarios en misma zona de radio de 2-10 km, típicamente 5 km.

En **llamadas interurbanas o internacionales** intervienen varias centrales.



# Tipos de Llamadas

---

**LLAMADA LOCAL:** tráfico local entre dos abonados de la misma central.

---

**LLAMADA SALIENTE:** abonado local llama a uno de otra central. Se usan enlaces de salida libres a la siguiente central.

---

**LLAMADA ENTRANTE:** un abonado de otra central quiere comunicarse con un abonado local. La central conecta desde el enlace entrante con el abonado local.

---

**LLAMADA DE TRÁNSITO:** la central está en la ruta entre dos abonados remotos. Se conecta enlace de llegada con uno de salida.

# Jerarquía de Centrales

---

**CENTRALES INTERNACIONALES:** interconectan operadores de distintos países. Algunos países dan tránsito a otros mediante acuerdos comerciales.

---

**CENTRALES INTERURBANAS DE TRÁNSITO:** interconectan centrales de diferentes ciudades entre sí y son sólo de tránsito. No tienen abonados conectados ni concentradores (sólo pertenecen a red de transporte).

---

**CENTRALES DE TRÁNSITO/TÁNDEM:** interconectan centrales entre sí y la mayoría son sólo de tránsito. Las de tándem además tienen concentradores con abonados locales.

---

**CENTRALES LOCALES:** interconectan abonados entre sí. Radio de cobertura entre 2 a 5 km alrededor de la central.

---

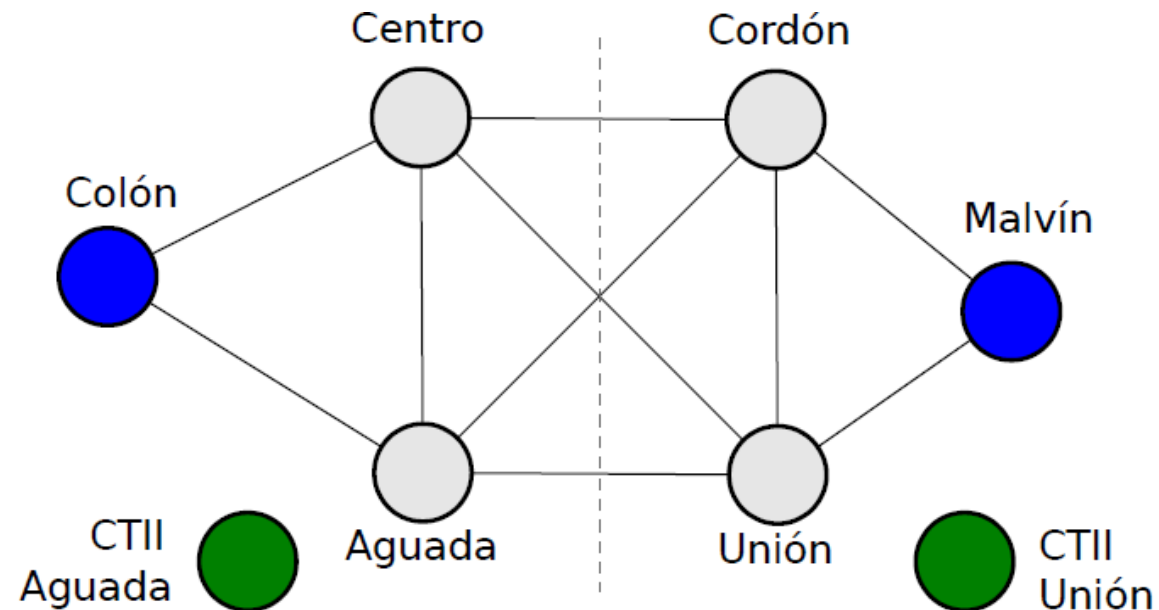
**URA:** Unidades Remotas de Abonados. Minicentrales de funcionalidad limitada. Alivian carga de centrales locales.

# Jerarquía de Centrales en Uruguay

**CTII:** Centrales internacionales y centrales interurbanas (tránsito).

4 centrales Tándem interconectadas totalmente: Centro, Cordón, Aguada y Unión.

Cada central local se conecta a 2 Tándem por redundancia ante fallas.





# Conmutación

---

CONMUTACIÓN DIGITAL DE CIRCUITOS Y PAQUETES

# Conmutación de Circuitos y de Paquetes

---

En los sistemas **digitales**, los nodos de la red o centrales están equipados para realizar la conmutación de alguna de dos formas distintas: conmutación de **circuitos** o conmutación de **paquetes**.

---

Originalmente sólo servicios de telefonía. La conmutación de circuitos es más adecuada.

---

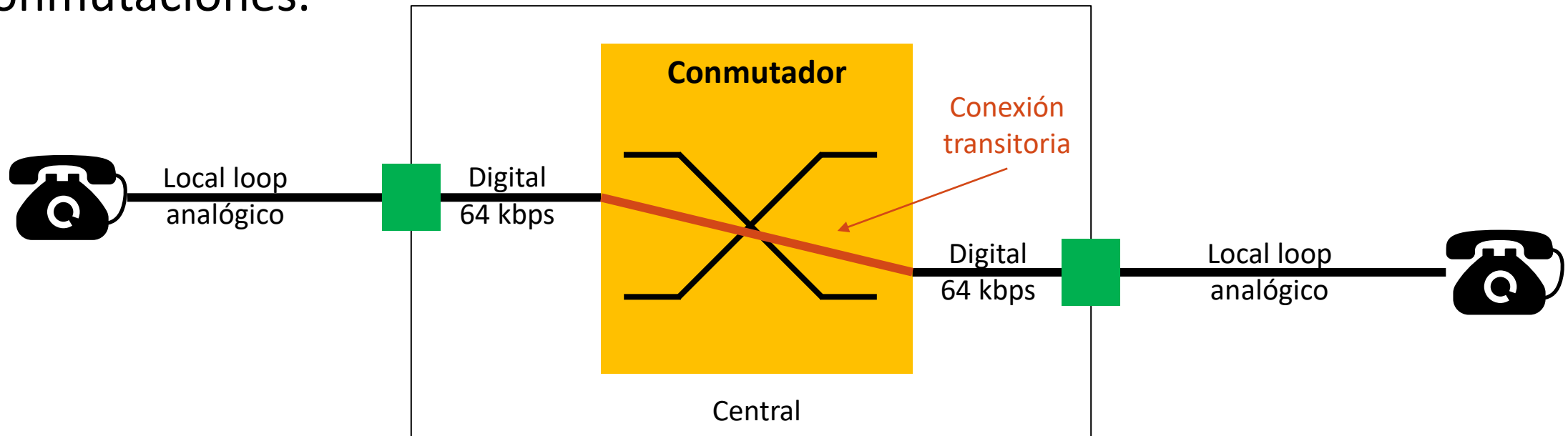
El desarrollo de las comunicaciones ha hecho necesario soportar servicio de datos para lo cual la conmutación de paquetes es más adecuada.

---

Igualmente, es posible brindar servicios de datos por conmutación de circuitos así como servicios de telefonía por conmutación de paquetes.

# Conmutación de Circuitos

En el establecimiento de una llamada puede existir una o varias conmutaciones.



Tradicionalmente usada en redes de telefonía convencional, aunque también se puede usar para servicios de datos.

# Conmutación de Circuitos

---

---

## **FASE DE ESTABLECIMIENTO:**

Establece un canal terminal a terminal y todos sus tramos entre nodos.  
Existe intercambio de señalización entre terminales y la red.  
Tanto para voz como para datos.

---

## **RETARDO DE ESTABLECIMIENTO:**

Introducida por la fase de establecimiento.  
En sistemas digitales es menor que en electromecánicos, que a su vez es menor que en manual.

---

## **RETARDO DE TRANSMISIÓN:**

Se manifiesta una vez establecida la conexión.  
Menor que el de establecimiento.  
Despreciable en distancias pequeñas.

# Conmutación de Circuitos

---

Se abre un canal de comunicación o *circuito* que queda retenido hasta que los terminales o la red determinen su final mediante la correspondiente señalización.

---

Durante el tiempo en que dicha comunicación está abierta, existe un circuito analógico o digital dedicado permanente y únicamente a esta.

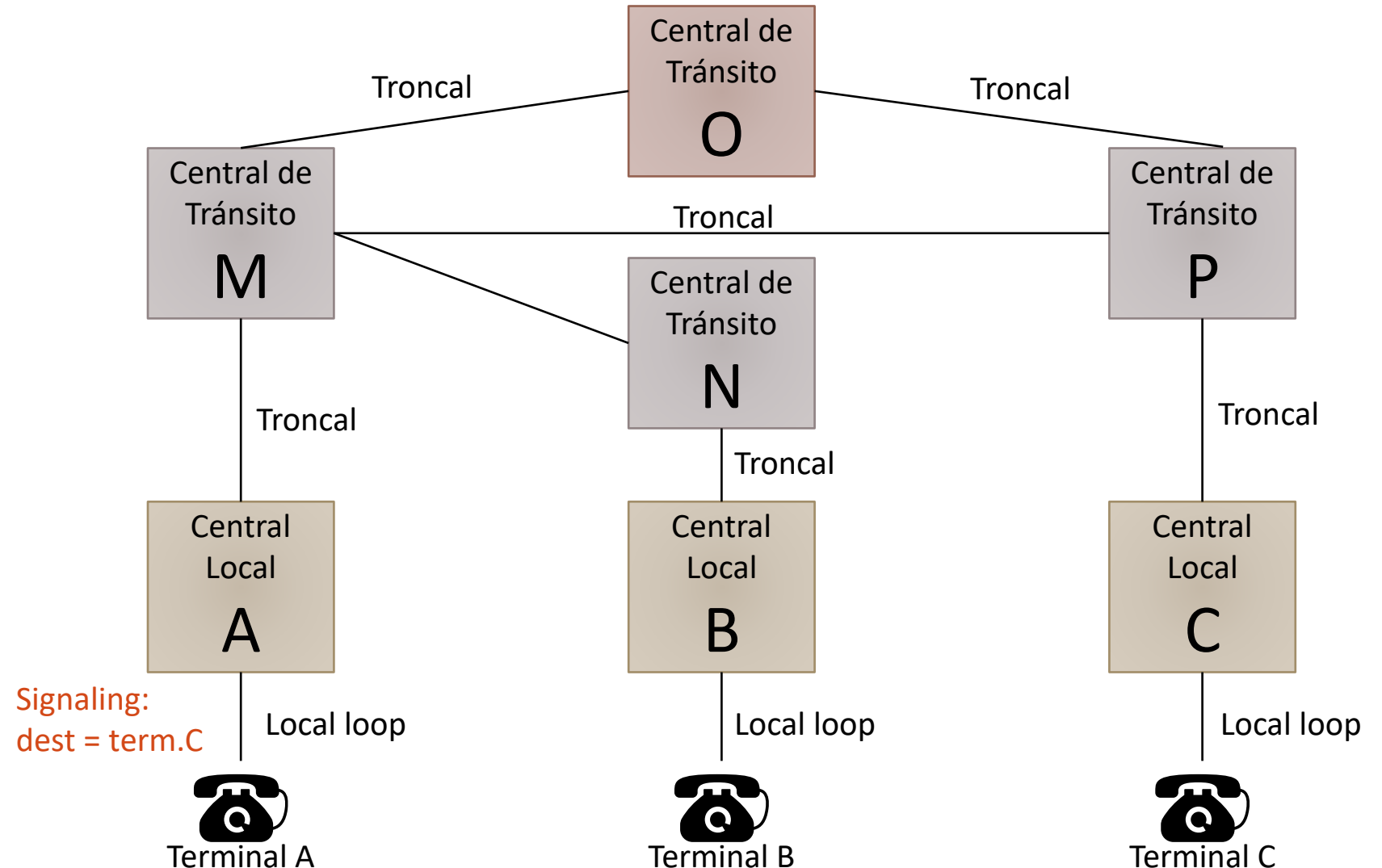
---

Esto asegura una capacidad contante del canal establecido.

---

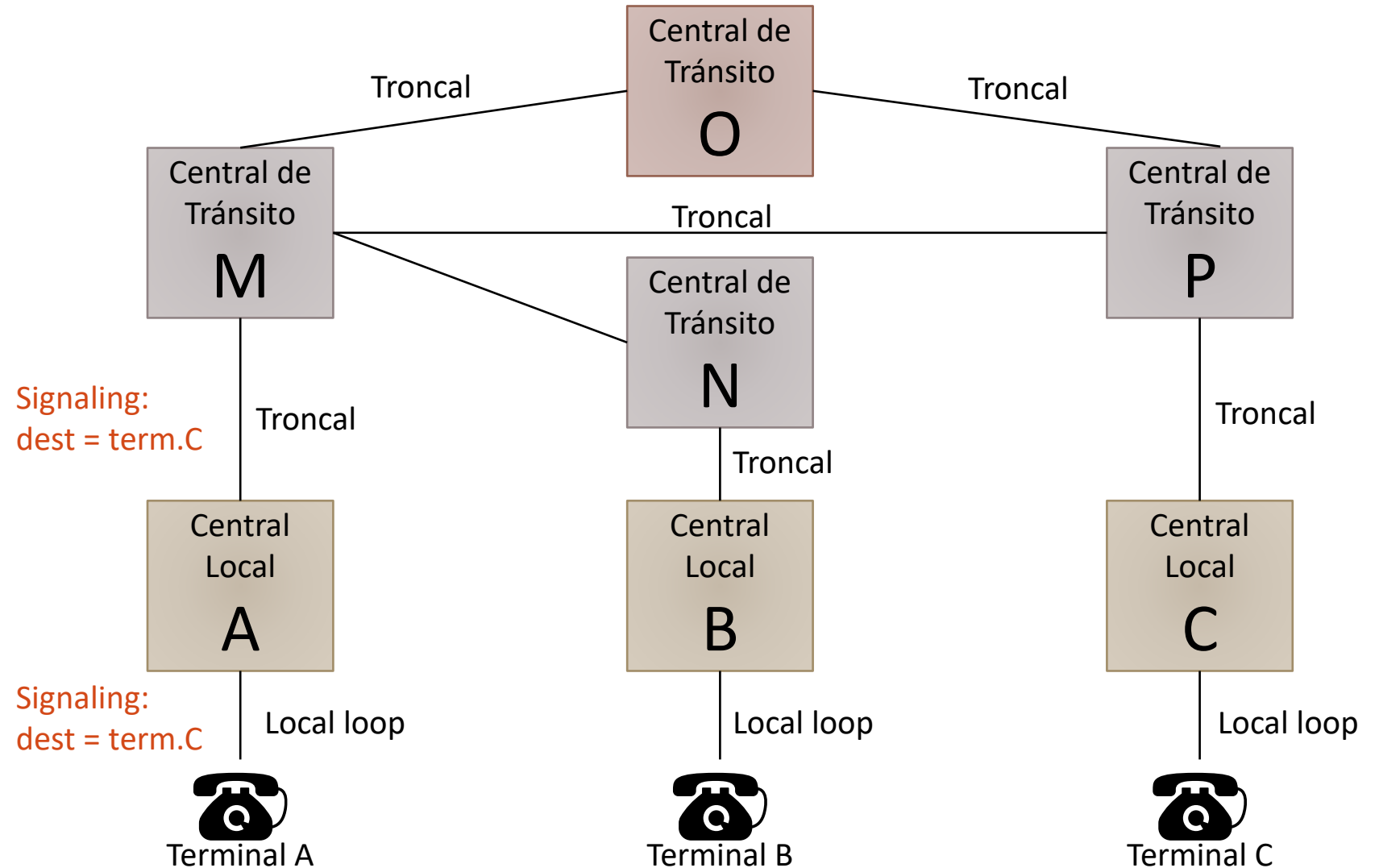
# Ejemplo de funcionamiento

- A desea comunicarse con C.
- A envía a la central A (a la que está conectado) una indicación de que desea su atención.
- La central A responde con señal para que A envíe información de destinatario.
- A envía la identidad del destinatario C.



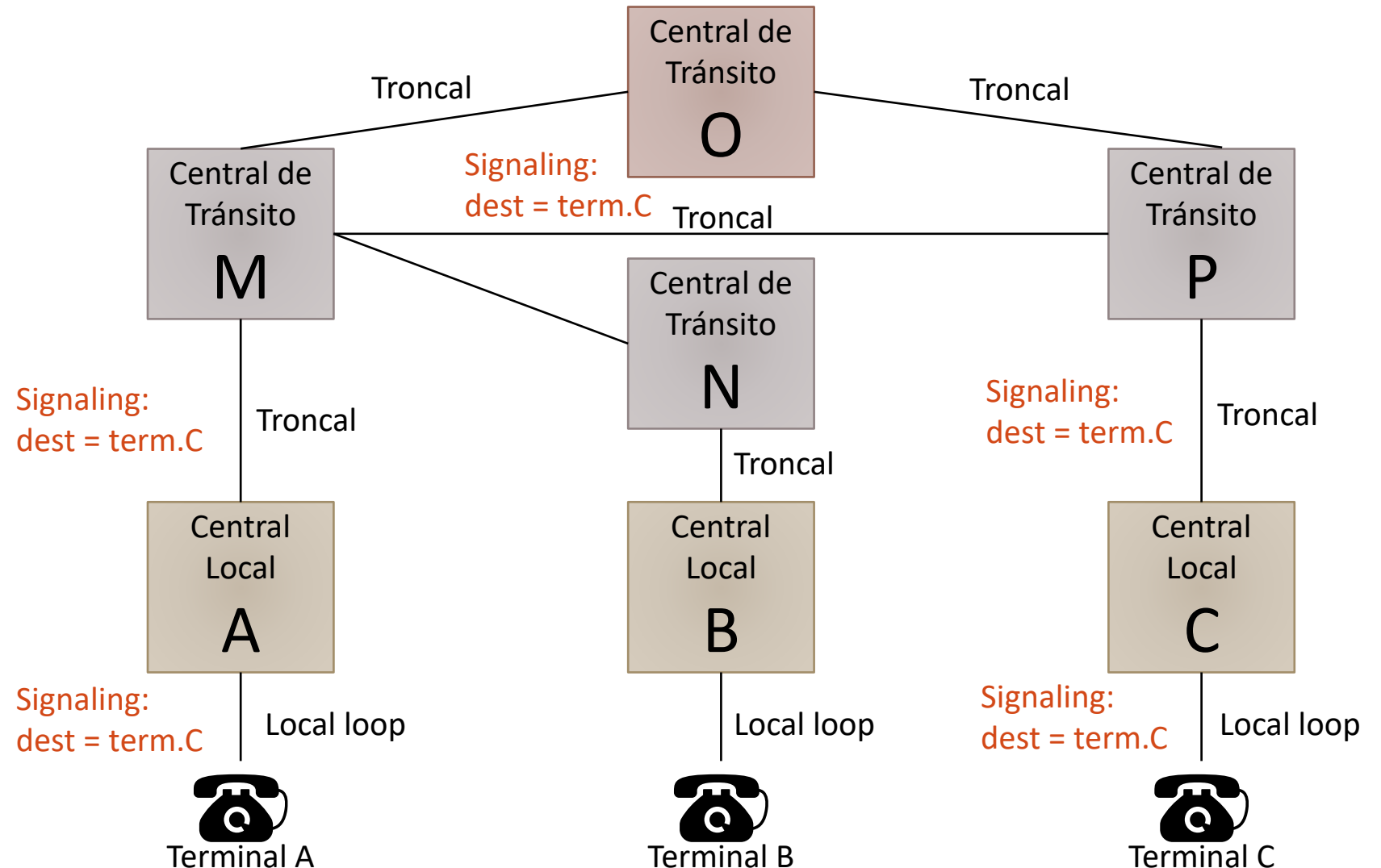
# Ejemplo de funcionamiento

- La central A analiza la identidad recibida.
- Selecciona la ruta hacia central que corresponda, en este caso M.
- Mediante señalización envía a M la identidad de C



# Ejemplo de funcionamiento

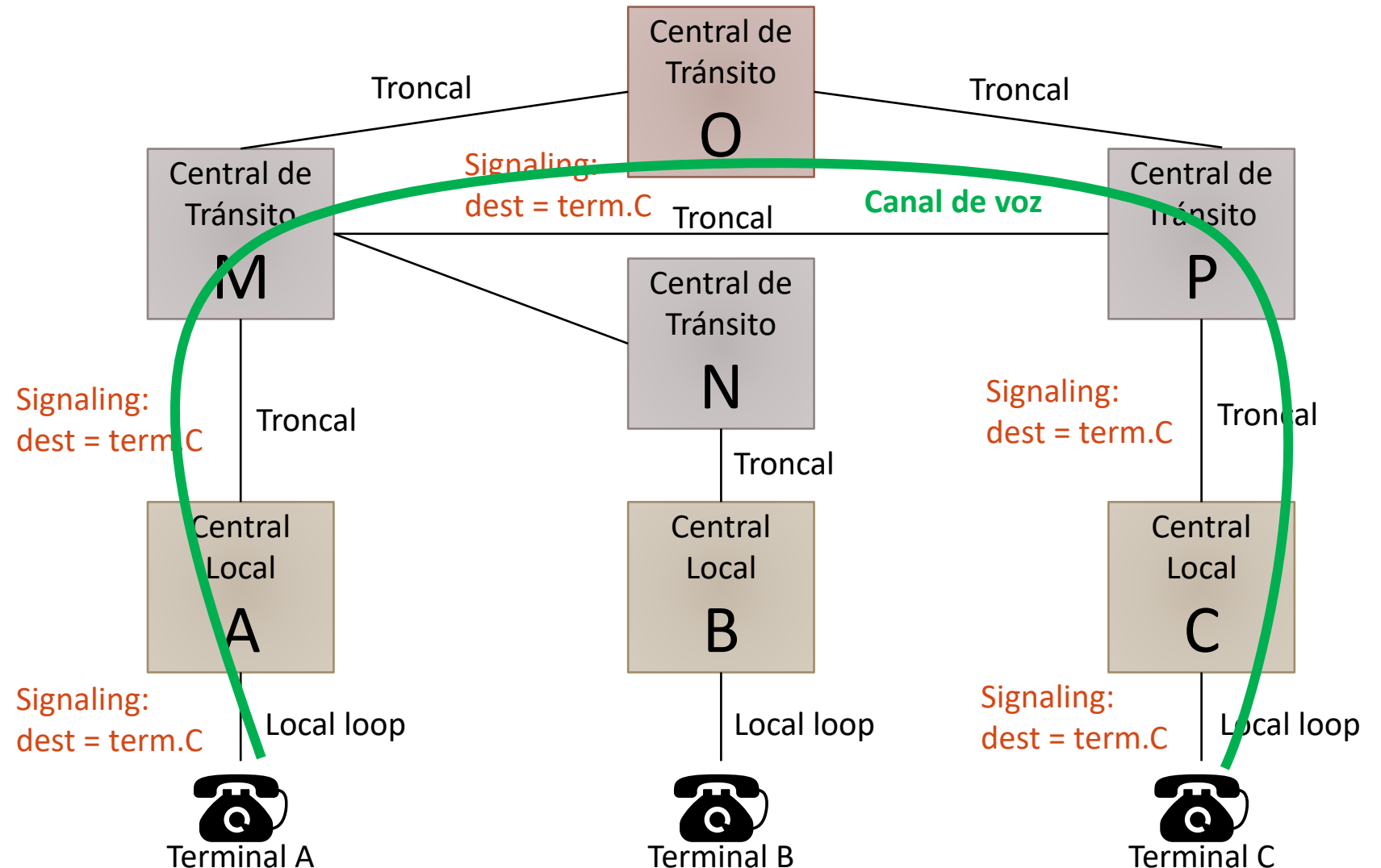
- La central M analiza la llamada recibida.
- De acuerdo a su algoritmo de encaminamiento selecciona la siguiente central y ruta.
  - Podrían ser P u O.
  - La decisión puede basarse en con cuál hay enlaces disponibles.
- Envía la identidad de C.
- Este procedimiento se repite en todas las centrales involucradas hasta llegar al terminal C.





# Ejemplo de funcionamiento

- Luego queda definido un canal de voz punta a punta entre los terminales.
- Una vez establecida la comunicación:
- Las centrales quedan transparentes para la información transmitida entre A y C.
- Si A o C desean terminar la llamada lo señala a su central y la fase de *destablecimiento* libera los recursos en las centrales involucradas.



# Conmutación de Paquetes

---

**PAQUETE:** es un conjunto estructurado y ordenado de datos que se envían a demanda.

---

**ENCABEZADO:** Incluye información de destino del paquete.

---

**CONTENIDO (PAYLOAD):** datos del usuario o de la aplicación.

---

Los terminales pueden así dividir la información a enviar en varios paquetes que se encaminan (conmutan) en forma independiente.

---

Pensado para servicios de datos. Adaptación para tráfico a ráfagas, no requiere recursos dedicados para servicios persistentes.

---

# Conmutación de Paquetes

---

Los nodos de la red encaminan (conmutan) cada paquete en forma independiente de acuerdo a sus encabezados. Típicamente de acuerdo al destino.

---

El canal de transmisión está sólo ocupado durante la transmisión del paquete.

---

Luego queda disponible para transferencia de paquetes.

---

**Multiplexación estadística** para compartir el medio.

---

Mayor robustez al no depender de un camino.

---

Mejor eficiencia del uso de la red, no tengo recursos reservados que quizá estén sin uso.

---

# Conmutación de Paquetes

---

---

## **STORE AND FORWARD:**

Cada nodo recibe paquetes completos, los encola (almacena), analiza sus encabezados y determina el siguiente nodo o camino lógico para su encaminamiento.

---

## **CONTROL DE RUTA:**

Gestiona información de la red y junto con los encabezados del paquete permite realizar la selección de encaminamiento.

Por ej. información por protocolos de ruteo o ruteo estático.

# Conmutación de Paquetes - Características

---

---

## **Flujo de tasa de bits variables.**

El intercambio no es a una tasa de bits constante.

---

## **Es un sistema de espera y no de pérdida.**

Los paquetes siempre se aceptan y se encolan, no se producen bloqueos a menos que se supere el tamaño de la cola.

---

## **Los retardos de propagación son aleatorios.**

Cada nodo intermedio encola los paquetes antes de reenviarlos, introduciendo retardos aleatorios que dependen del tráfico.

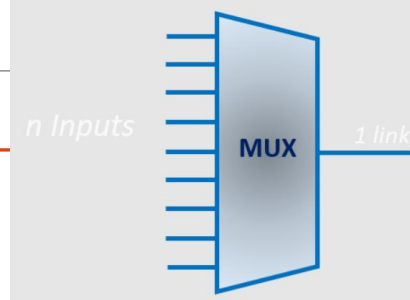
---

## **No existe un retardo de establecimiento.**

Cada paquete lleva la información necesaria para su encaminamiento.

# Conmutación de Paquetes - Características

---



## **Multiplexación Estadística.**

Mecanismos para compartir los medios de transmisión.

Los medios se usan dinámicamente según su necesidad. Si tengo para enviar, envío.

No hay esquema predefinido para dividir los recursos entre los terminales y nodos.

Las secuencias de paquetes enviados tampoco tienen un patrón por usuario.

Eficaz en enlaces que no estén *cerca* de saturar.

---

Dos modos de operación. Estructura en capas permite combinar ambos modos.

## **Orientado a conexión**

Cada paquete tiene una identificación del circuito virtual lógico al que corresponden.

Casi siempre los paquetes arriban en orden.

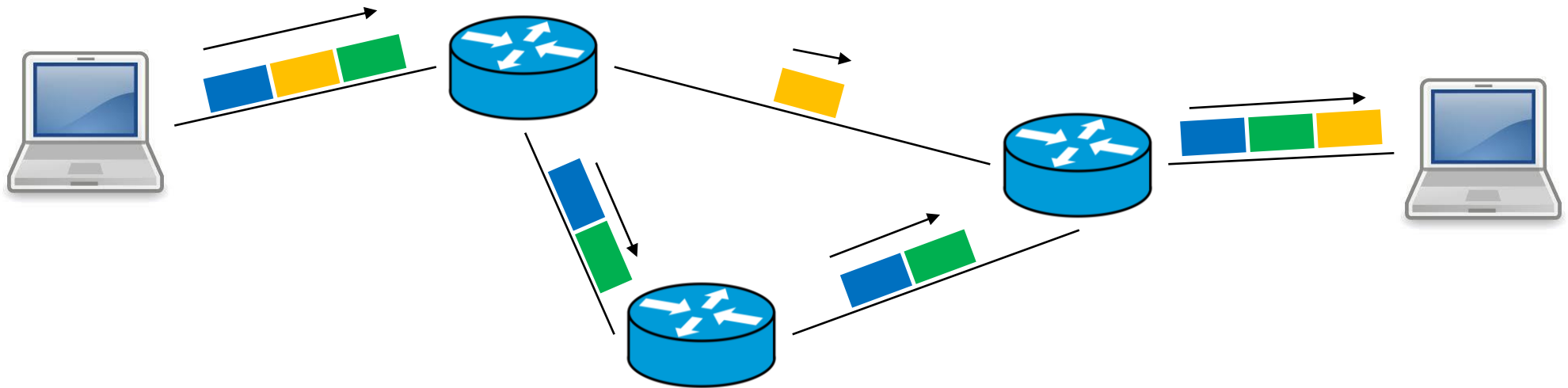
## **No orientado a conexión**

Cada paquete tiene la dirección del abonado o terminal destino.

No se garantiza el orden de arribo de los paquetes.

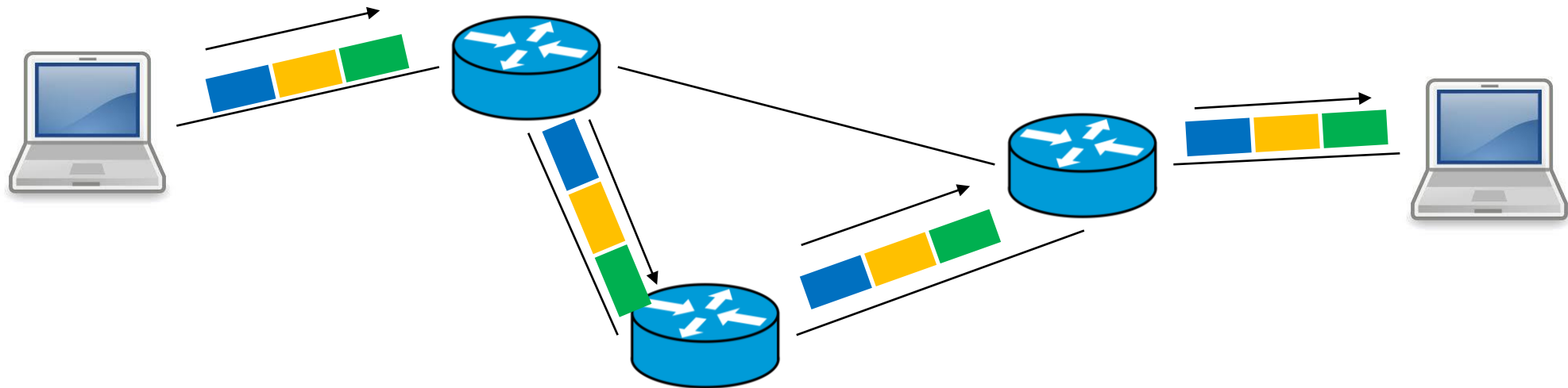
# No orientado a conexión (datagrama)

- Los encabezados de cada paquete contienen la dirección de destino.
- Mismo destino no implica mismos caminos.
- No hay fase de establecimiento.
- **Ejemplos:** Ethernet, IP, IPv6, UDP, WiFi, Internet.



# Orientado a conexión (Circuito Virtual)

- Se establece (o pre-establece) un camino (circuito virtual; CV) entre terminales o nodos por donde se encaminan los paquetes de una misma transacción.
- Los paquetes llegan en el mismo orden que se transmiten.
- La identificación del CV va en los encabezados de cada paquete.
- Varios CV por enlace o circuito físico.
- **Ejemplos:** Frame Relay, X.25, ATM, MPLS:





# Orientado a conexión (Circuito Virtual)

---

## **Circuito Virtual Permanente (PVC).**

Existen circuitos pre-establecidos para cada pareja de terminales (o de nodos) en la red que se re-utilizan para diferentes transacciones.

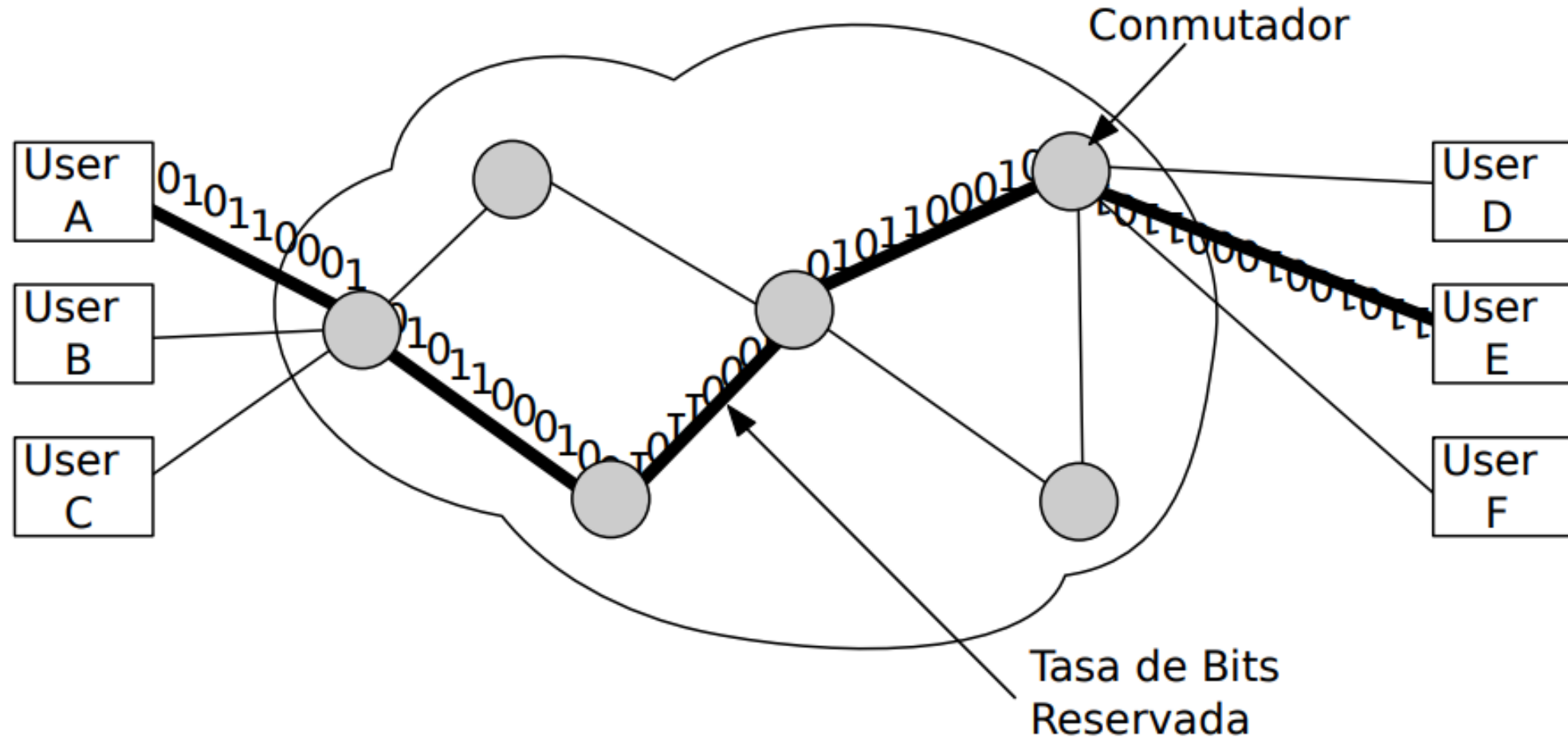
No requiere fase de establecimiento.

## **Circuito Virtual Conmutado (SVC).**

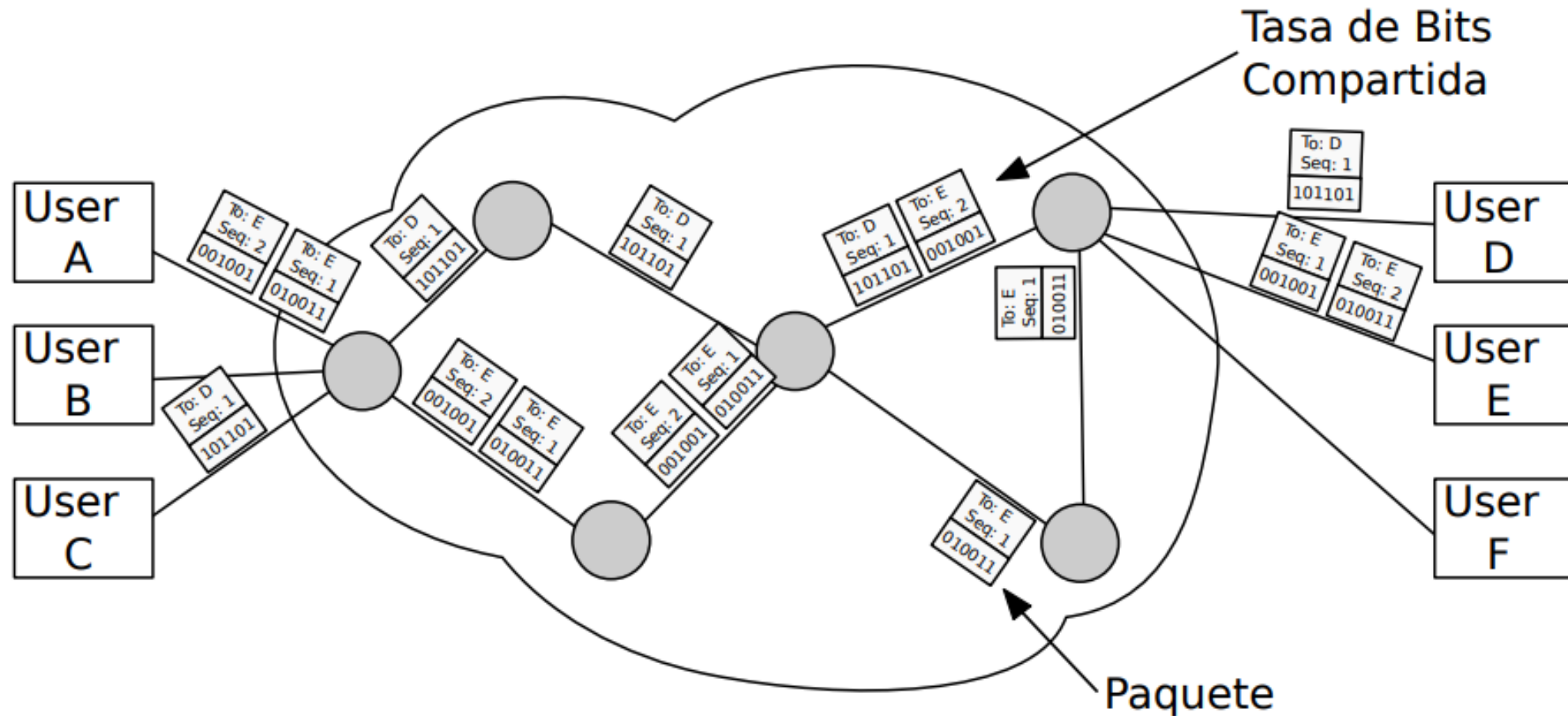
El circuito virtual se establece a demanda para cada transacción o para cada llamada. Existe fase y retardo de establecimiento.

Transacciones distintos entre los mismos extremos pueden usar CVs distintos.

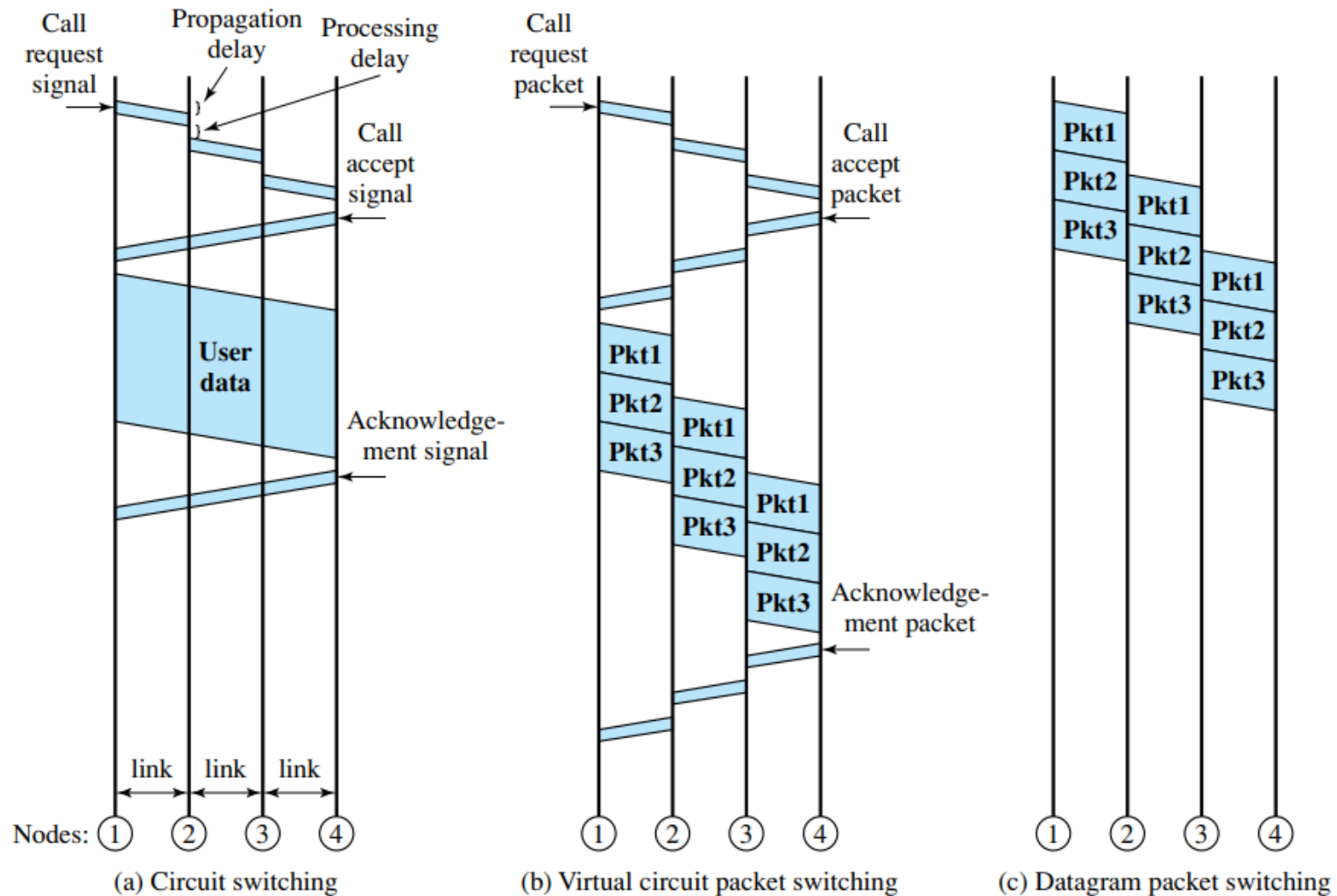
# Conmutación de Circuitos



# Conmutación de Paquetes



# Comparación de tiempos

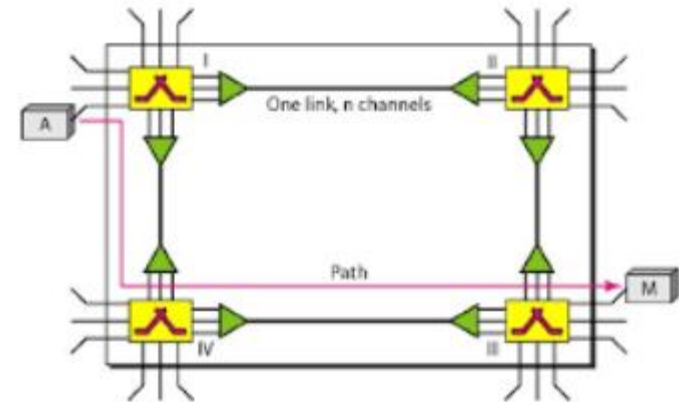


# Comparaciones

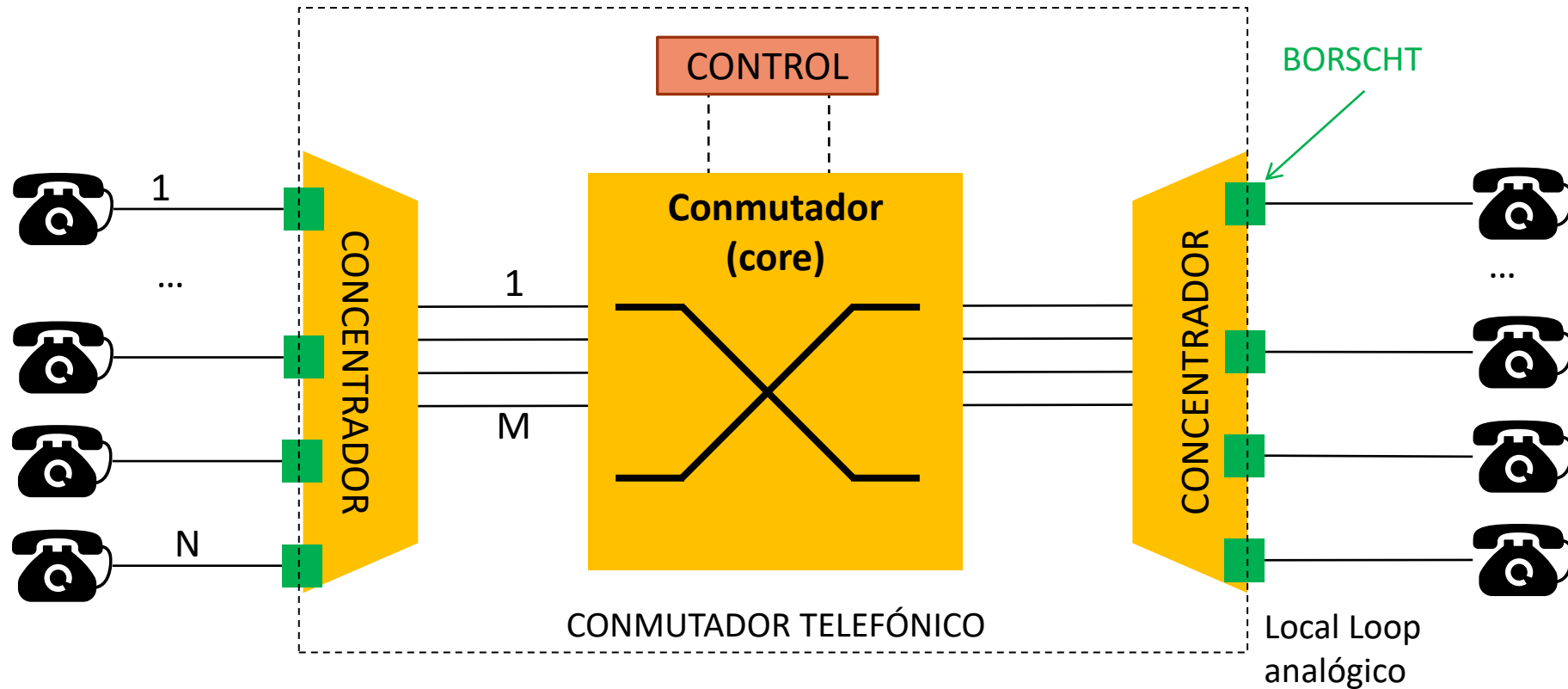
Conmutación de Circuitos	Conmutación de Paquetes Circuito Virtual	Conmutación de Paquetes Datagrama
Existe fase de <b>establecimiento</b> y retardo de establecimiento, además de retardo de transmisión.	Hay fase de <b>establecimiento</b> y hay de <b>encaminamiento</b> .	<b>No</b> hay fase de <b>establecimiento</b> , pero hay encaminamiento.
<b>Retardo</b> de transmisión <b>determinístico</b> , depende de la distancia entre extremos.	<b>Retardo</b> de transmisión <b>aleatorio</b> , depende de distancia entre extremos, de congestión y de prioridades.	<b>Retardo</b> de transmisión <b>aleatorio</b> , depende de distancia entre extremos y de congestión.
Canal <b>único</b> y <b>exclusivo</b> para cada comunicación. Tasa de bits <b>constantes</b> .	Canal <b>único</b> y exclusivo para cada comunicación. Control de acceso. Tasas de <b>bits constantes</b> o <b>variables</b> .	Canal <b>compartido</b> según demanda por varias comunicaciones simultáneas. Tasas de bits <b>variables</b> .
Identificación de <b>destino</b> sólo se transmite en fase de <b>establecimiento</b> .	Identificación de <b>Circuito Virtual</b> en cada paquete.	Identificación de <b>destino</b> en cada paquete.
<b>Poca</b> necesidad de <b>almacenamiento</b> en red: sólo para establecimiento.	Capacidad de <b>almacenamiento</b> en cada nodo y relativamente grande.	Capacidad de <b>almacenamiento</b> en cada nodo y relativamente grande.
Ante congestión, incremento de probabilidad de bloqueo/rechazo.	Ante <b>congestión</b> , aumentan largos medios de las <b>colas</b> en cada nodo y así <b>retardos</b> .	Ante <b>congestión</b> , aumentan largos medios de las <b>colas</b> en cada nodo y así <b>retardos</b> .
Robustez limitada a algunos encaminamientos alternativos.	Gran <b>flexibilidad</b> de red.	Gran <b>flexibilidad</b> de red.

# Conmutación

TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN DIGITAL DE CIRCUITOS



# Funcionamiento del conmutador



# Funciones del Conmutador

---

---

## **CONCENTRACIÓN:**

M líneas internas del conmutador entre N abonados.

---

## **BORSCHT:**

Conversión y supervisión.

---

## **CONMUTACIÓN**

---

## **CONTROL DE LLAMADAS**

---

## **SEÑALIZACIÓN**

---

## **TARIFICACIÓN**

---



# Funciones BORSCHT

---

## **Battery Feed:**

Proveer corriente a la línea telefónica analógica.

---

## **Overvoltage protection:**

Protección de los componentes frente a descargas.

---

## **Ringin:**

Provee la energía adicional requerida para el *ring* de los teléfonos analógicos.

---

## **Supervisión:**

De los estados de la línea (On-Hook/Off-Hook).

---

## **Codificación y decodificación:**

Conversión digital / analógica del audio.

---

## **Hybrid:**

Pasaje de 2 hilos a 4 hilos: convierte flujo bidireccional en dos unidireccionales de sentidos opuestos.

---

## **Test:**

De la circuitería y de la línea analógica.

---

# Transmisión entre Centrales – TDM

---

TDM: Multiplexación por División en el Tiempo.

---

Método para transmitir múltiples señales por un mismo medio físico utilizando sólo una fracción del tiempo para la transmisión de cada una.

---

Idea: aprovechar las características de la señal digital para transmitir varios canales de voz por el mismo medio físico.

---

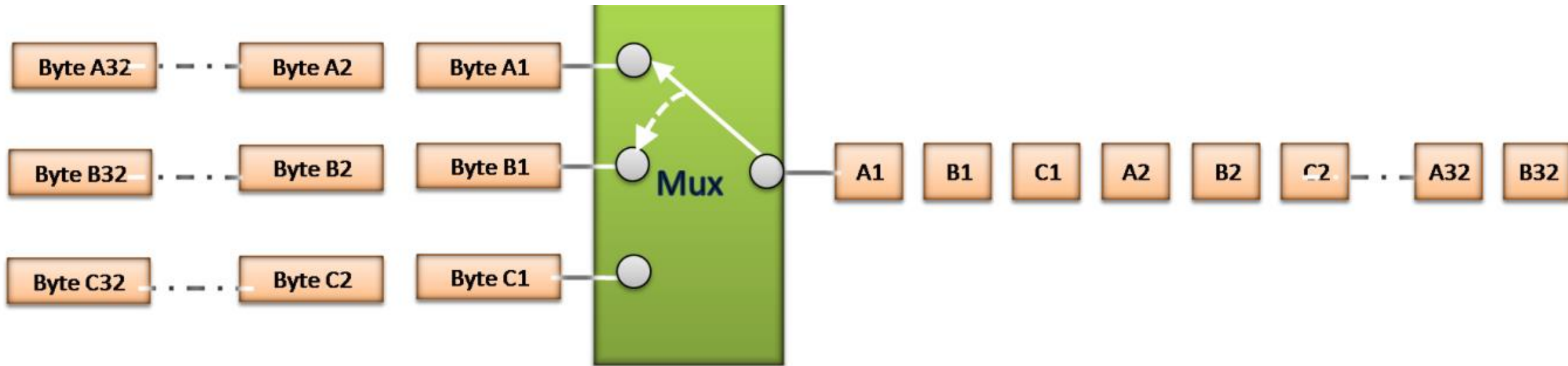
Es la base de los sistemas de conmutación de circuitos.

---

TDM aprovecha el tiempo libre entre diferentes pulsos de una señal muestreada para incluir los correspondientes a otra.

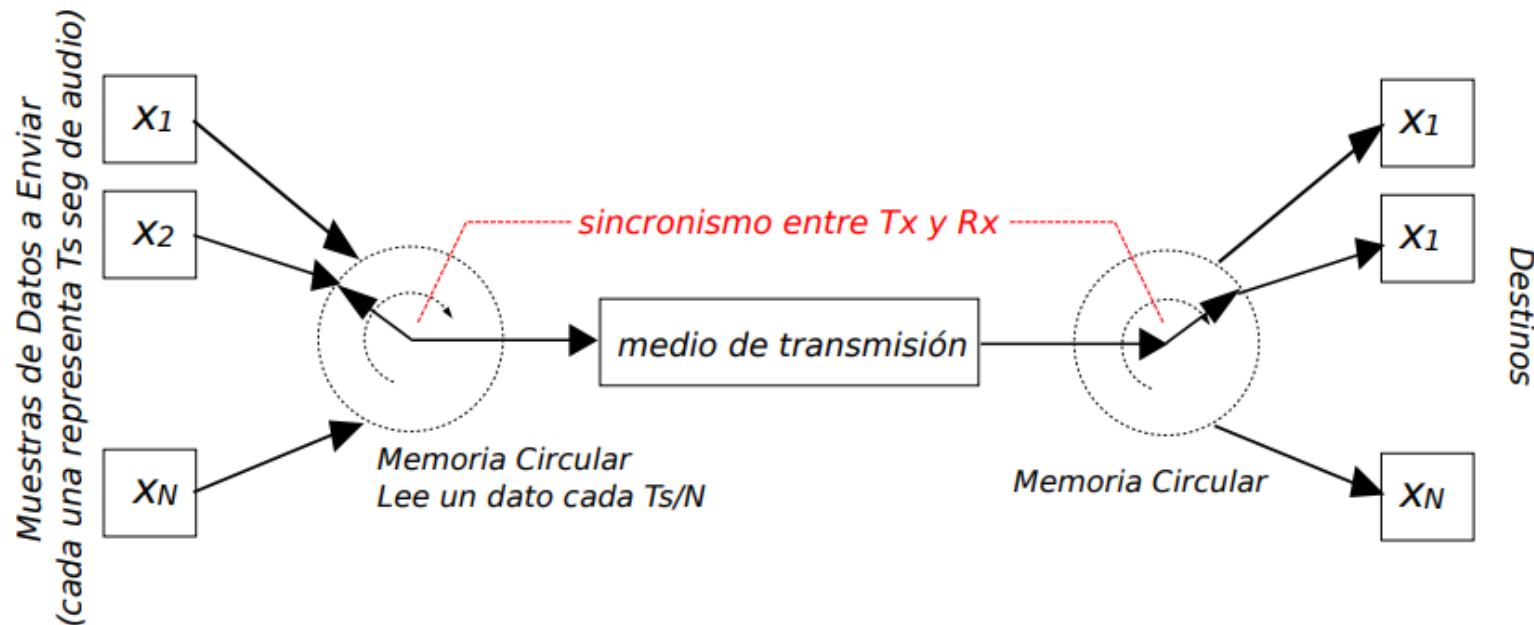
# Transmisión entre Centrales – TDM

- TDM se usa para multiplexar diferentes canales de voz en un único canal de mayor velocidad
- El dominio del tiempo se divide en diferentes Timeslots de duración fija, uno para cada canal
- Una trama (frame) TDM consiste en un timeslot por cada canal



# Transmisión entre Centrales – TDM

- Ejemplo G.711.
- G.711 toma una muestra de voz cada 8 bits, cada intervalos fijos de 125 us que reciben nombre de Tiempo de Símbolo ( $T_s$ ).
- Para multiplexar N llamadas simultáneas con TDM se toman las N muestras de 8 bits en el último  $T_s$  y se transmiten en orden durante el siguiente  $T_s$ , con tasa de bits de al menos  $8N/T_s$ . Se forma así una trama.
- Una vez que se enviaron todas las muestras se envían las del siguiente  $T_s$ .
- Se necesita sincronismo entre transmisor y receptor.



# Jerarquías PCM – E0

---

El sistema PCM establece esquemas TDM.

---

E0: PCM de orden cero (E0, T0, DS0). Jerarquía más baja.  
Es lo que corresponde a una llamada de 64 kbps (unidireccionales).

---

Definido en ITU-T G.708.

---

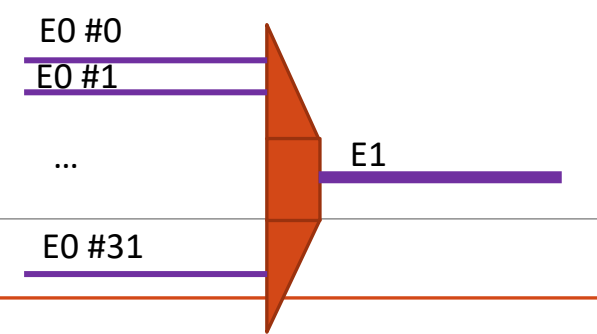
1 muestra de voz son 8 bits y frecuencia de muestreo de 8 kHz.  
Esto da  $8 \times 8 = 64$  kbps con tiempo de símbolo  $T_s = 1/8\text{kHz} = 125$  us.

---

Sólo BORSCHT y los terminales ISDN trabajan con DS0, señalización de 64 kbps.

---

# Jerarquías PCM – E1



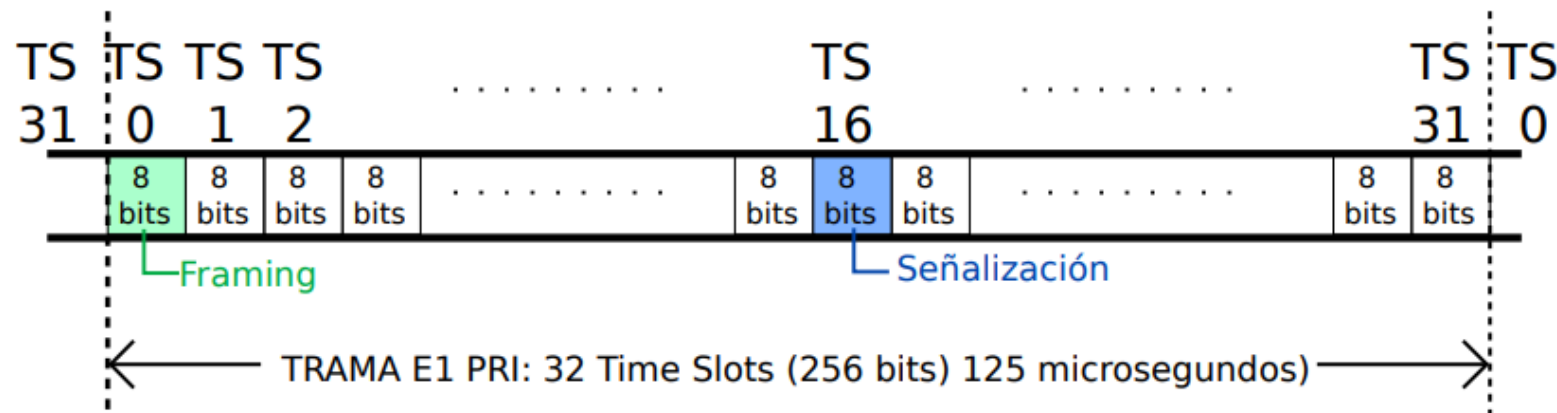
E1: PCM de primer orden.

E1 multiplexa en una trama estructurada de bits.

32 Time Slots (TS): 30 señales de voz y 2 para sincronismo y control.

32 x 64 kbps = 2048 kbps (2 Mbps). Son 256 bits en 125 us.

La trama se divide en 32 time slots.



# Jerarquías PCM – E1

---

**TS0:** Alineamiento de trama. Para sincronizar el transmisor con el receptor y para control de integridad. Se envían alternativamente:

---

OCTETO A: sincronismo de trama N0011011 (N: uso nacional).

OCTETO B: Control C1Axxxxx (C: CRC-4, A: alarma, x: don't care).

---

En consecuencia, tanto el sincronismo como el control llegan cada 64 TS; con una cadencia de 4 kHz.

---

**TS16:** Históricamente se usaba para señalización pero actualmente se usa para aplicaciones de usuario.

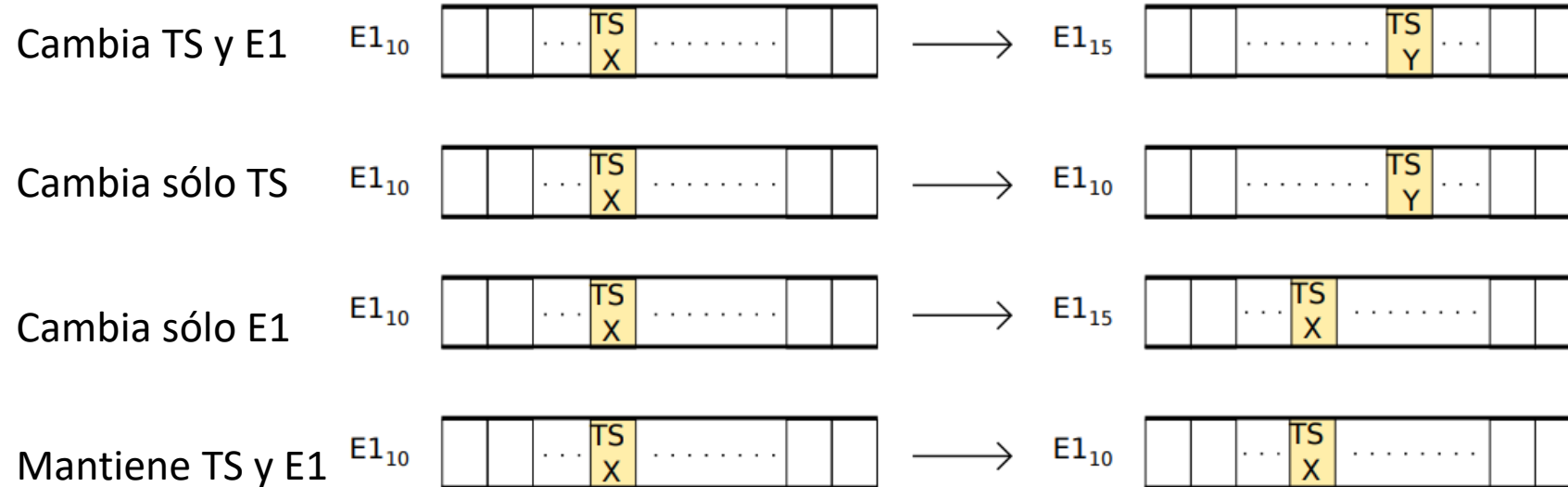
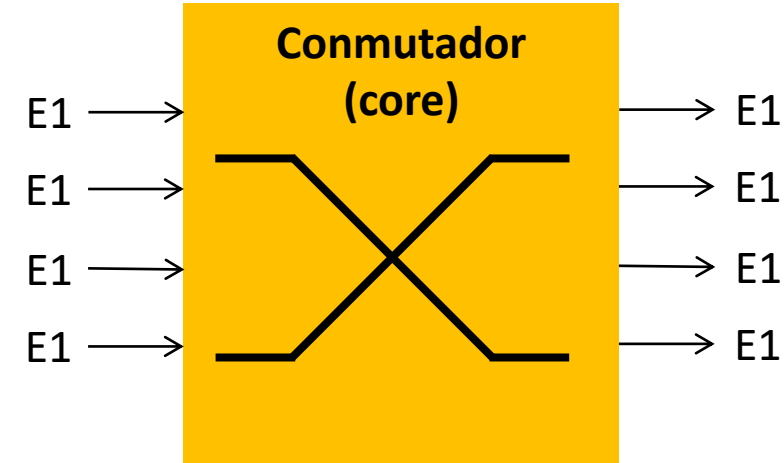
---

El sistema PCM (PDH) define tramas desde E0 hasta E4.

---

# Técnicas de conmutación

- En conmutación digital de circuitos un conmutador toma 1 TS de una trama E1 y lo pasa a otro TS de otra o la misma E1.
- Hay 4 posibilidades:





# Técnicas de conmutación

---

---

**CONMUTACIÓN TEMPORAL (T):** Se permutan TS dentro de una misma trama.

---

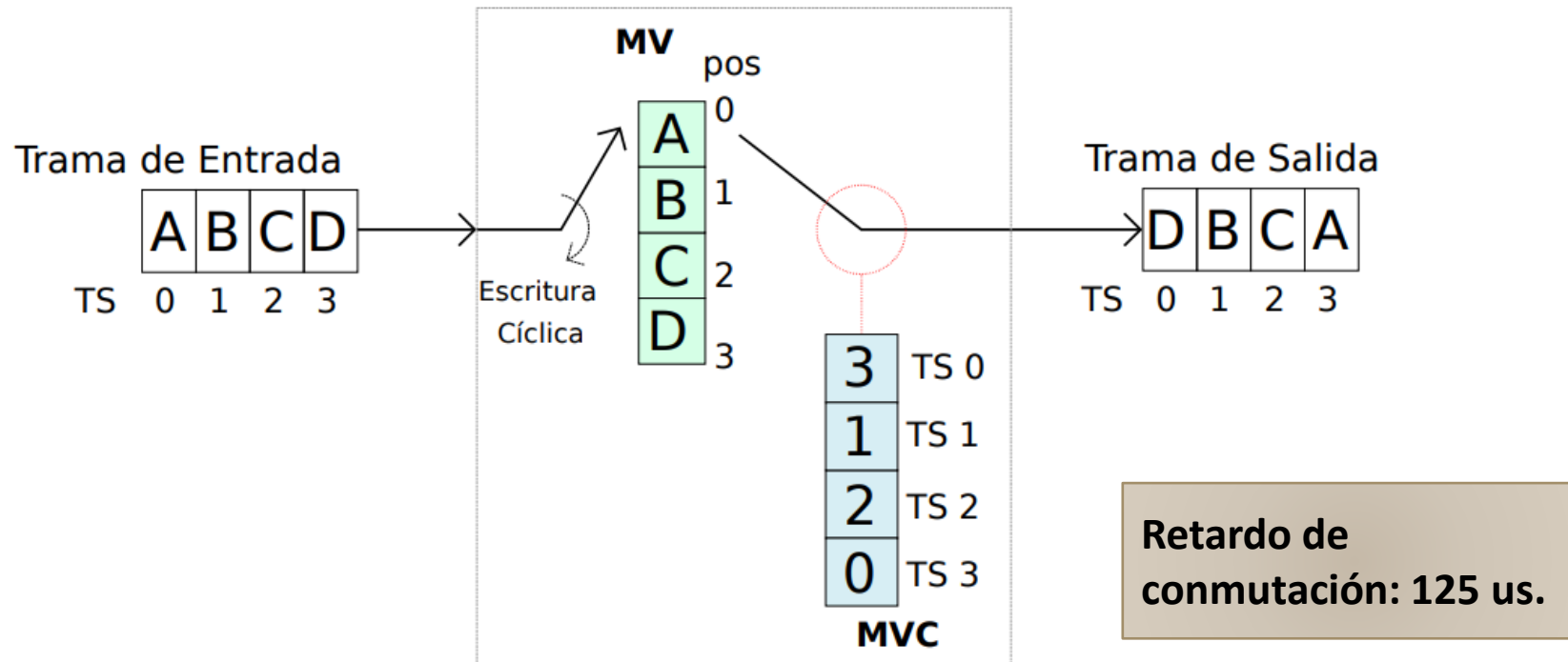
**CONMUTACIÓN ESPACIAL (S):** Se permutan las tramas y se dejan fijos los TS.

---

Los conmutadores implementan combinaciones de ambas técnicas (TST, TSST, etc.).

# Conmutación Temporal

Se permutan TS dentro de la misma trama según instrucción de la memoria de control vocal (MVC).



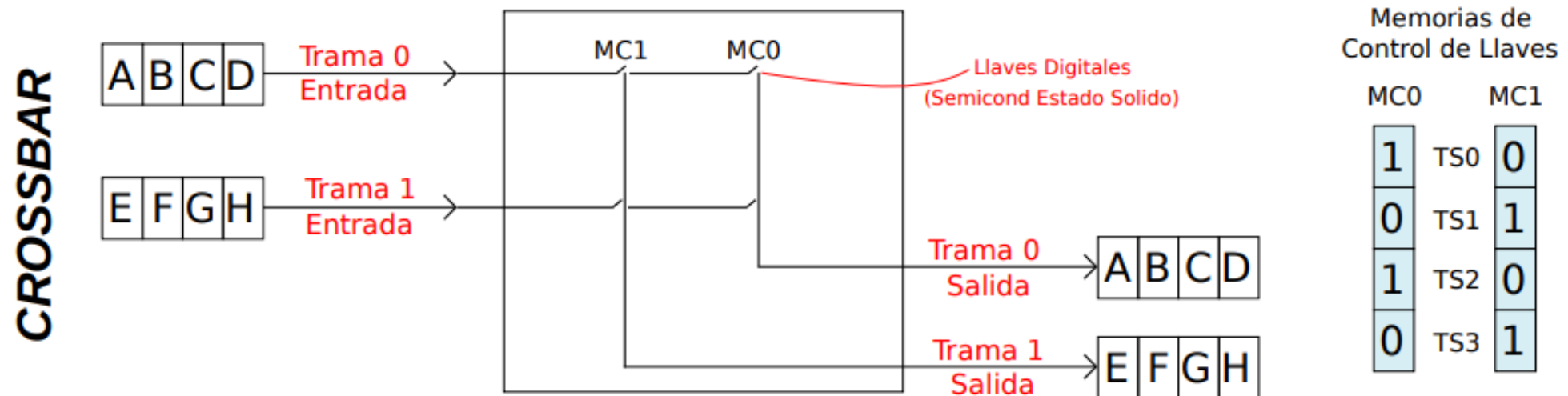
- Memoria Vocal (MV): Buffer de entrada de datos.
- Memoria de Control Vocal (MVC): Tiene la información del orden de lectura de la MV para escribir la trama de salida. Un mecanismo de control, programa la MVC a partir del ruteo de la llamada.

# Conmutación Espacial Digital

Se permutan tramas entre sí, manteniendo TS.

Se implementa una memoria de control (MC) que comanda los cambios en una matriz de llaves digitales en cada TS.

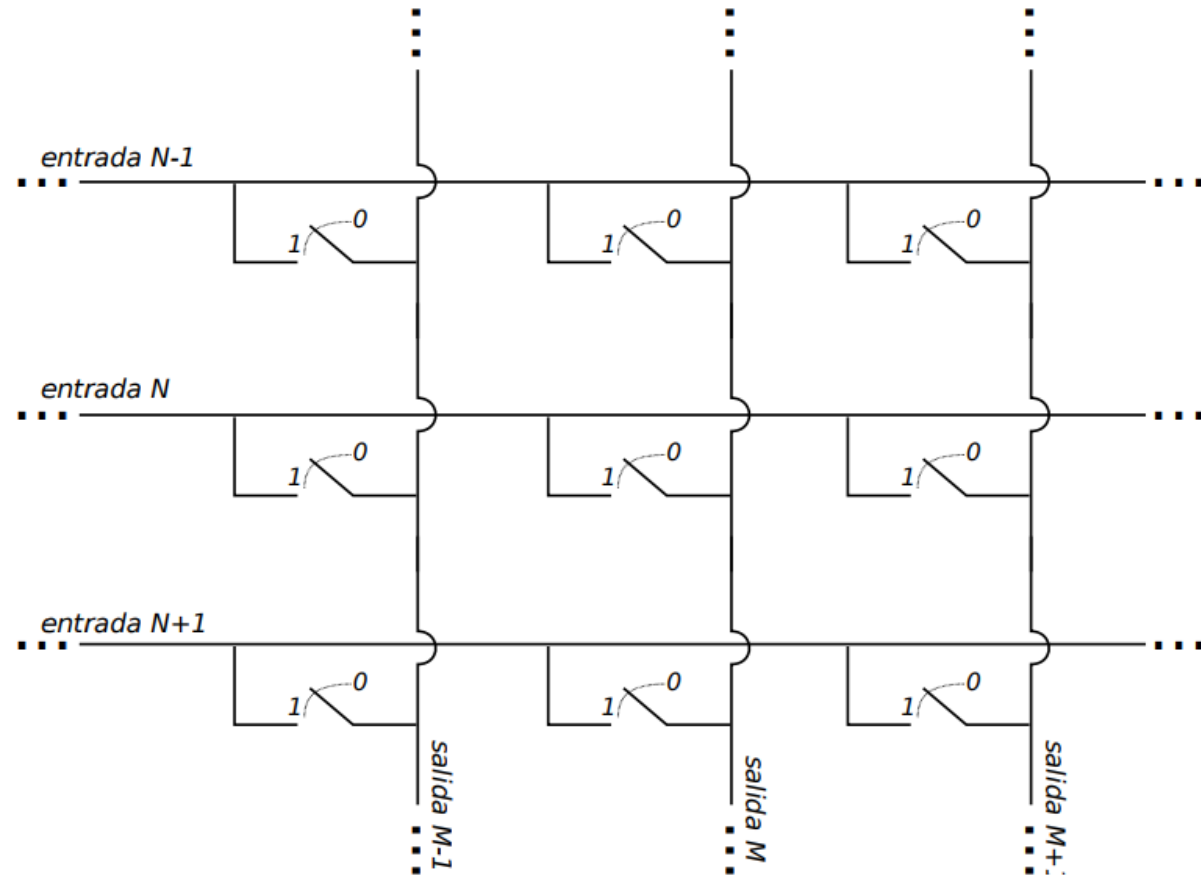
Un mecanismo de control, programa la MC a partir de ruteo de la llamada.



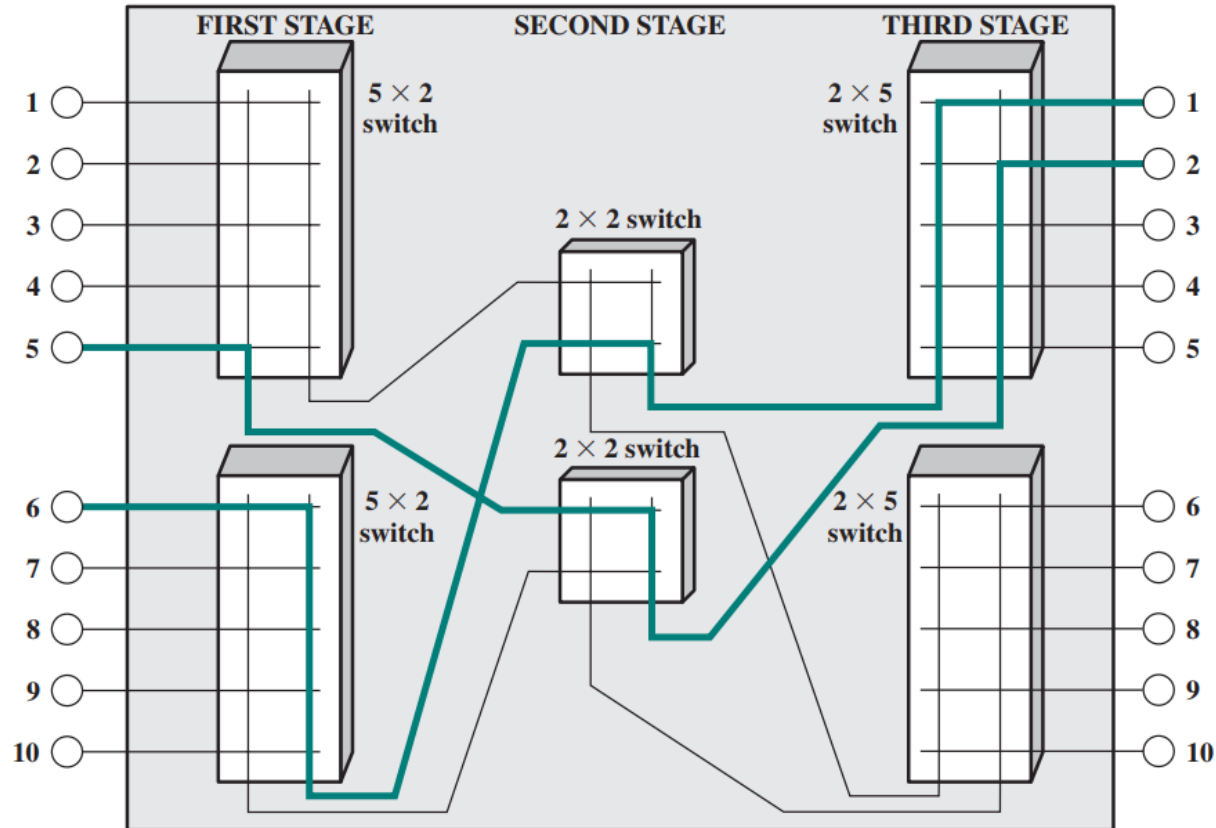
# Conmutación Espacial Digital

Llave: tiene una entrada, una salida y una compuerta de control cerrada o abierta.

- Durante un mismo TS no pueden haber dos o más llaves cerradas en la misma línea de salida.
- Escalabilidad y costo: la cantidad de llaves crece cuadráticamente con la cantidad de entradas.
- Errores de control o de funcionamiento en las llaves pueden llegar a perder conexiones (probabilidad bloqueo interno).
- Ineficiente: se usan muy pocas llaves en cada intervalo.



# Conmutación en Etapas

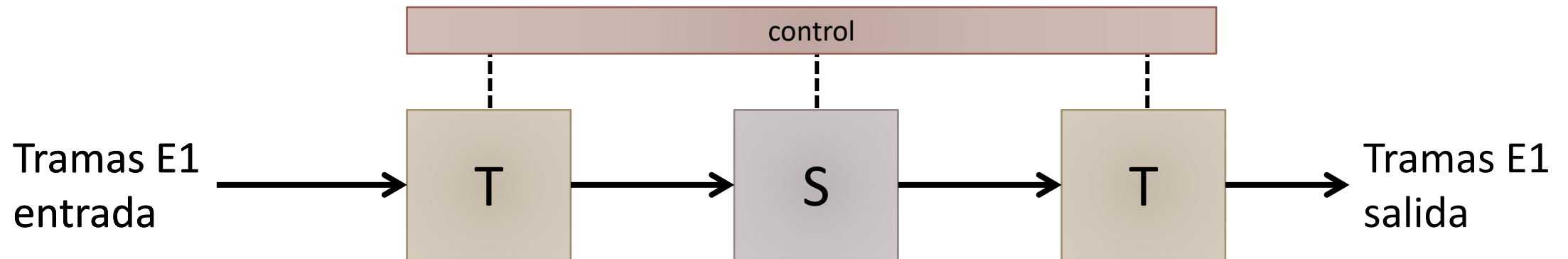


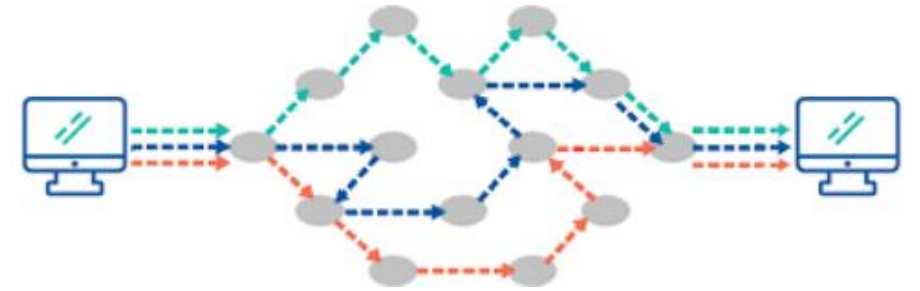
- Misma lógica de conmutación de llaves entre los endpoints en cada time slot
- **Agregar etapas reduce la cantidad de crosspoints**
- **Admite más de un camino para unir dos endpoints**
- Requiere un esquema de control más complejo
- Introduce la posibilidad de bloqueo

# Conmutador TST

---

- Entran y salen el mismo número de tramas.
- Este esquema permite todas las combinaciones de entrada / salida posibles sin bloqueo.
- Preferible por sobre STS al tener menor costo. Tamaño de S crece con cuadrado de entradas.





# Conmutación

---

TÉCNICAS DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

# Conmutación de Paquetes

---

Cada paquete tiene en su encabezado identificación para su encaminamiento: CV al que pertenece o dirección de destino.

---

El conmutador mantiene tablas que le permiten determinar la interfaz de salida y modificaciones a realizar en el encabezado, a partir del encabezado original.

---

También pueden considerar algunas otras variables, como la interfaz de entrada del paquete.

---

La conmutación de paquetes sucede en distintas capas. Se pueden encapsular paquetes dentro de otros paquetes, con su propio esquema de conmutación. Esto da lugar a redes virtuales *overlays*.



# Conmutación de Paquetes

---

Requiere **buffers** de memoria de tamaño suficiente para almacenar los paquetes en **tránsito**.

---

Requiere un **dimensionamiento** apropiado de la **capacidad** de sus **interfaces**, ya que típicamente algunos enlaces sirven para concentrar a otros de menor capacidad.

---

Si la concentración puede superar la capacidad del enlace, las colas de paquetes se llenan más rápido de lo que pueden vaciarse y el sistema no puede sostenerse en el tiempo y comenzará a **perder paquetes**.

# Conmutación de Paquetes

---

El conmutador introduce retardos aleatorios dados por determinación de la interfaz de salida y el encolamiento de paquetes.

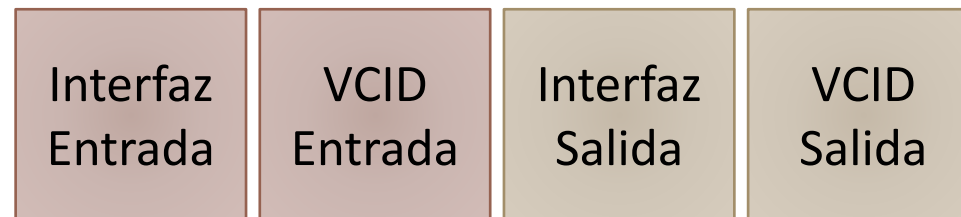
*Wire speed*: los conmutadores de gran porte tienen una arquitectura interna y hardware especializado (ASIC; Application-Specific Integrated Circuit) que le permiten conmutar paquetes entre sus interfaces con un retardo del mismo orden que el de transmitir por el medio físico.

Existen conmutadores 100% software, en general con más limitaciones que el tráfico que pueden que soportar.

# Conmutación de Paquetes en CV

---

- Establecimiento de una conexión lógica. Puede ser mediante paquetes de control o pre-establecida.
- El CV no es un camino físico dedicado, sigue siendo compartido aunque se reservan recursos.
- Sigue siendo *store & forward*.
- Los paquetes tienen identificador del circuito virtual (CVID) para que el conmutador determine interfaz / cola de salida.
- Los VCID tienen validez local a la interfaz.
- Los nodos de la red guardan tablas con formato:



# Conmutación de Paquetes en CV

---

---

Los paquetes llegan ordenados a su destino.

---

Encaminamiento por **conexión**, no por paquete. Menos decisiones para tomar.

---

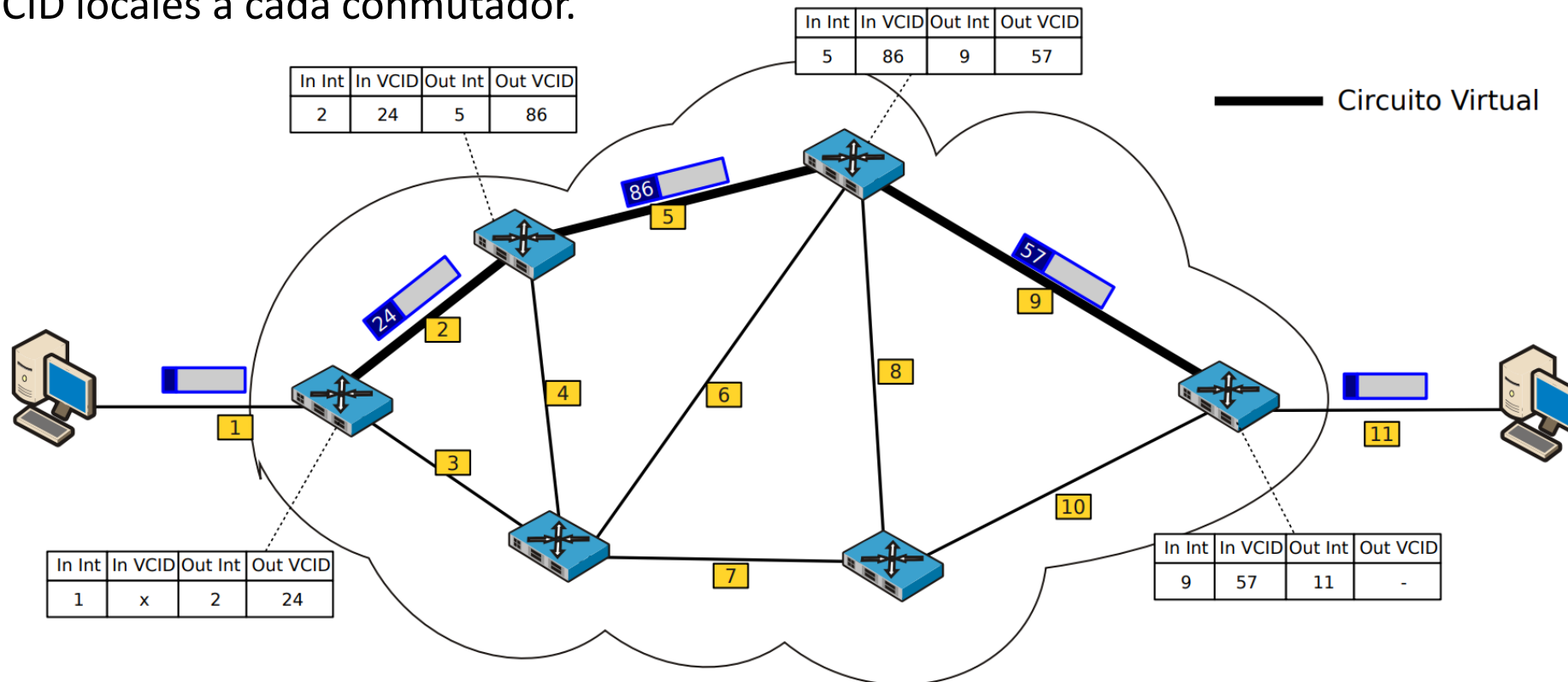
Las decisiones se toman al inicio, durante el establecimiento.

---

Confiabilidad: los protocolos de CV incluyen mecanismos de acknowledge, control de flujo y control de errores. Pueden informar problemas a capas superiores.

# Conmutación de Paquetes en CV

- Tablas de encaminamiento según VCID (por conexión).
- Menor tiempo de procesamiento para encaminar.
- Establecimiento de conexión.
- VCID locales a cada conmutador.



# Conmutación de Paquetes en Datagramas

---

Los paquetes se procesan de forma independiente. Cada uno tiene su propio encabezado con direcciones origen y destino.

---

Son fragmentos pertenecientes a un mismo mensaje y pueden seguir caminos diferentes.

---

Pueden llegar desordenados a su destino y por tanto deben ser **re-ordenados**.

---

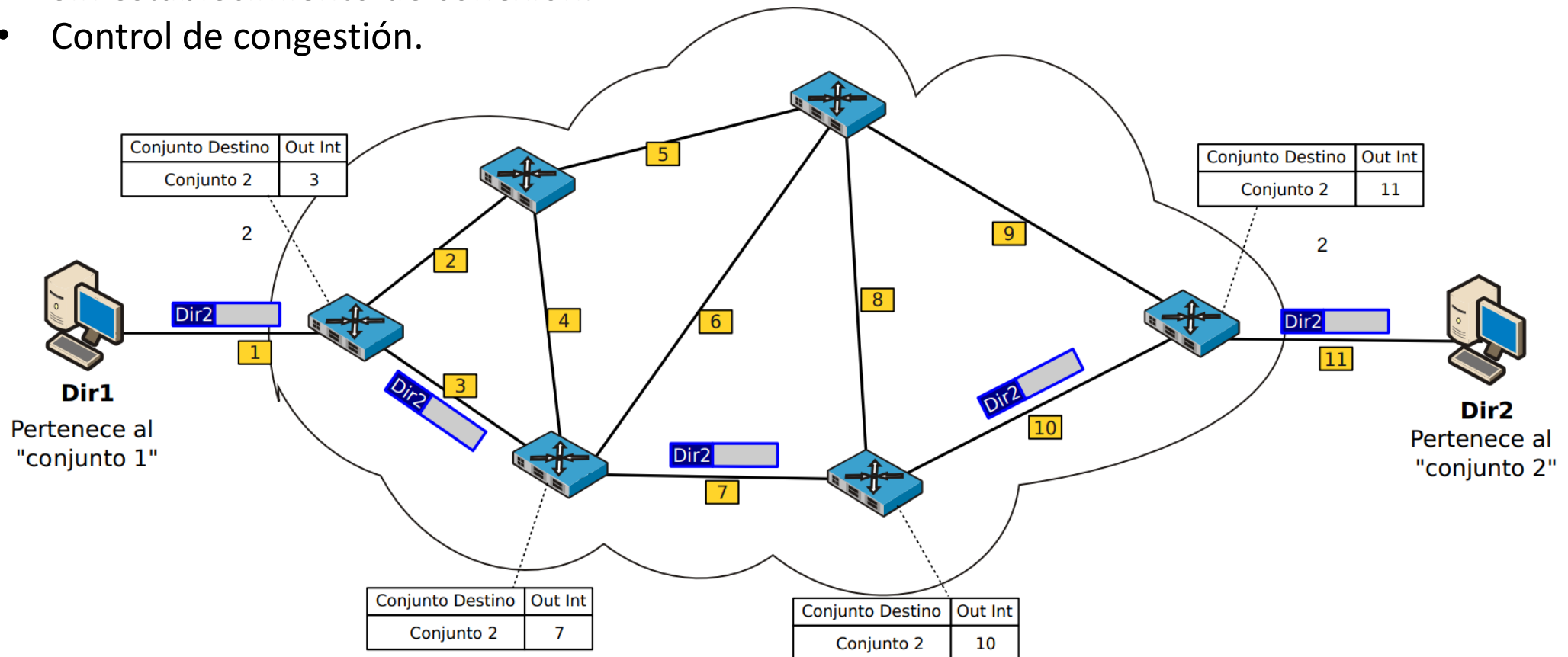
La tarea de encaminamiento deben realizarse tantas veces como paquetes forme un mensaje.

---

Cada conmutador decide interfaz de salida, cambios en encabezado, y orden de salida de los paquetes.

# Conmutación de Paquetes en Datagramas

- Tablas de encaminamiento según destino.
- Mayor tiempo de procesamiento para encaminar.
- Sin establecimiento de conexión.
- Control de congestión.



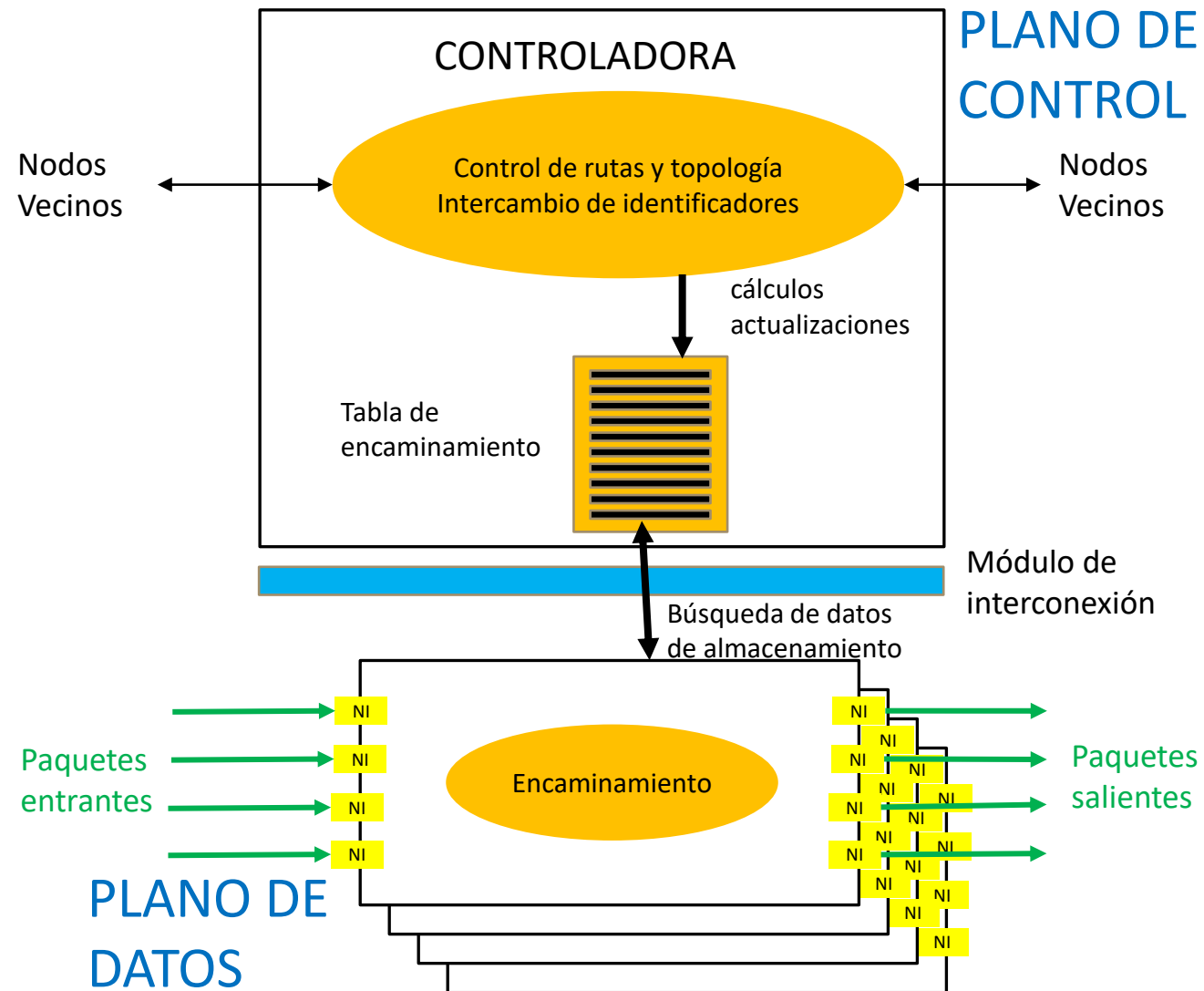
# Conmutador de Paquetes

---

- **Componentes básicos:**
  - Procesador Central o Controladora.
  - Interfaces de red (NI).
  - Line Card: lleva las NI.
  - Módulo de interconexión.
- **Funciones básicas:**
  - **Plano de Control:** ejecutar protocolos y algoritmos de ruteo / conmutación (por ej. OSPF BGP LDP), cálculo de caminos, mantenimiento de tablas, etc.
  - **Plano de Datos:** encaminamiento de paquetes de interfaz entrante a interfaz saliente.



# Conmutador de Paquetes



## MÓDULO DE INTERCONEXIÓN

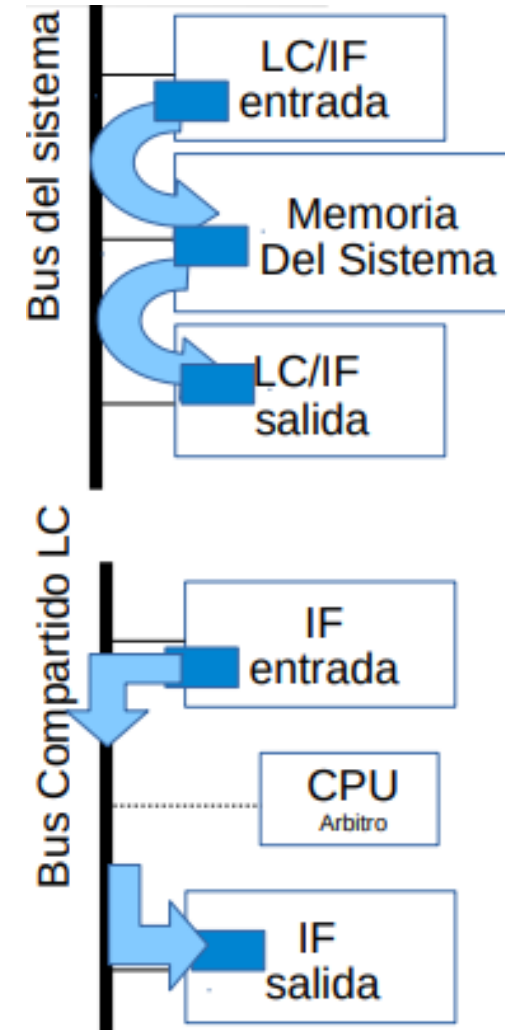
- Transfiere paquetes entre las LC de ingreso y egreso apropiadas.
- Tasa de Conmutación (SR; Switching Rate): tasa máxima de transmisión de paquetes desde las entradas a las salidas.

## LINE CARD

- Encaminamiento y procesamiento de paquetes.
- Puede almacenar tablas temporal y parcialmente.

# Conmutador de Paquetes

- **1a Gen: Conmutación vía memoria**
  - Arquitectura tradicional de computadoras.
  - CPU que procesa todos los paquetes.
  - SR limitada por ancho de banda de la memoria.
  - Ineficiente: cada pckt debe pasar por bus al menos dos veces.
- **2a Gen: Conmutación con bus dedicado**
  - Usa un bus compartido por todas las LC.
  - CPU central controla el acceso al bus; no procesa paquetes.
  - Cada LC decide si el paquete debe ser enviado.
  - SR limitada por ancho de banda de bus que debe ser al menos N veces más rápido que las LC.

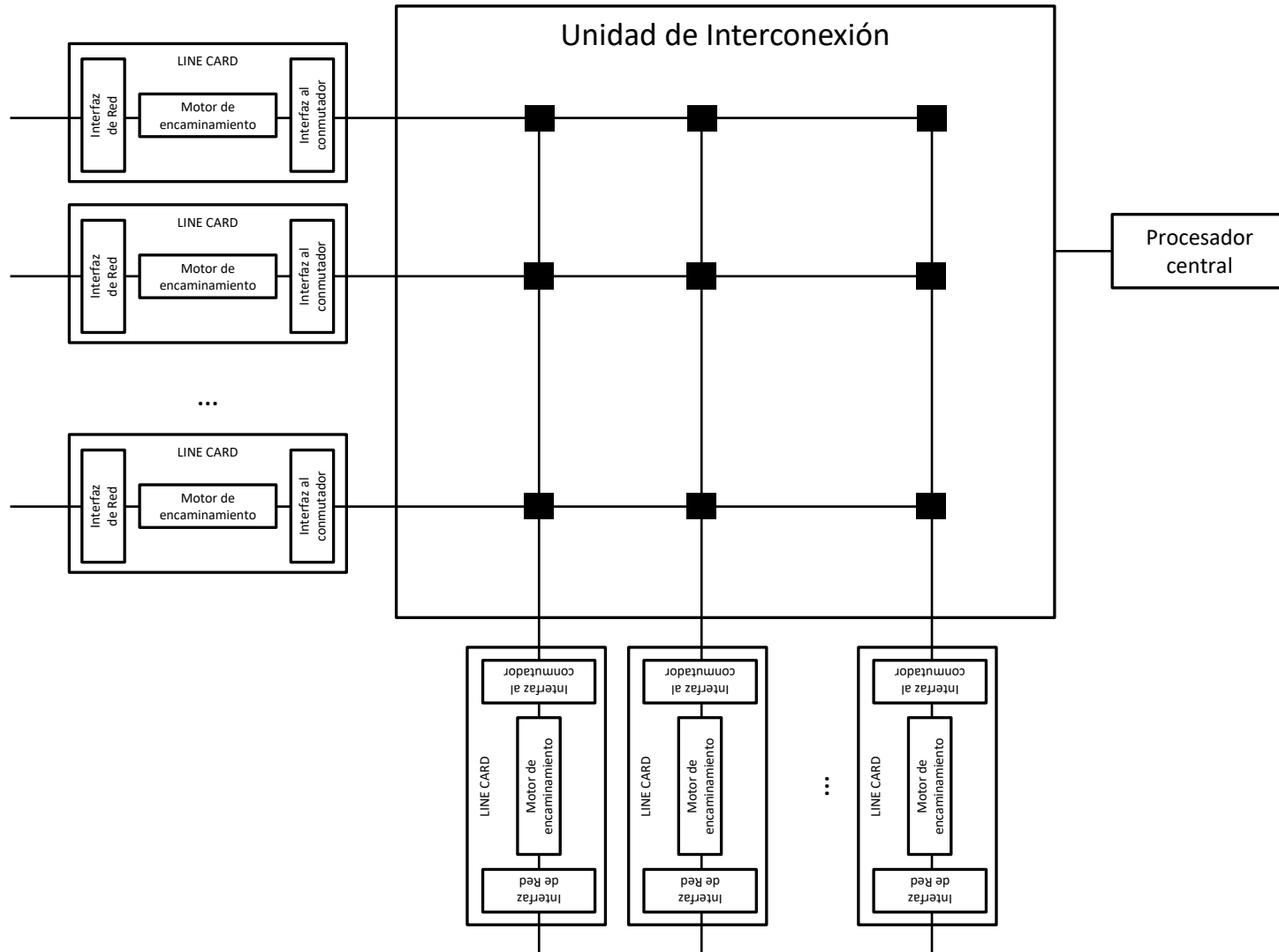


# Conmutador por Red de Interconexión

---

- **3a Gen: Red de Interconexión (Switch Fabric)**
  - No tiene las limitaciones de SR de los diseños anteriores
  - Redes de interconexión originalmente diseñadas para conmutadores espaciales de circuitos y arquitecturas multiprocesador (p. ej.: Crossbar).
  - Durante un breve lapso de tiempo se interconectan directamente la NI de entrada y la de salida
  - Las LC fragmentan los paquetes en unidades de largo fijo (celdas) que se conmutan dentro de la Switch Fabric
  - La Switch fabric transfiere celdas **simultanea y directamente** entre interfaces
  - Distribuye el trabajo: se emplean ASIC para procesamiento y encaminamiento de paquetes en la LC directamente.
  - La mayoría de los paquetes no pasan por el procesador central.

# Conmutador por Red de Interconexión

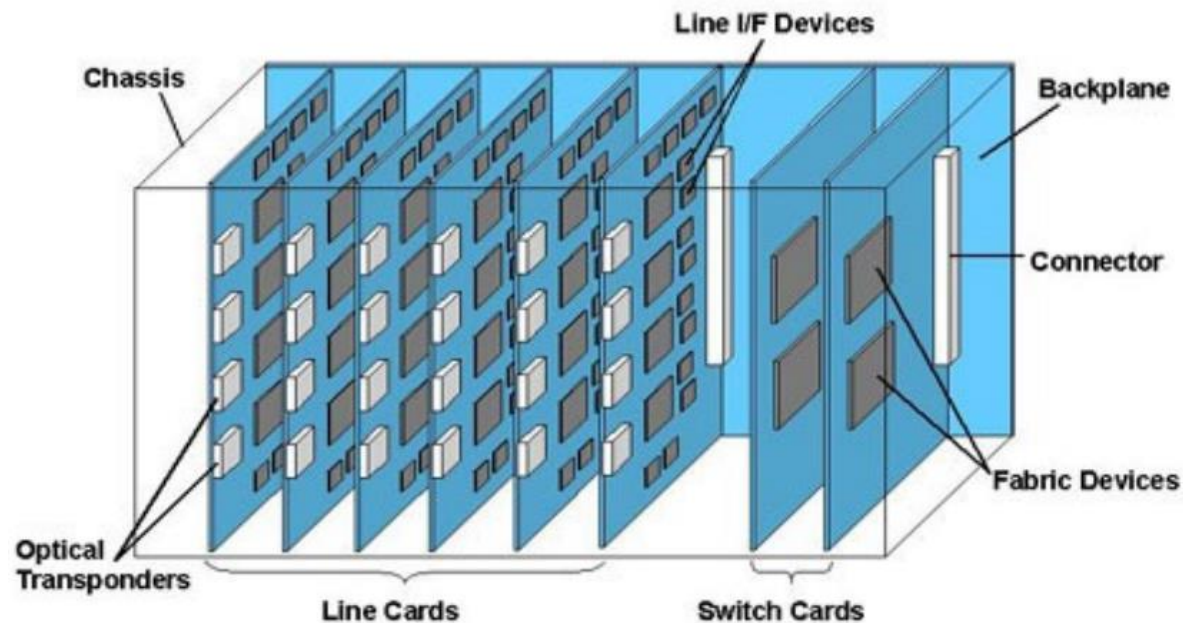


Este tipo de conmutadores se conocen también como Conmutadores Distribuidos o Descentralizados.

Se dice que la conmutación se *distribuye* entre los elementos físicos.

# Line Cards y Switch Cards

- En un conmutador de paquetes actual se tienen múltiples Line Cards y múltiples Switch Cards (SC) que implementan físicamente el módulo de interconexión.
- **Backplane**  
Conjunto de enlaces seriales que dan conectividad punto a punto entre las LC y las SC.



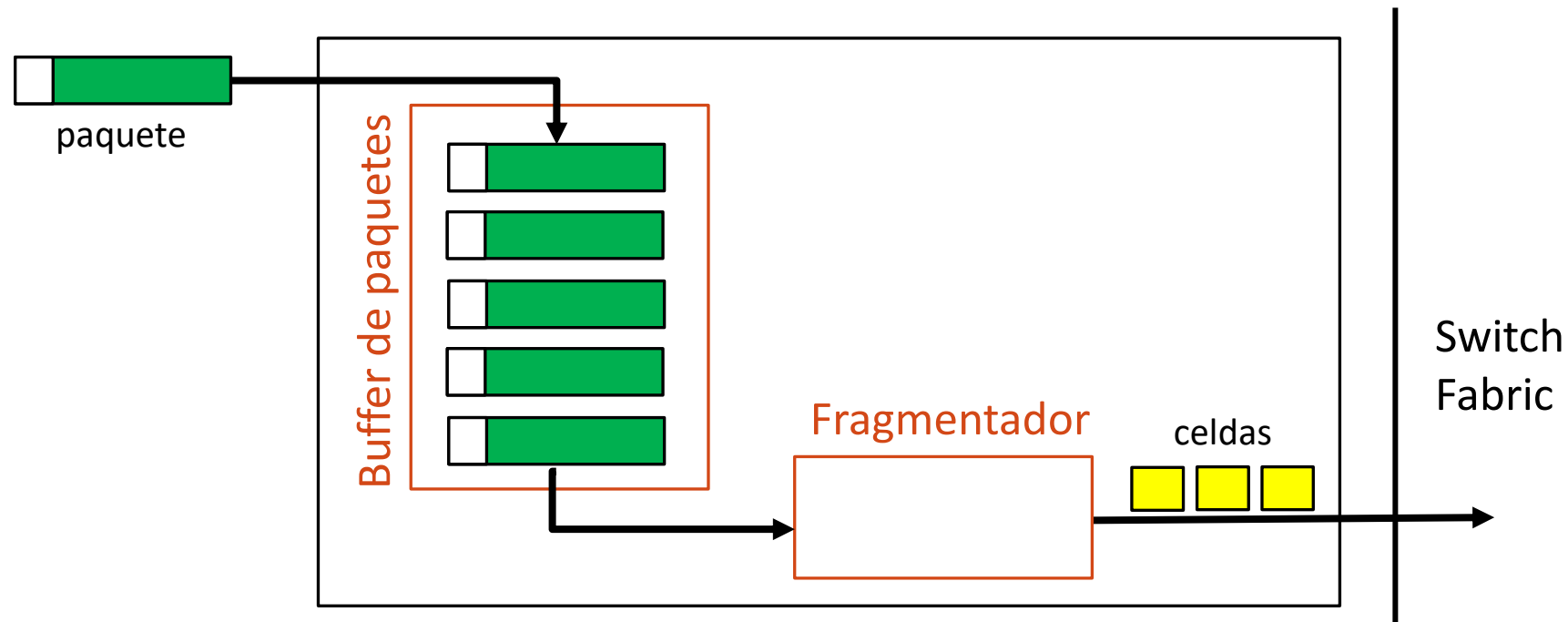
# LCs en Conmutadores Descentralizados

---

- **Tareas de procesamiento de paquetes**
  - Clasificación, encaminamiento, estadísticas, disciplina de encolamiento.
  - Minimiza la carga sobre procesador y módulo de interconexión.
  - Algunas placas hacen conmutación local directa entre sus propias IF.
- **Emplean Application-Specific Integrated Circuit (ASIC)**
  - Son ICs diseñados específicamente para la tarea que harán.
  - Las ASIC no son programables, no se les pueden agregar funcionalidades.
  - Tienen un ciclo de diseño de unos 12-18 meses.
  - Herramientas de desarrollo y de testing costosas.

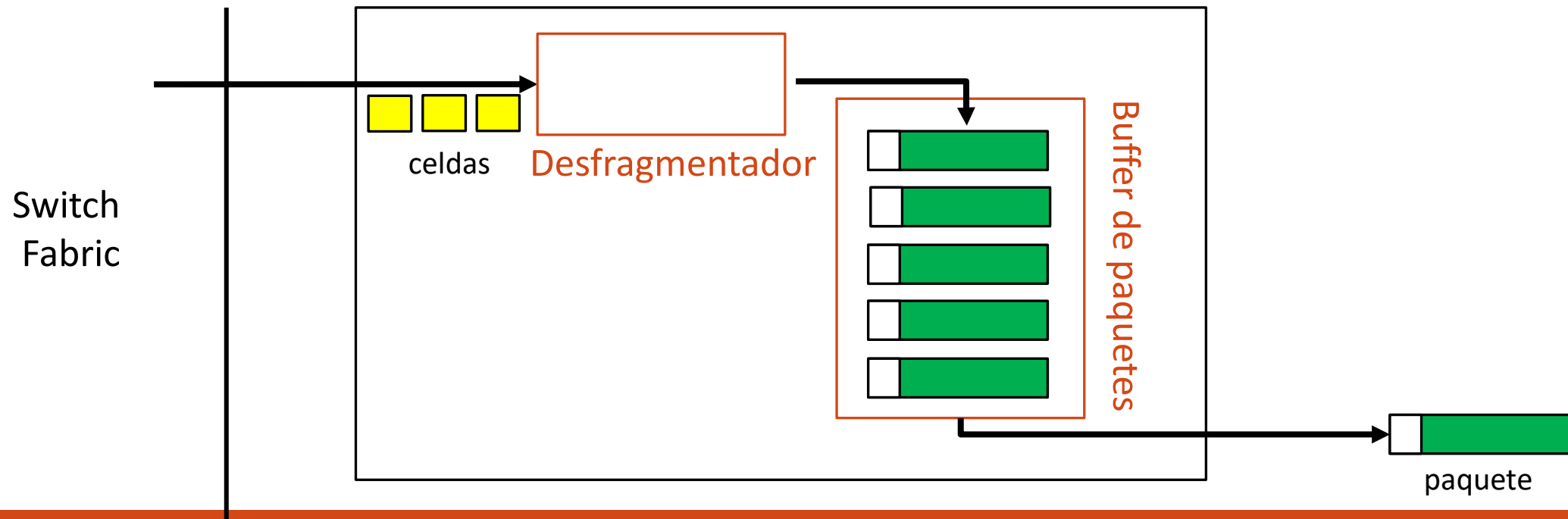
# Conmutadores Descentralizados: Ingreso

- En la LC, dado el destino de un paquete se identifica el puerto de egreso en tabla de encaminamiento de la memoria local de la LC.
- Habrá encolamiento en puerto de ingreso si tasa de arribo supera CR (Capacity Rate) de la switch fabric. Esto aumenta retardo y descarte de paquetes.



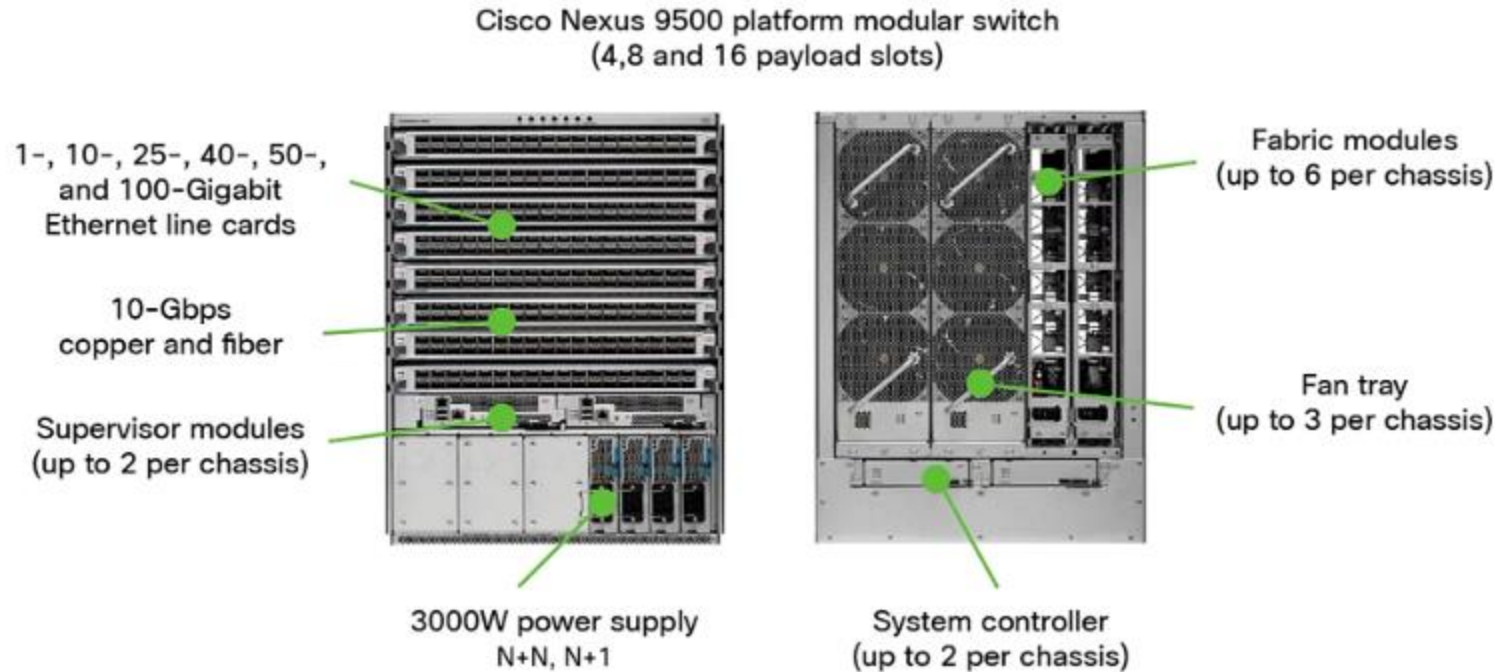
# Conmutadores Descentralizados: Egreso

- Encolamiento cuando los arribos desde la switch fabric son a tasa mayor que la tasa de transmisión del medio.
- Puede elegir cuál paquete del buffer enviar según prioridades (ej. minimizar retardos en algunas comunicaciones).
- En caso de saturación de buffer se tendrá alto retardo y pérdida de paquetes.





# Arquitectura Switch Fabric



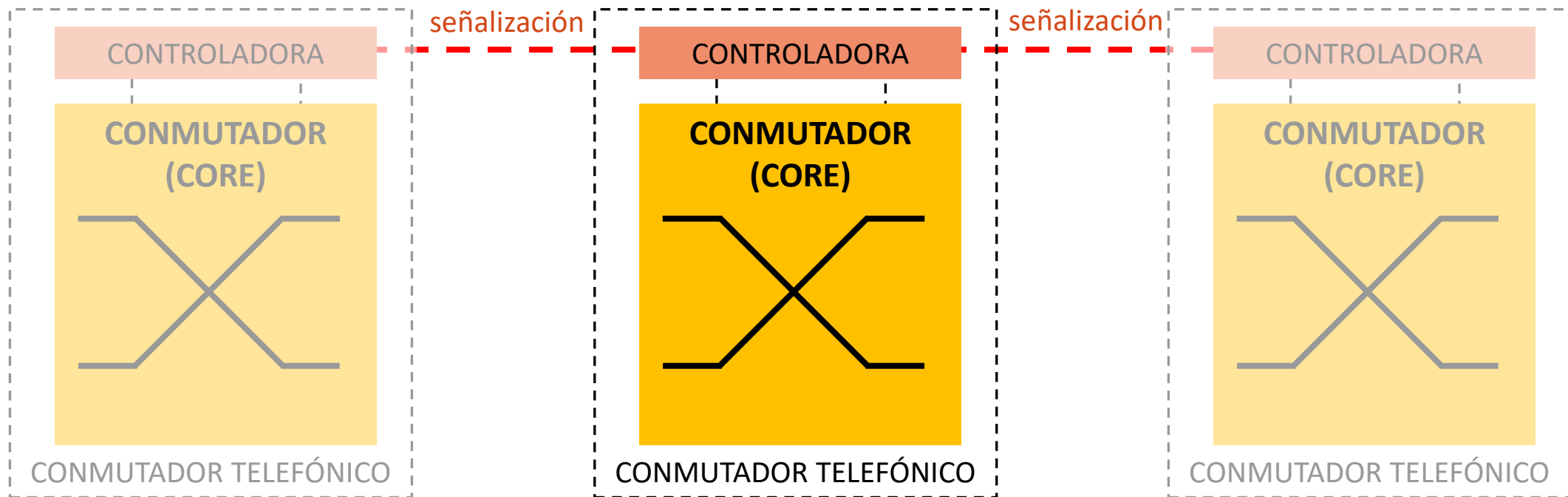
# Conmutación

---

LÓGICA DE CONTROL

# Lógica de Control

- Parte clave del sistema de conmutación (“inteligencia”).
- Gestiona los recursos de los nodos y los troncales.
- Implementa los mecanismos de toma de decisiones.
- Intercambia información con otros nodos.



# Lógica de Control

---

---

## **Centrales telefónicas y nodos ópticos (CS):**

Sistemas operativos en tiempo real.

Disponibilidad 99.999% del tiempo (5' al año).

---

## **Routers / Switches (PS):**

Distintos tipos de sistemas operativos (RT, distribuido, centralizado).

Disponibilidad típicamente menor a 99.999%.

---

## **Posibles dispositivos de I/O:**

Sistemas de supervisión (generan alarmas y métricas).

Interfaces de administrador (GUI, CLI, API). Reconfiguración de servicios, abonados etc

Medios de almacenamiento. Tarificación, info de llamadas, etc.

# Lógica de Control – Tipos de procesamiento

---

## **CENTRALIZADO:**

Procesador central de gran capacidad. Toma todas las decisiones, tiene acceso a todos los recursos y funciones del sistema (SPOF: single Point of failure).

---

## **DISTRIBUIDO:**

Conjunto de procesadores trabajan simultáneamente, cada uno controlando una parte de los recursos y funciones del sistema. Complejo de actualizar y mantener. Sin SPOF. La coordinación puede cargar la red de conmutación.

---

## **SEMI-DISTRIBUIDO:**

Modelo con niveles de jerarquía. Coexisten un procesador central con tareas de mayor complejidad y algunos procesadores regionales distribuidos con tareas de menor nivel.

# Lógica de Control – Redundancia

---

---

## **REDUNDANCIA DE CONTROL:**

Duplicación de funcionalidad lógica. Permite a la red telefónica funcionar sin interrupciones.

---

## **REDUNDANCIA DE ELEMENTOS:**

Duplicación de elementos físicos del nodo: procesadores, matriz de conmutación, elementos de transmisión, etc.

---

Compromiso entre costo y disponibilidad.

# Métodos de Redundancia de Control

---

## **COLD STAND BY:**

Un procesador principal y otro de respaldo que se inicia cuando falla el principal.

---

## **HOT STAND BY:**

Dos procesadores realizando ambos la misma operación pero sólo uno tiene el mando. Un procesador de supervisión compara outputs y decide en caso de discrepancia. No se pierden llamadas. No protege falla de SW.

---

## **BALANCEO DE CARGA:**

Dos procesadores funcionando simultáneamente que se reparten tareas. En caso de falla de uno el otro absorbe sus tareas. Efectivo en caso de fallas de software y hardware.

# Gracias

---