

# Arquitectura de conmutadores

Area de Ingeniería Telemática  
<http://www.tlm.unavarra.es>

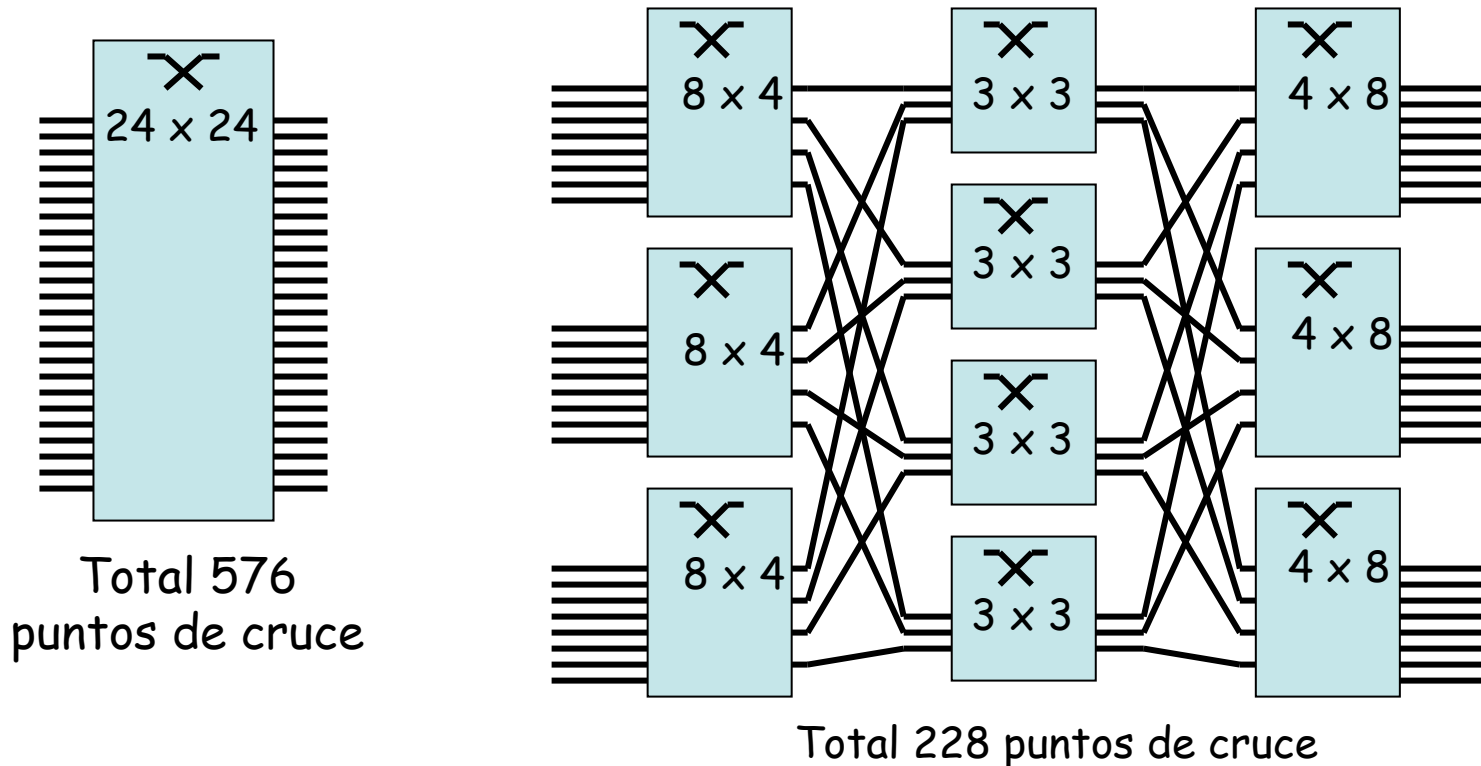
Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios  
3º Ingeniería de Telecomunicación

# Temario

- Introducción
- Arquitecturas, protocolos y estándares
- Conmutación de paquetes
- Conmutación de circuitos
  - Principios básicos
  - **Conmutadores, redes de Clos, T, S, TST...**
  - Prestaciones
- Tecnologías
- Control de acceso al medio en redes de área local
- Servicios de Internet

# Conmutador con etapas (*stages*)

- Diferentes etapas
  - Seleccionamos líneas y las mandamos a conmutadores intermedios
  - Los conmutadores intermedios envían las líneas al bloque de salida deseado
  - Conmutadores más sencillos
  - Más de un camino interno posible (Multiple-Path Switch)

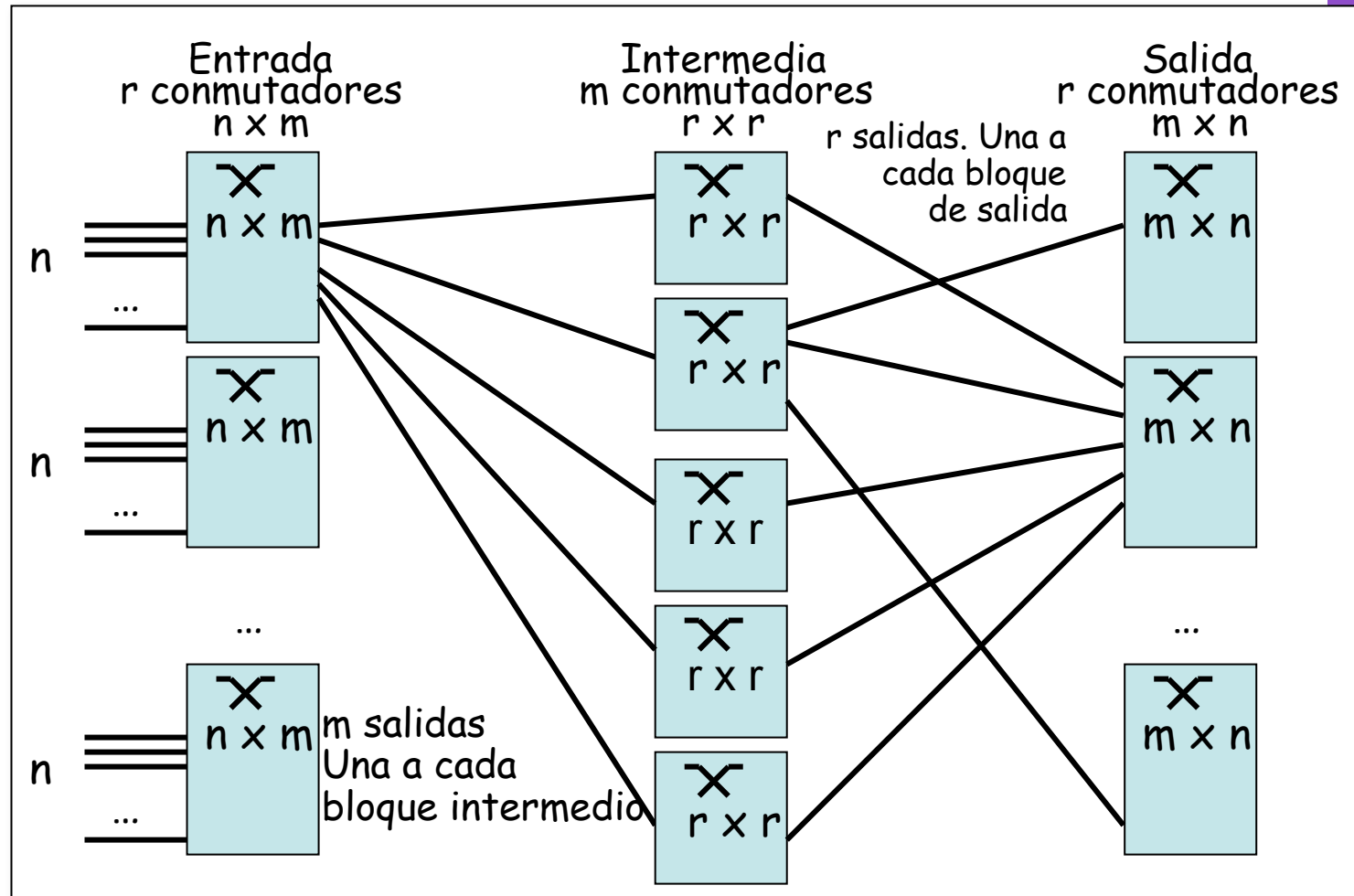
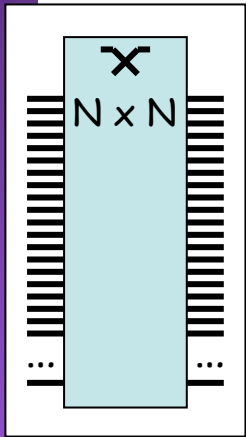


# Crosspoints

$C_1 = N^2$  crosspoints

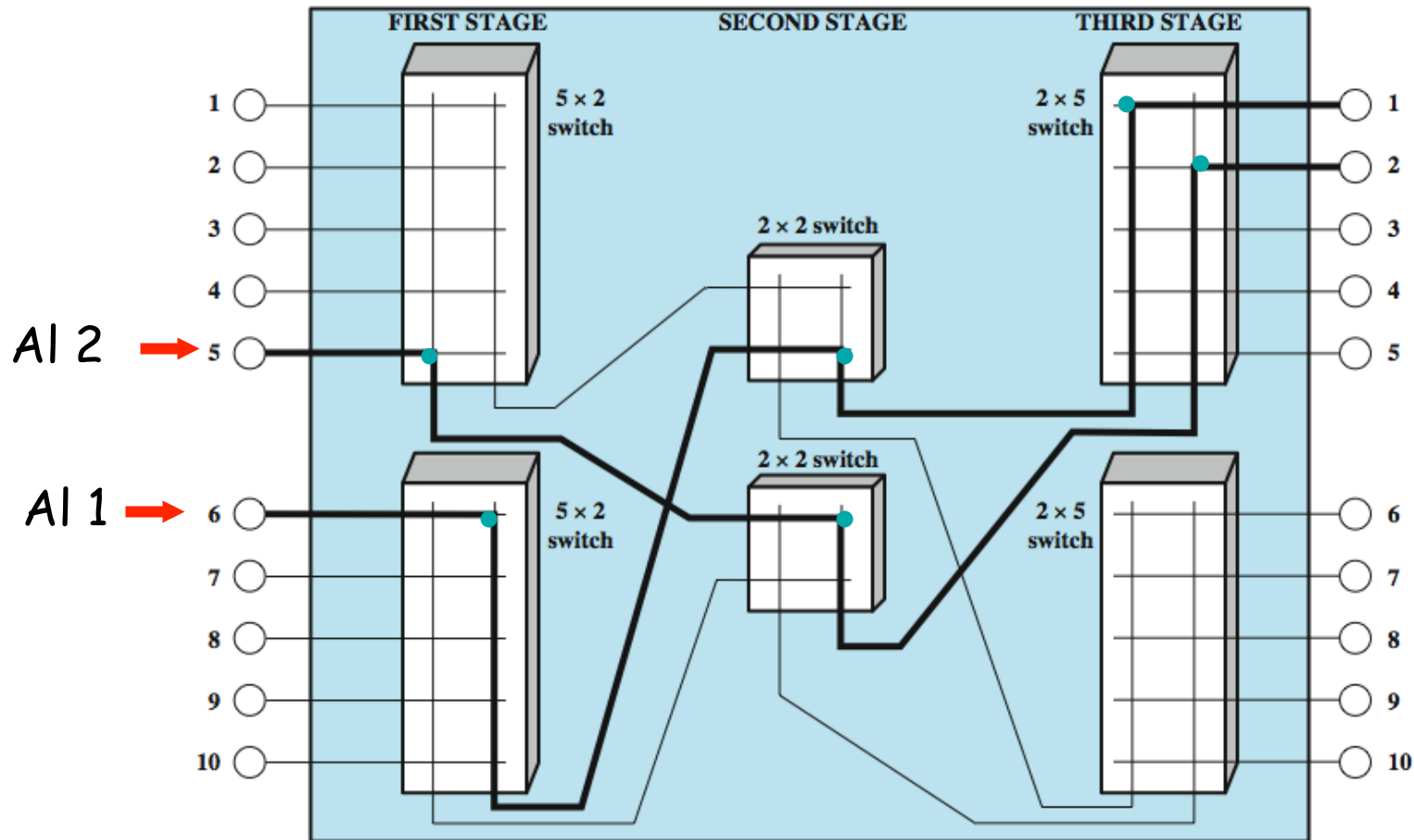
$$C_2 = rnm + mr^2 + rnm = 2rnm + mr^2 = 2 \frac{N}{n} nm + m \left( \frac{N}{n} \right)^2$$

$$r = \frac{N}{n} \quad C_2 = 2Nm + m \left( \frac{N}{n} \right)^2$$



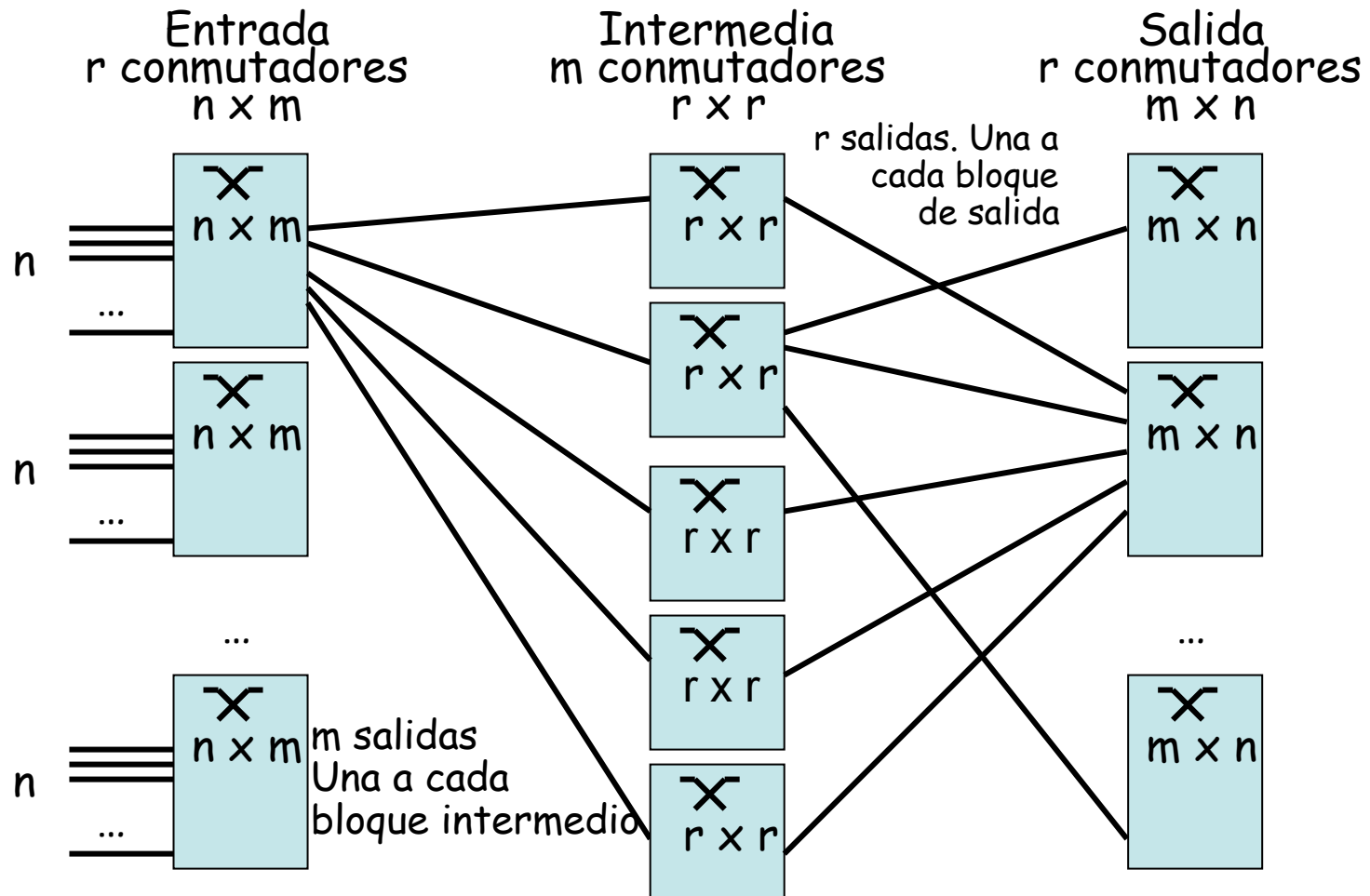
# Conmutador 3 etapas

- (3 stage space division switch SSS)
- ¿ Qué problema tiene este conmutador ?



# Redes de Clos

- ¿ Cuántos conmutadores intermedios  $m$  necesito para que no haya posibilidad de bloqueo interno ?
- Se entiende que al menos  $m \geq n$  (evitar bloqueo de la entrada)

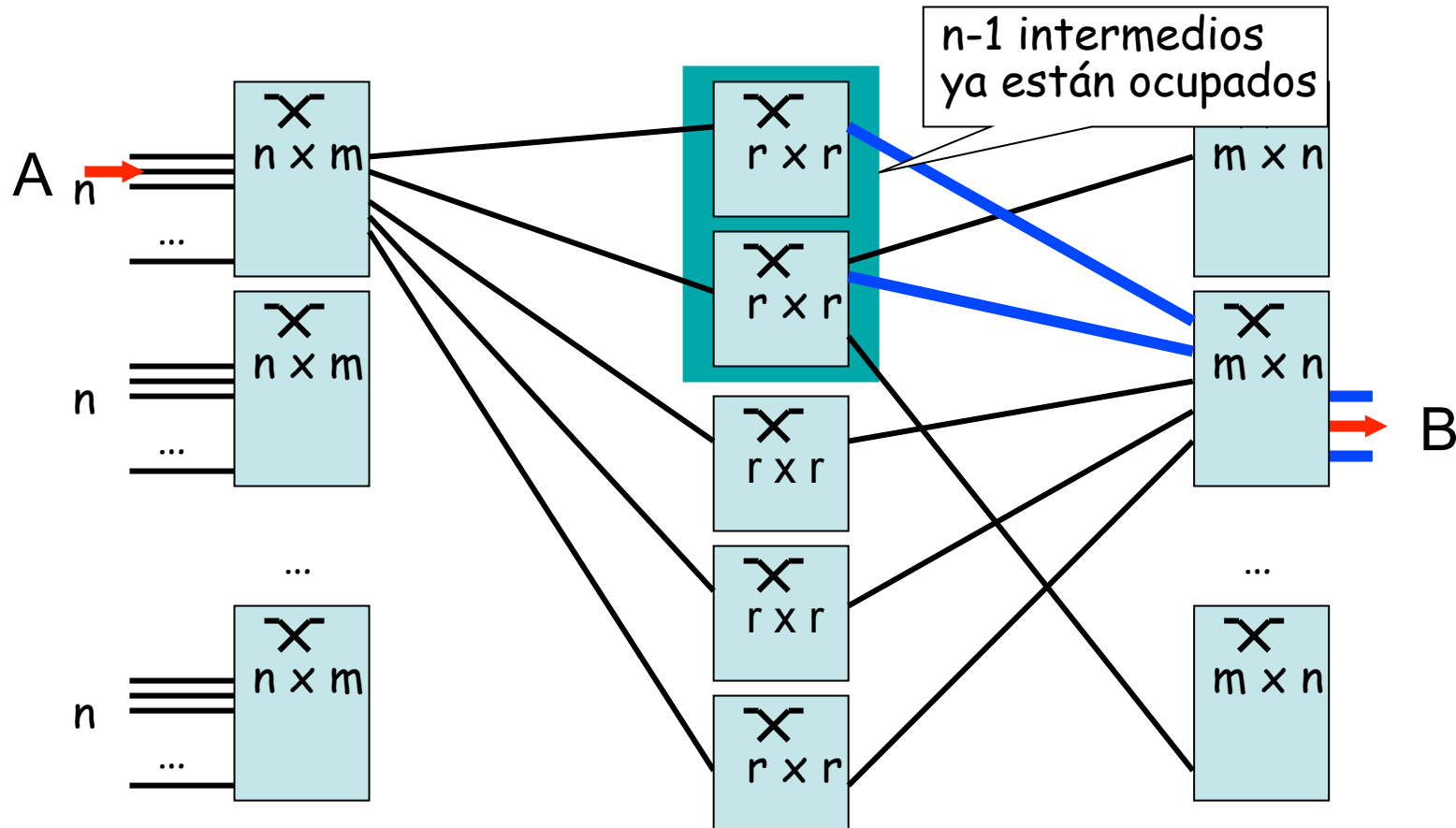


# Redes de Clos

## Condición en el caso peor

- De la entrada A a la salida B tiene que haber un camino posible
- Tiene que haber al menos un conmutador intermedio que tenga una línea libre al bloque de B
- En el caso peor habrá  $n-1$  ocupados, es decir, todas las otras salidas del bloque de salida ocupadas

Línea A, conectar a la salida B

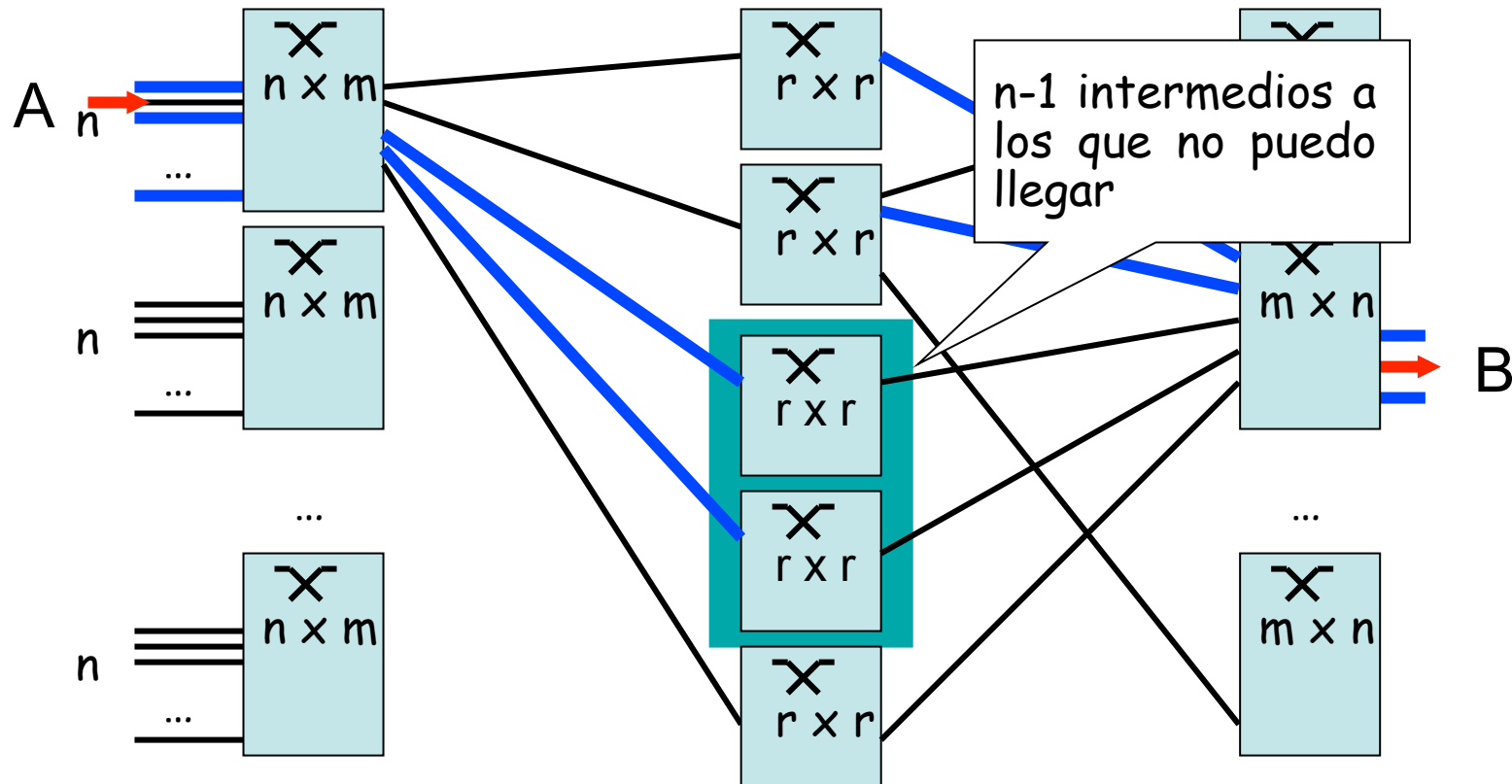


# Redes de Clos

## Condición en el caso peor

- Tiene que ser un conmutador intermedio al que esté libre la línea desde el bloque de entrada
- En el peor caso los conmutadores intermedios que no puedo usar por las dos razones no serán los mismos
- Tiene que haber conmutadores intermedios suficientes para los dos casos y uno más para tener camino para la llamada nueva

Línea A, conectar a la salida B



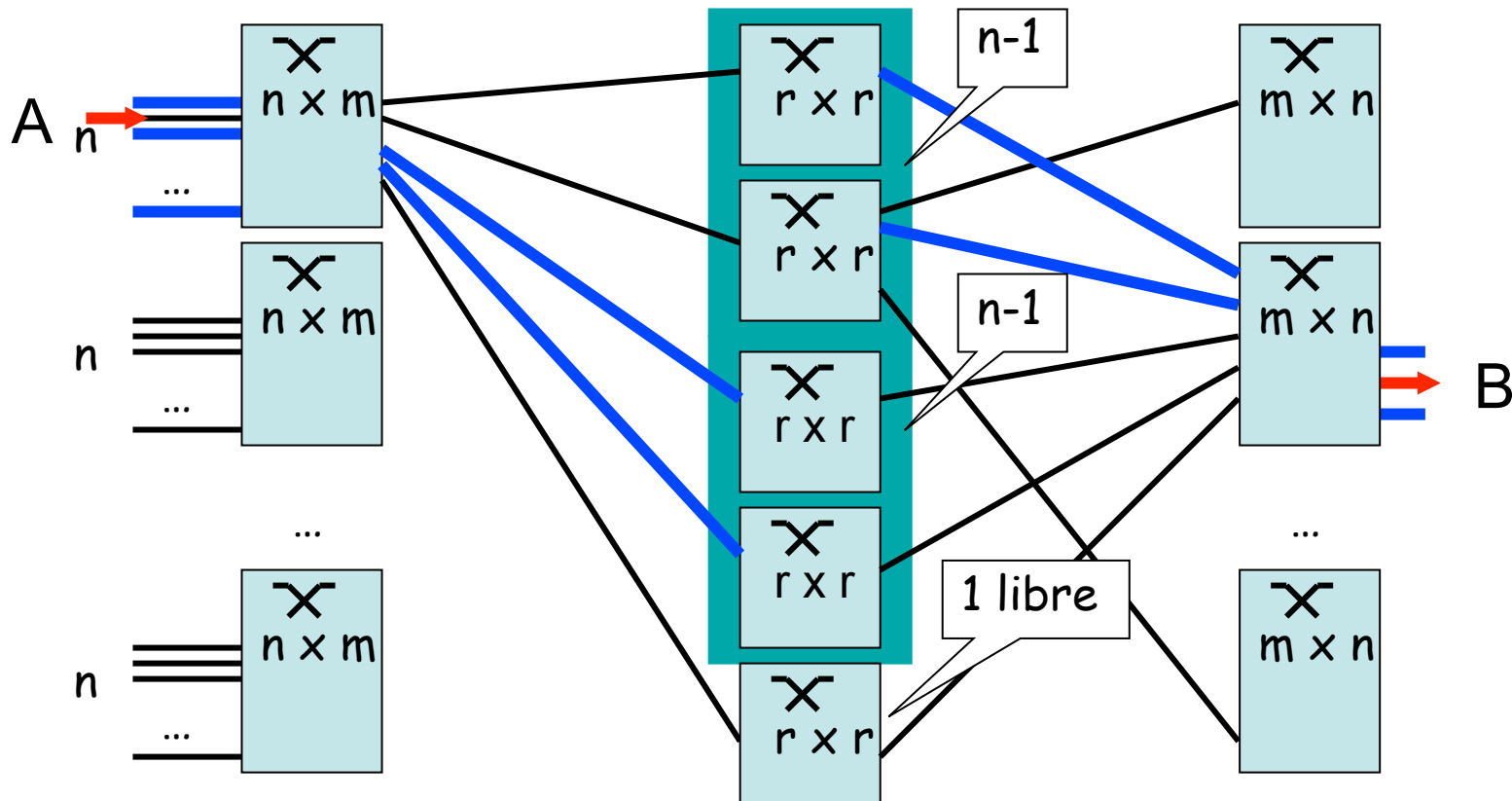


# Condición de Clos

- En un conmutador  $(r \ n) \times (r \ n)$  formado con  $m$  conmutadores intermedios el número  $m$  de conmutadores intermedios necesarios para que no exista probabilidad de bloqueo tiene que ser al menos
 
$$m \geq 2 \times (n-1) + 1$$

$$m \geq 2n - 1$$
- Un conmutador construido así no tiene bloqueo interno y tendrá normalmente menos puntos de cruce que un *crossbar* entero

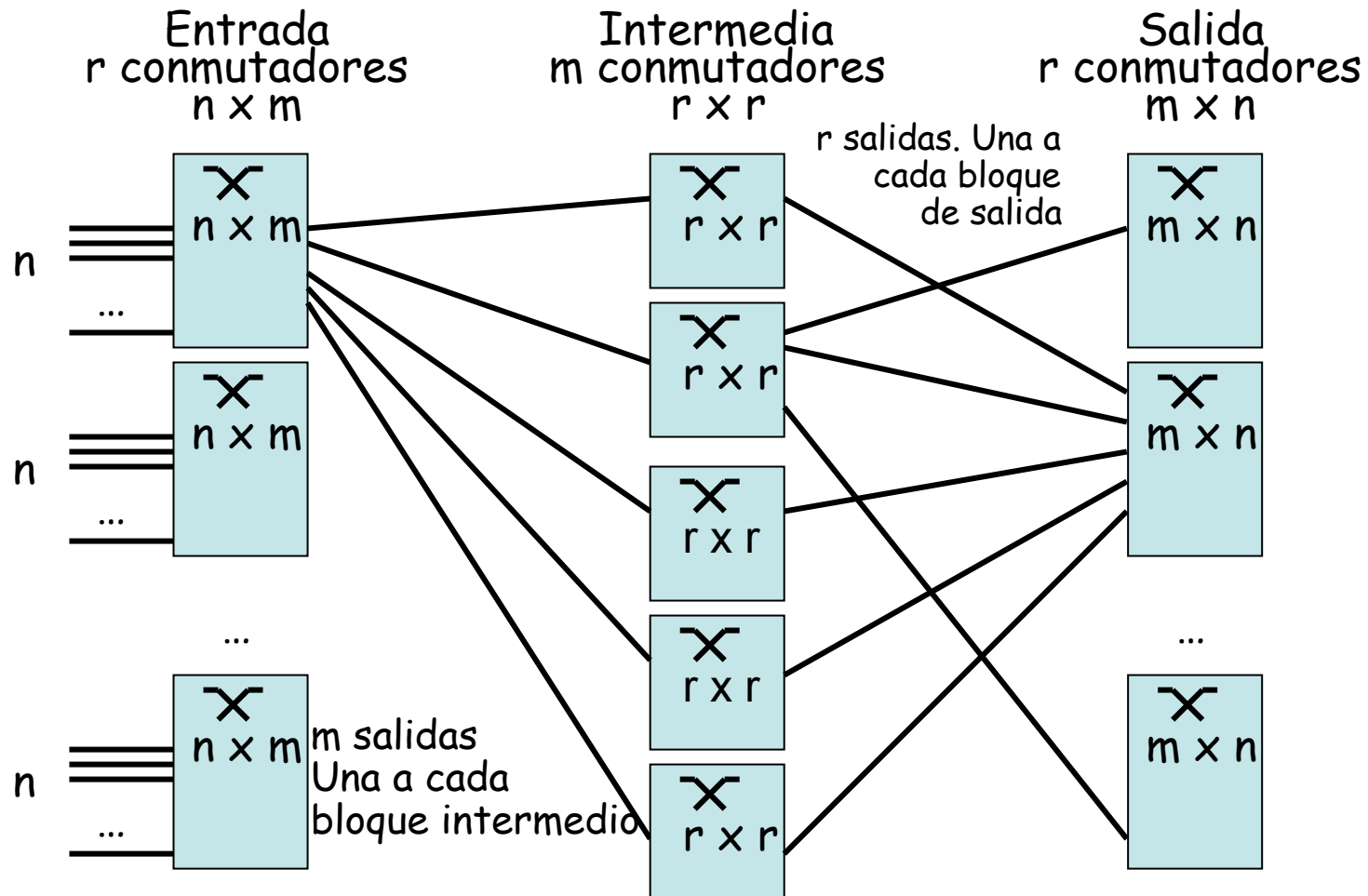
Línea A, conectar a la salida B



# Número de puntos de cruce

- Como ya se ha visto:

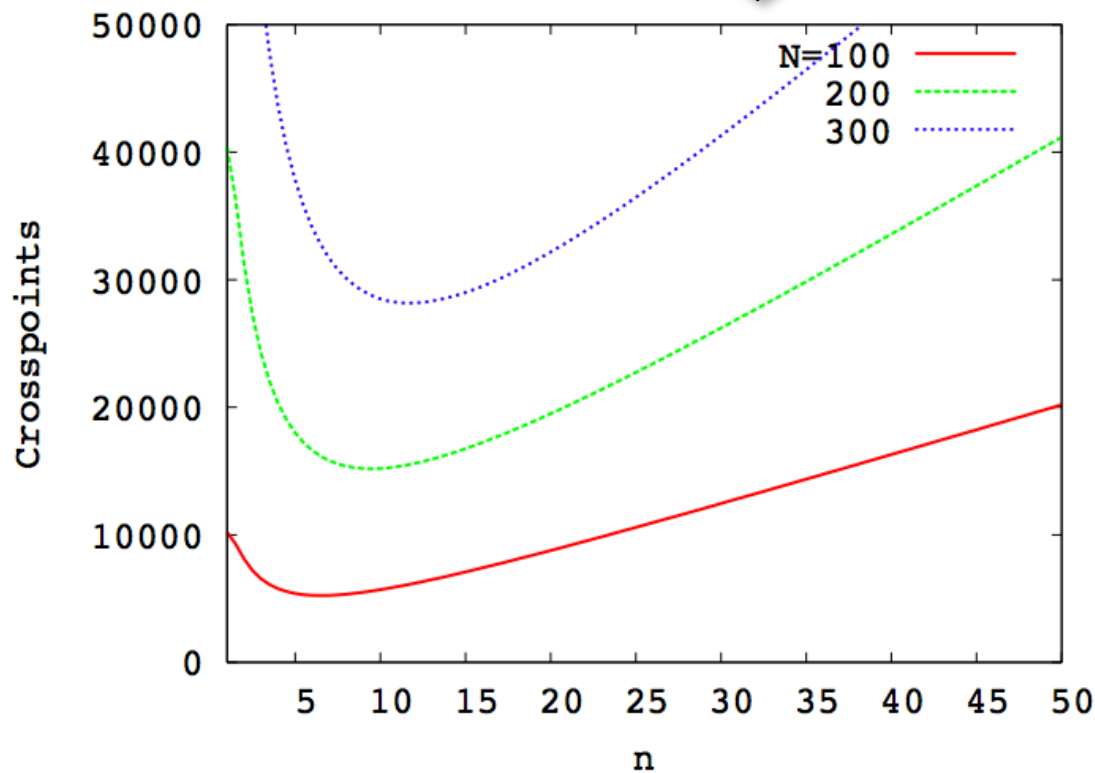
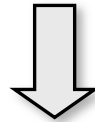
$$C = 2Nm + m \left( \frac{N}{n} \right)^2$$



# Crosspoints

- Conmutador 3 etapas que cumple la condición de Clos mínima
- $C$  = número de *crosspoints*

$$C = 2Nm + m \left( \frac{N}{n} \right)^2 \quad \left. \begin{array}{l} \\ m = 2n - 1 \end{array} \right\} C_{nb} = 2N(2n - 1) + (2n - 1) \left( \frac{N}{n} \right)^2$$



¿Mínimo número de *crosspoints*?

$$N \gg 1 \Rightarrow n_{\text{ópt}} \approx \sqrt{N/2}$$



$$C_{nb,\text{ópt}} \approx 4\sqrt{2}N^{3/2}$$

Ejemplo: si  $N=100.000$

$$C_{\text{crossbar}} = 10^{10}$$

$$C_{nb,\text{ópt}} = 1.789 \cdot 10^8$$

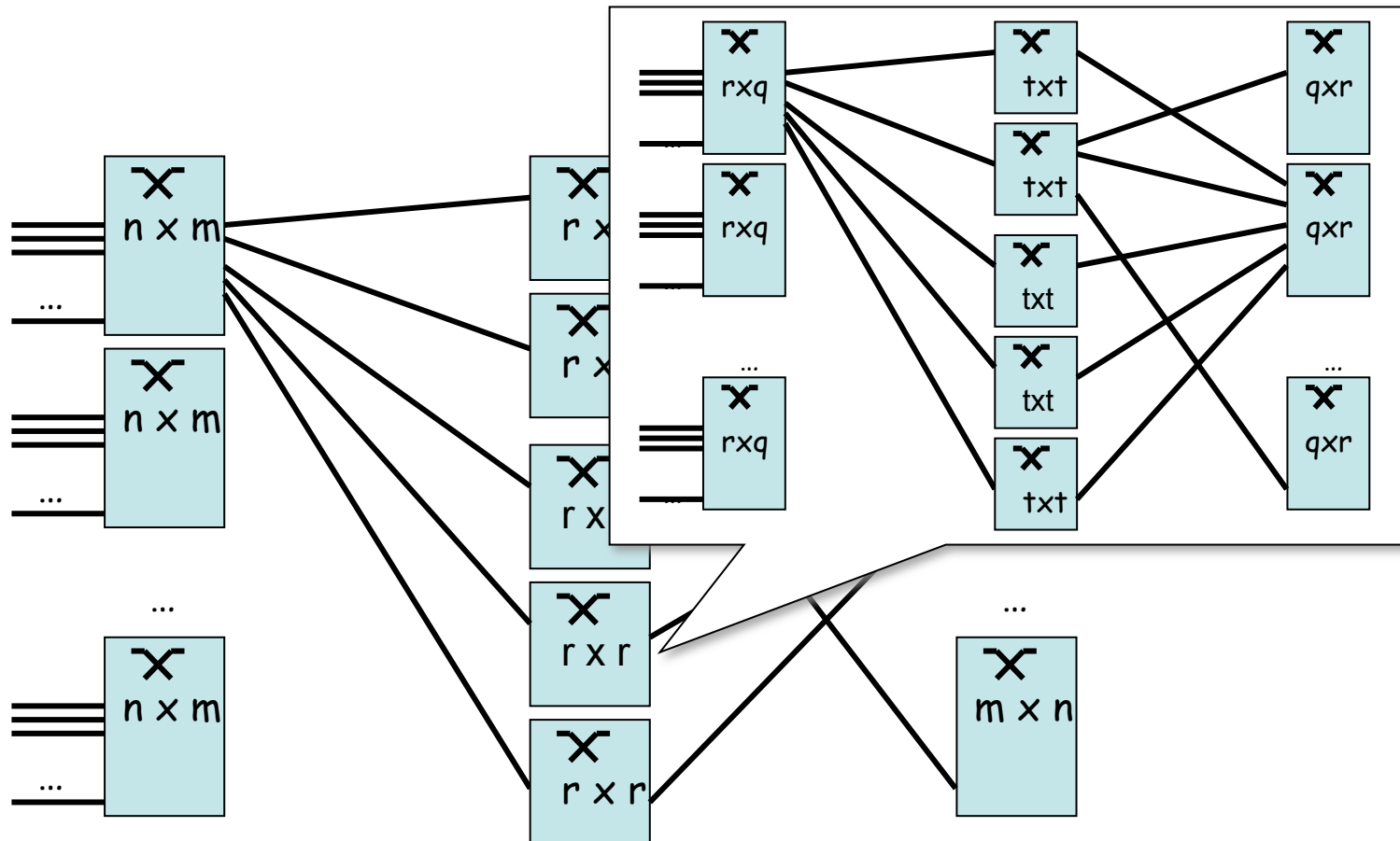
¡ Sigue siendo elevado !

# Conmutadores espaciales multietapa

- Los conmutadores que cumplen la condición de Clos no tienen bloqueo interno
- Los conmutadores que cumplen la condición  $m \geq n$ 
  - Se puede hacer que no tengan bloqueo interno
  - Hace falta que el sistema de control sea capaz de recolocar llamadas ya establecidas
  - *Rearrangeably nonblocking Clos networks*
- Escalan mejor que un *crossbar* al aumentar el número de entradas
- Seguimos necesitando muchos puntos de cruce para conmutar centenares de miles de canales telefónicos
- Optimizando aún más (...)

# Reducir más el nº de crosspoints

- a) Permitir cierto grado de bloqueo (pequeña probabilidad)
- b) Extender el número de etapas (...)

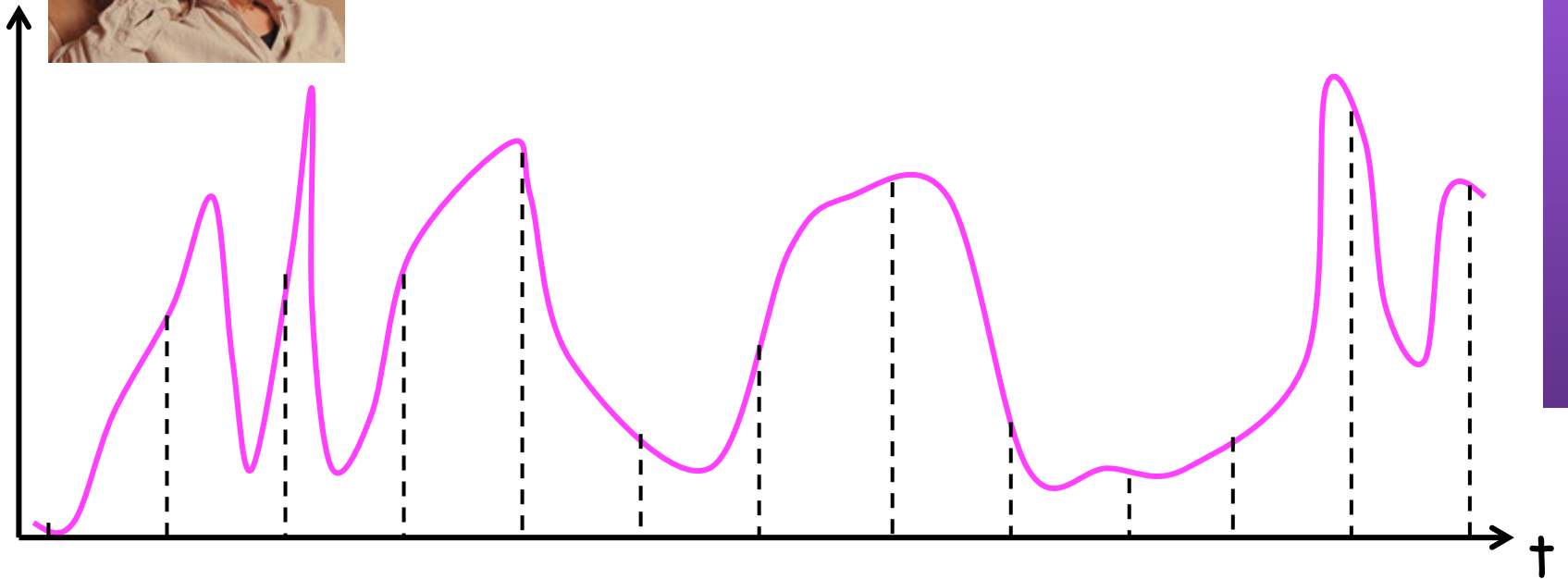


# Escenario digital

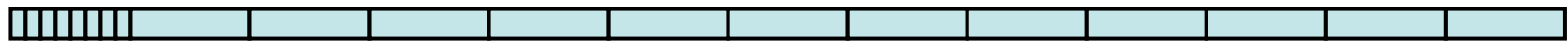
# Voz digital



- 8.000 muestras por segundo
- $T_s = 125 \mu s$
- 8 bits/muestra



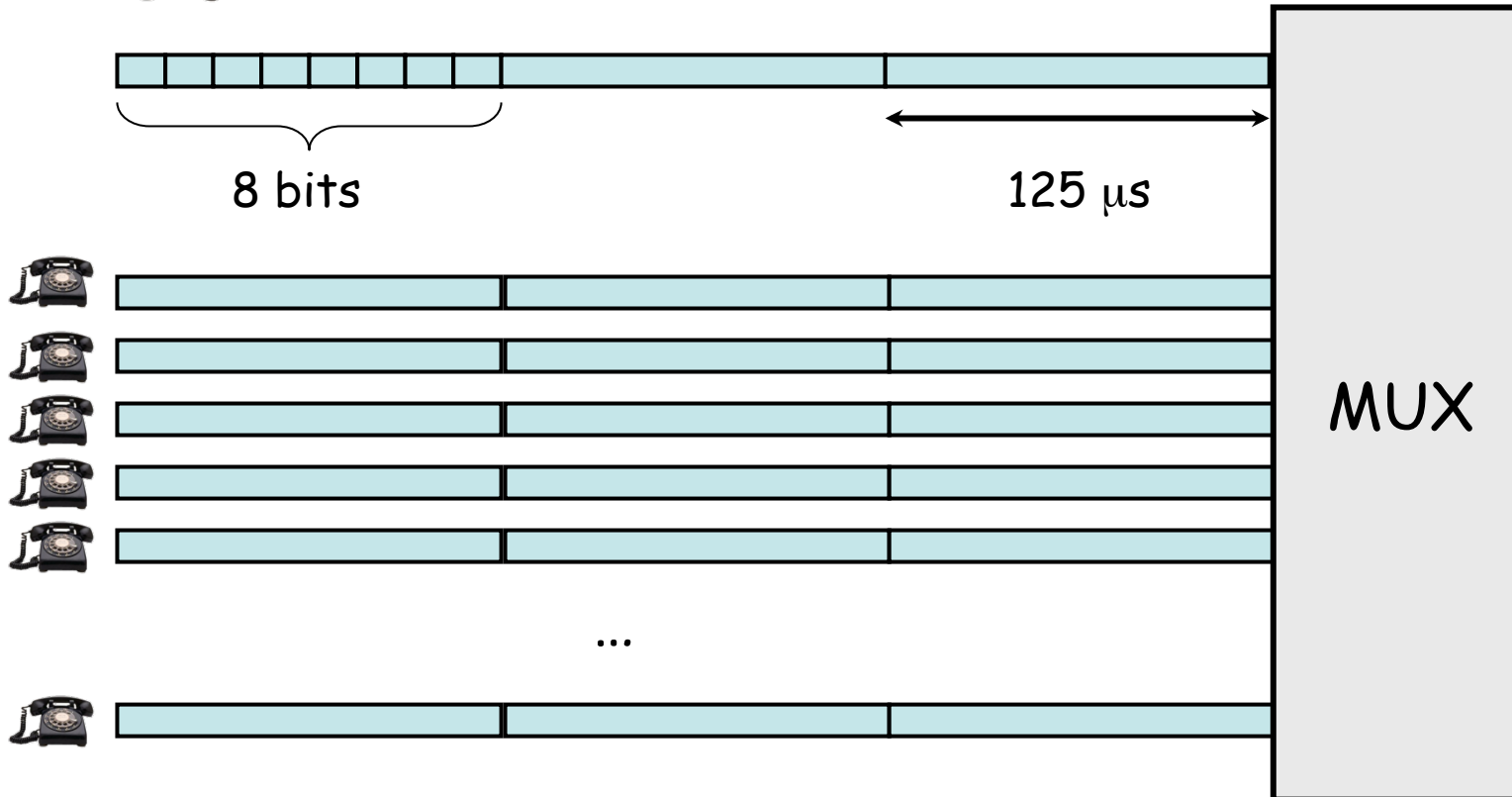
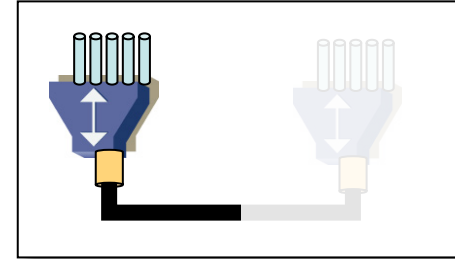
5 30 37 37 45 20 28 41 26 18 19 50 42



8 bits       $125 \mu s$        $\Rightarrow 64Kbps$

# Multiplexación TDM

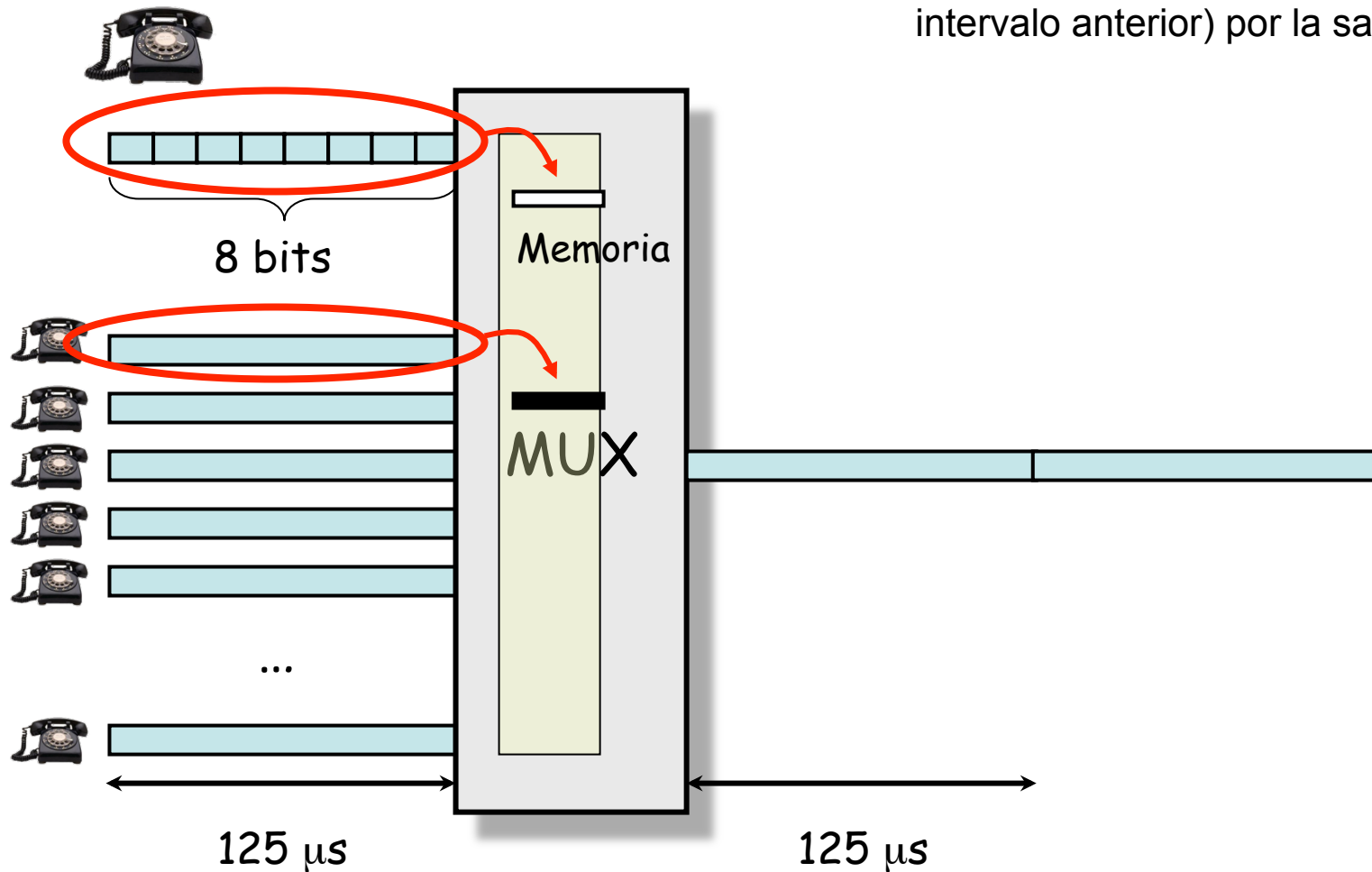
- Las líneas troncales multiplexan los canales de voz en un mismo canal espacial





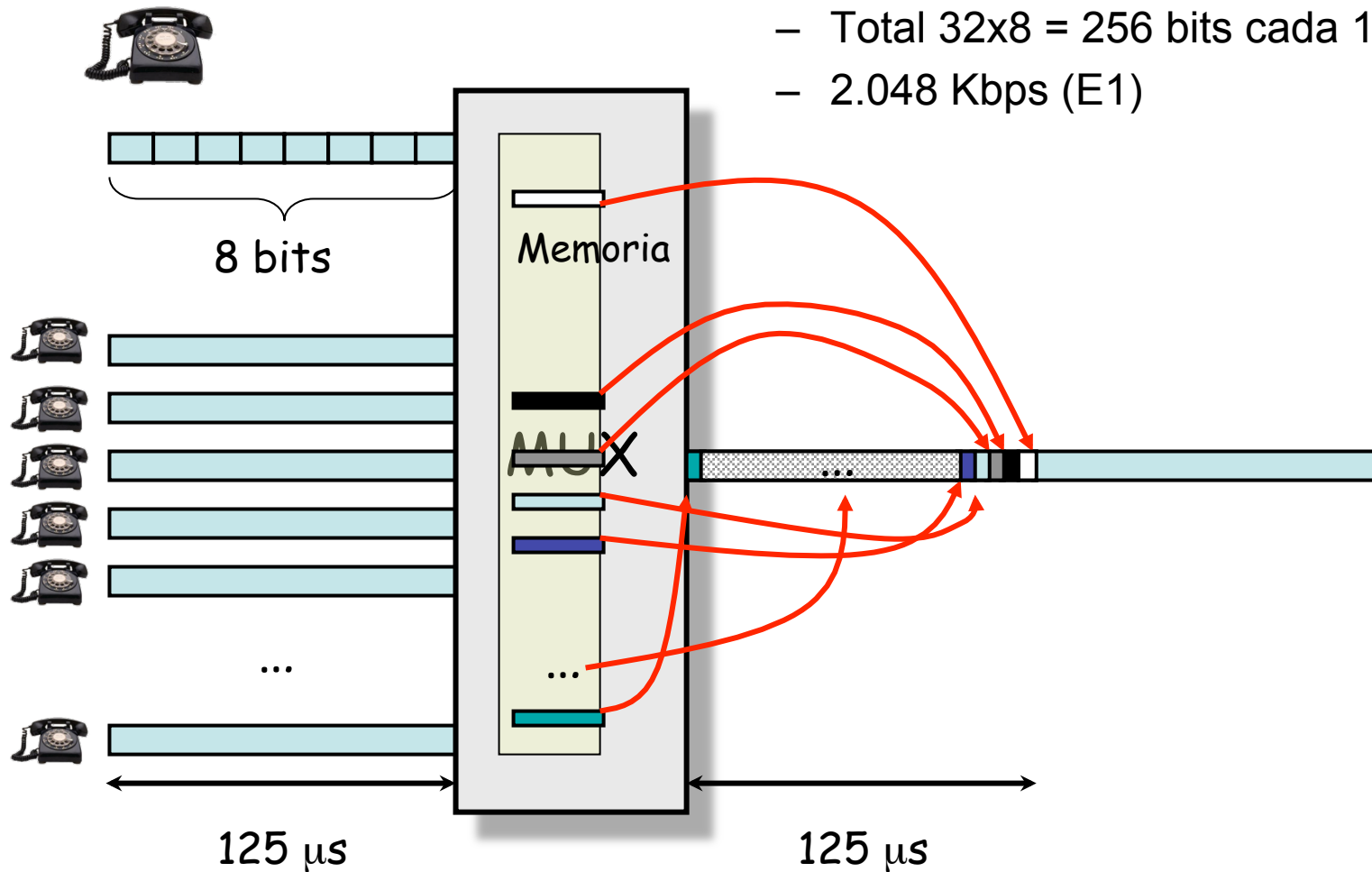
# Multiplexación TDM

- Las líneas troncales multiplexan los canales de voz en un mismo canal espacial
- En cada  $\Delta t$  el MUX
  - Recibe una muestra de voz de cada una de las líneas
  - Envía N muestras de voz (del intervalo anterior) por la salida



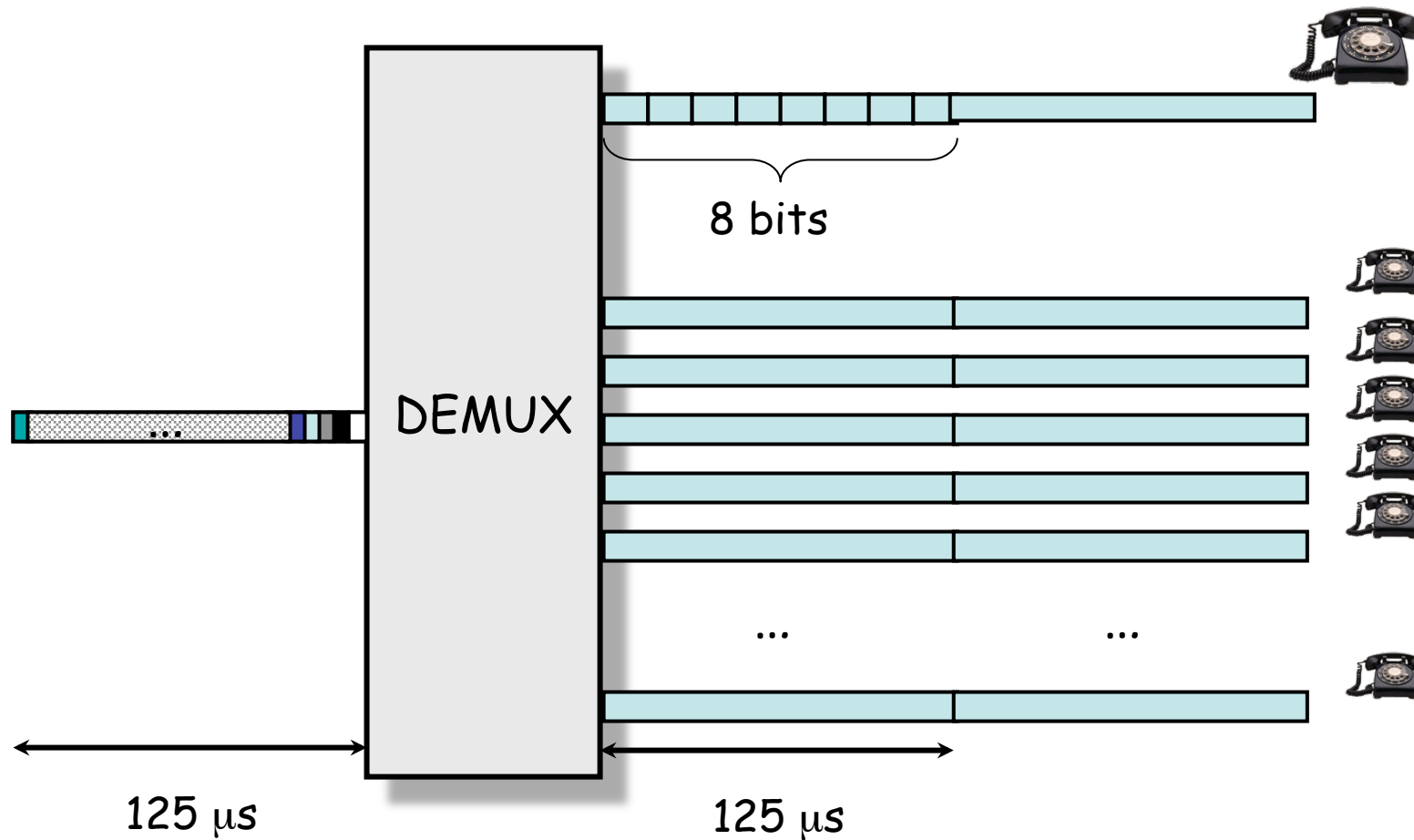
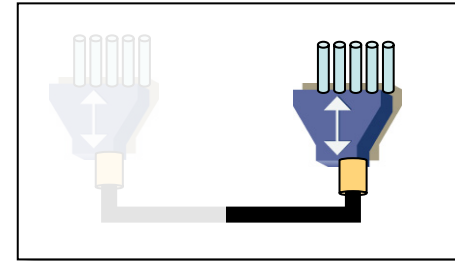
# Multiplexación TDM

- Ejemplo
  - 32 canales de voz
  - Cada canal 8bits cada  $125 \mu\text{s}$
  - Total  $32 \times 8 = 256$  bits cada  $125 \mu\text{s}$
  - 2.048 Kbps (E1)

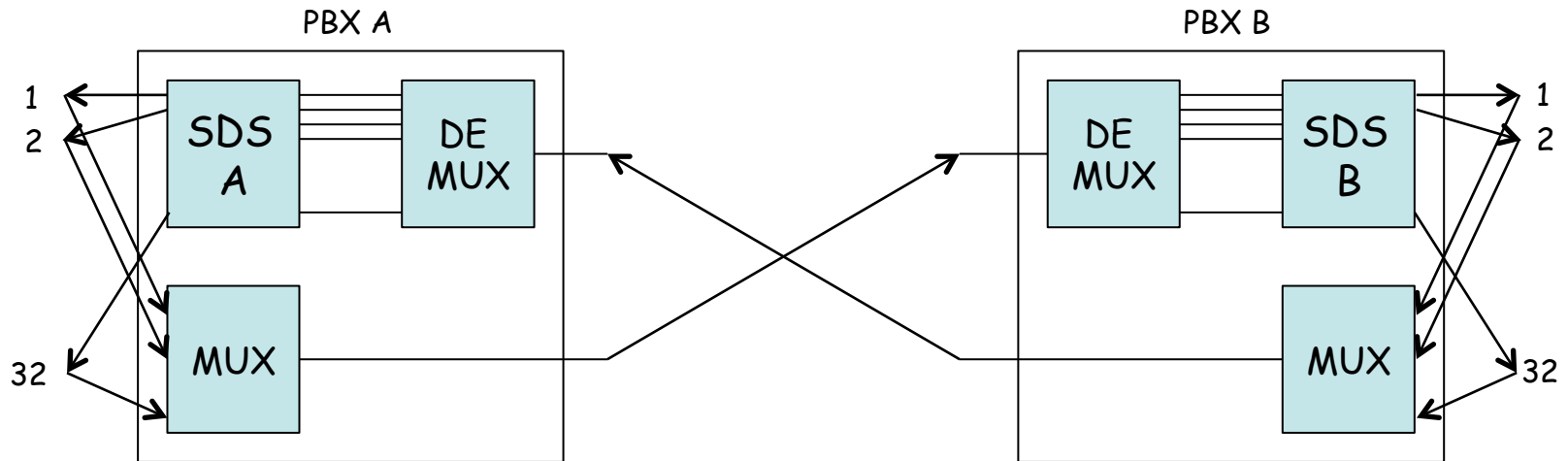
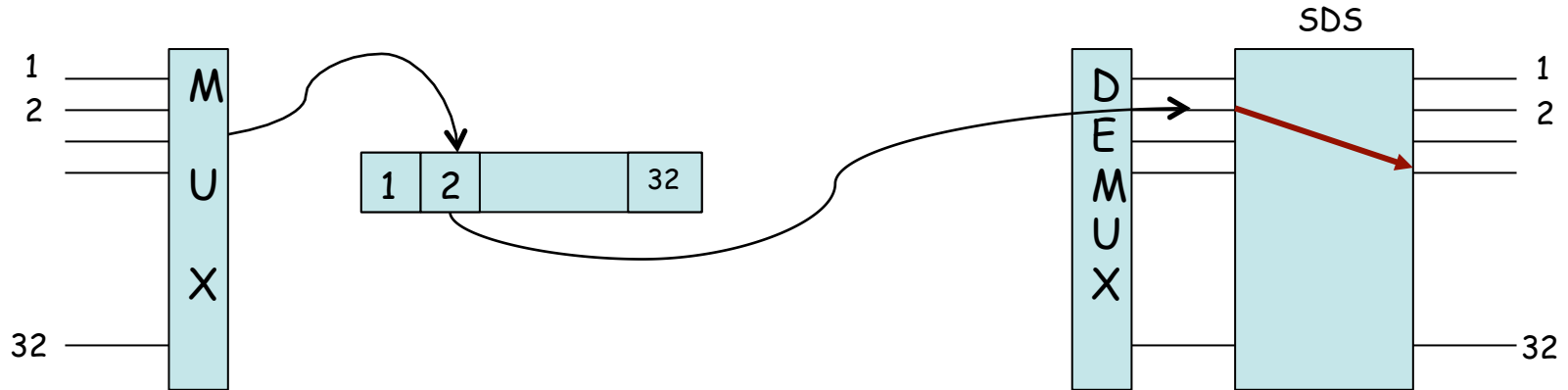


# Demultiplexación TDM

- Proceso inverso
- Una entrada
- N salidas de velocidad N veces menor



# Space Digital Switch (SDS)

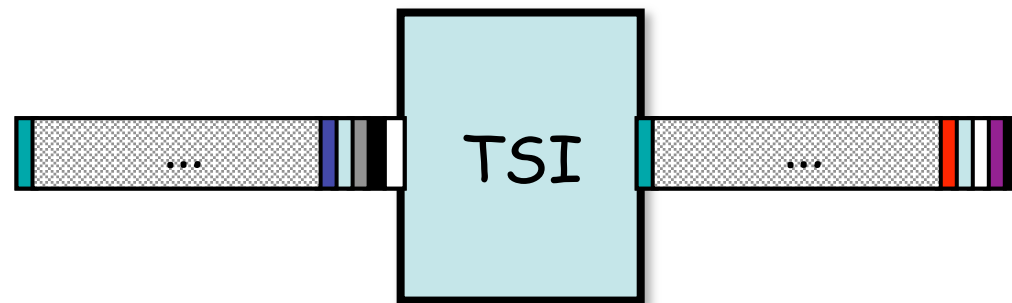


# Conmutación temporal

(Time-division Switching)

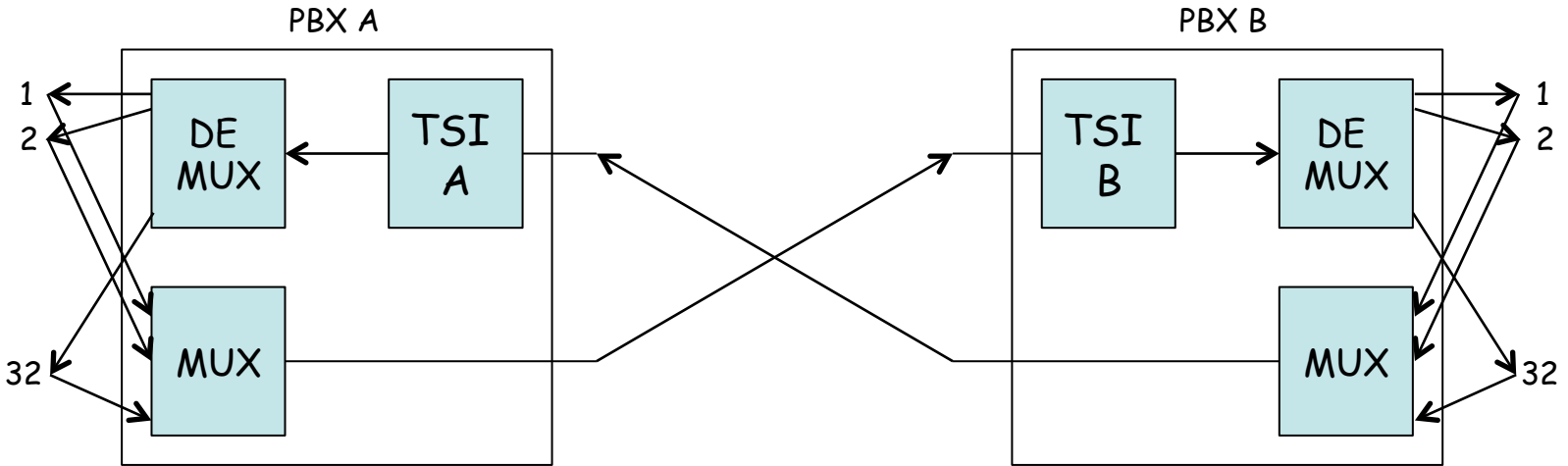
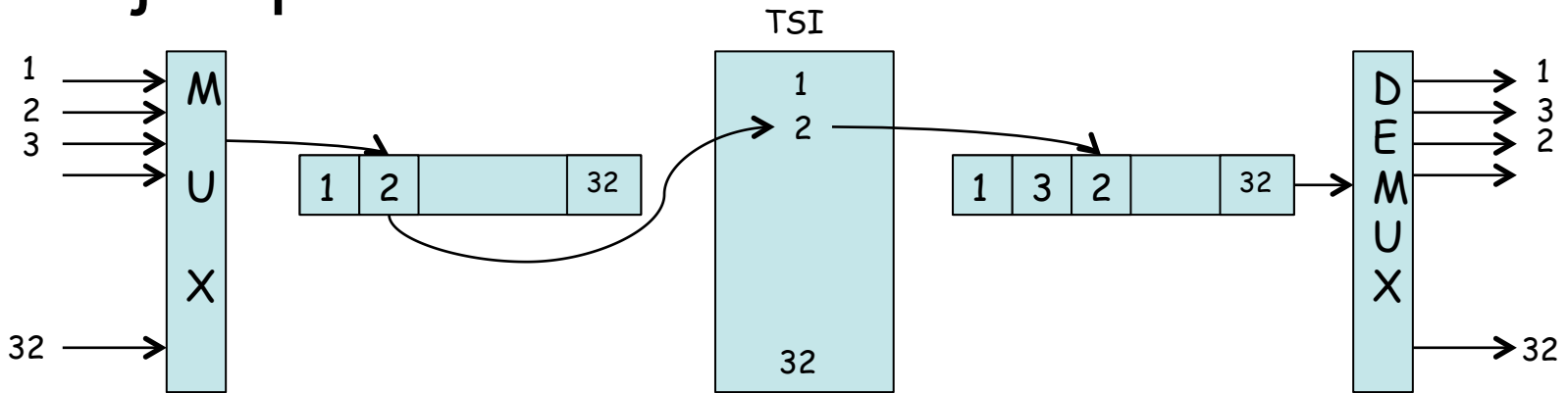
## TSI = Time Slot Interchanger

- Una entrada y una salida
- Ambas llevan N canales de voz multiplexados
- Guarda las muestras de entrada en un buffer de N bytes (una por circuito)
- Las reescribe en diferente orden
- Combinado con MUX/DEMUX el resultado es conmutación



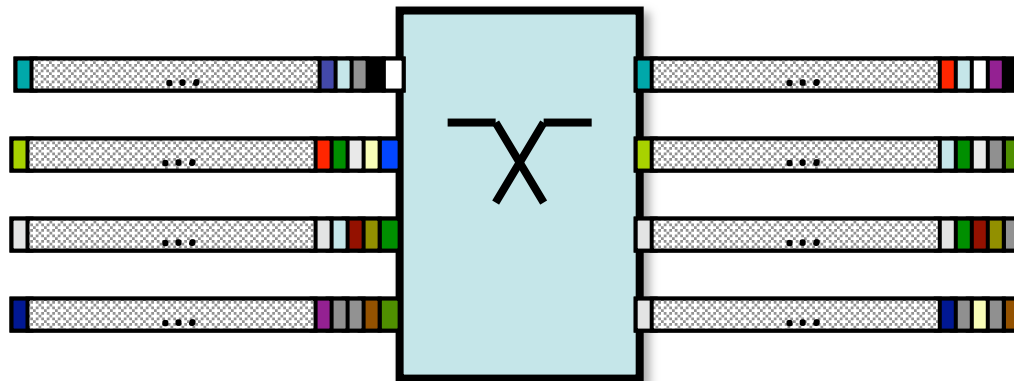
# Time Slot Interchanger

- Ejemplo



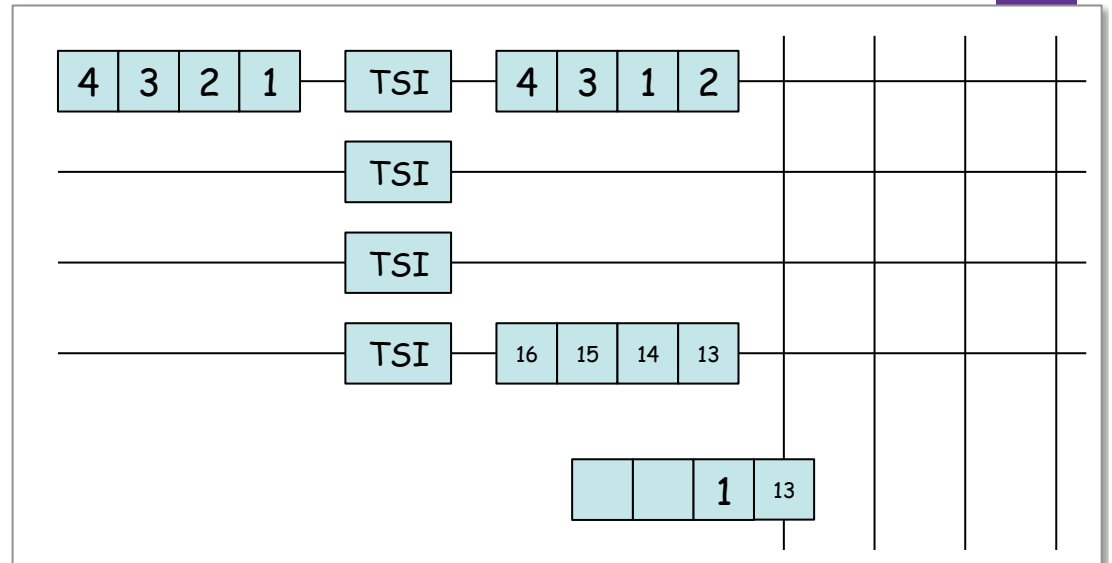
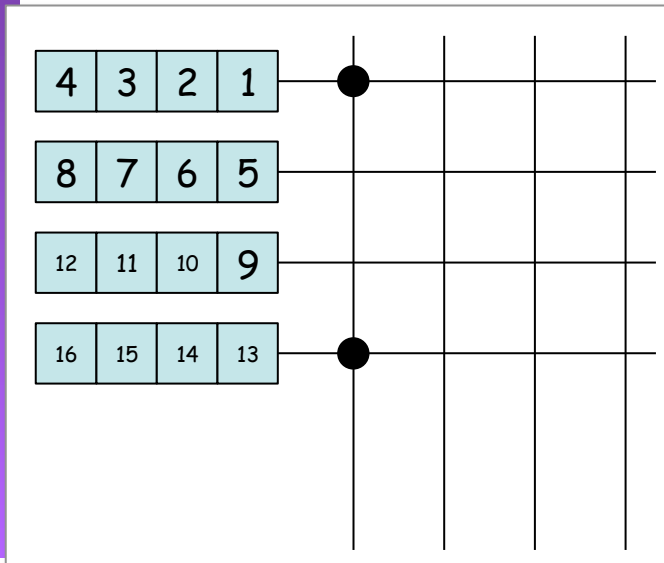
# Problemas construyendo un TSI

- El límite es el tiempo necesario para leer y escribir a memoria
- Para 120.000 circuitos
  - Leer y escribir una muestra de cada uno una vez cada 125 microsegundos
  - Cada operación necesitaría hacerse en menos de 0.5 ns
- Otras técnicas...



# Time-Space (TS) Switch

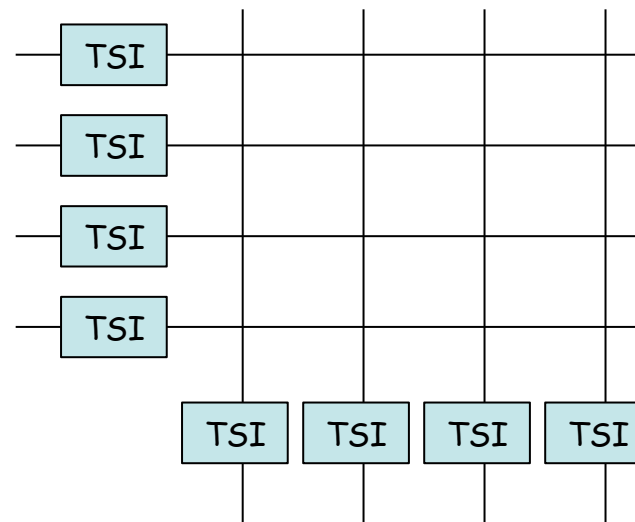
- Entradas multiplexadas
  - Crossbar con un TSI previo a cada entrada
  - Retrasar las muestras para que lleguen en el momento adecuado para la conmutación espacial
- Ejemplo: Sin TSIs
  - 1 y 13 van a la primera salida
- Ejemplo: Con TSIs





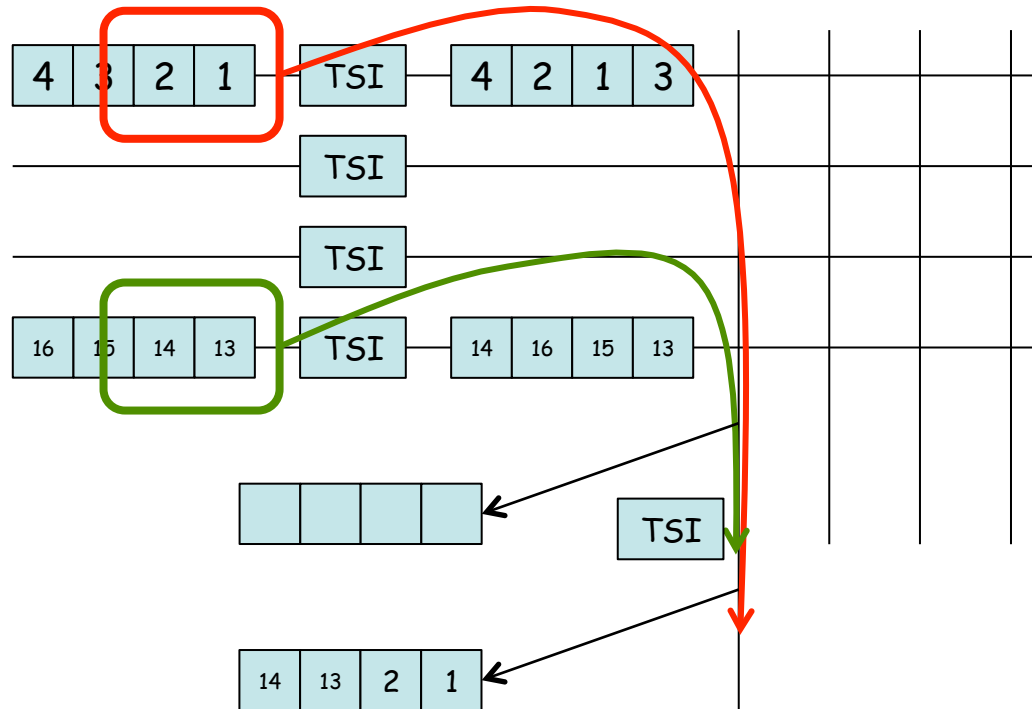
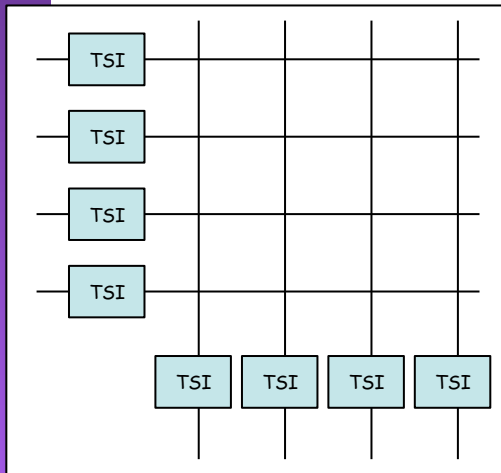
# Time-Space-Time (TST) Switch

- Similar a un conmutador espacial de 3 etapas
- Las etapas de entrada y de salida son TSIs
- Reordenar en entrada para evitar bloqueo en crossbar
- Reordenar en salida para asignar a slot correcto
- Ejemplo: (...)



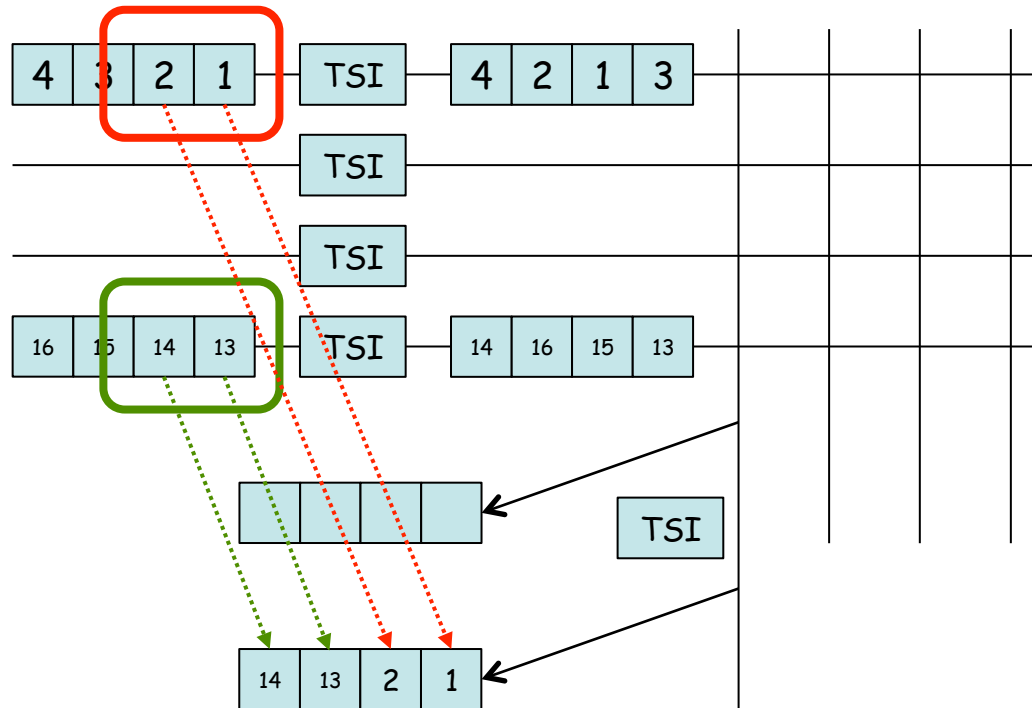
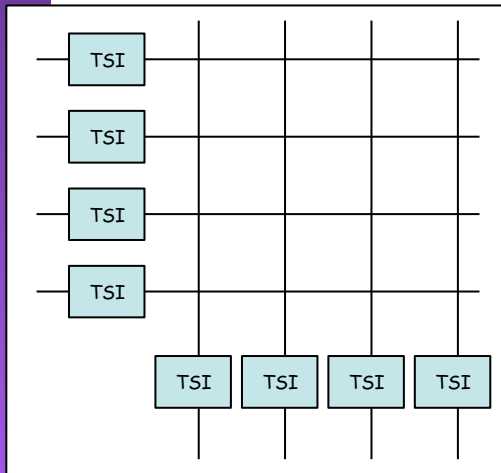
# Time-Space-Time (TST) Switch

- Slots 1 y 2 de entrada 1 y slots 1 y 2 (valores 13 y 14) de entrada 4 van a la salida 1 (...)
- (...)



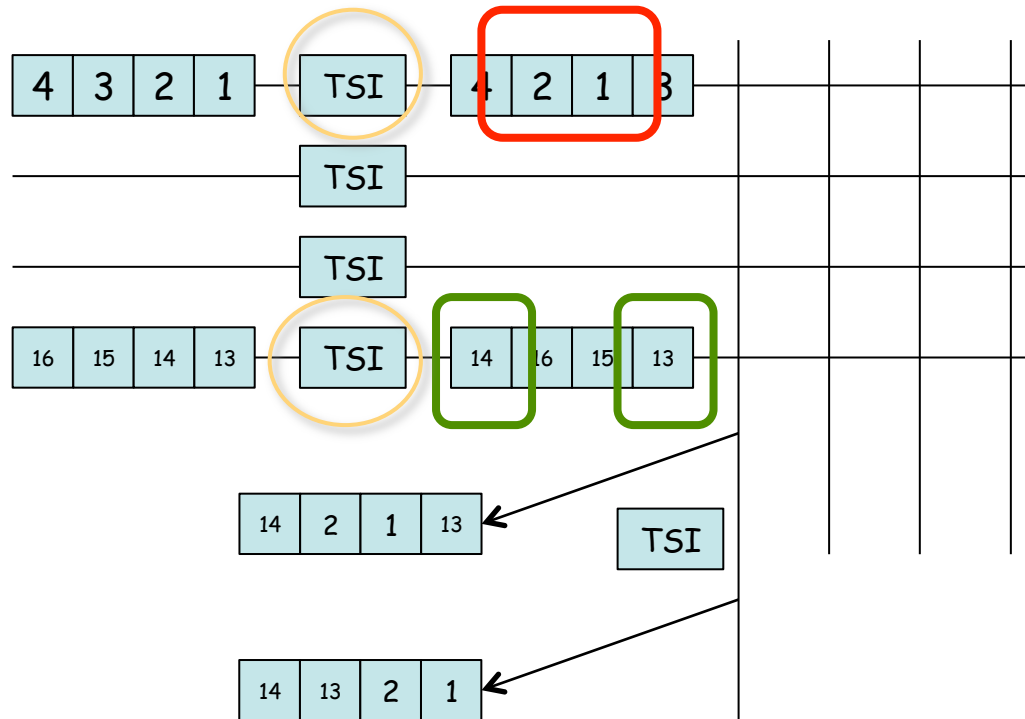
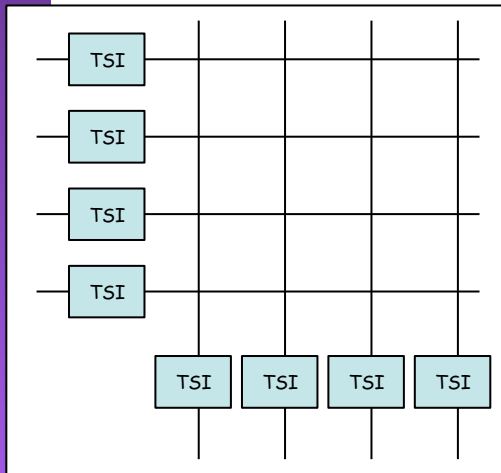
# Time-Space-Time (TST) Switch

- Slots 1 y 2 de entrada 1 y slots 1 y 2 (valores 13 y 14) de entrada 4 van a la salida 1 (...)
- En la salida slot 1 de entrada 1 va a slot 4, slot 2 a slot 3
- En la salida slot 1 de entrada 4 va a slot 2 y slot 2 a slot 1
- (...)



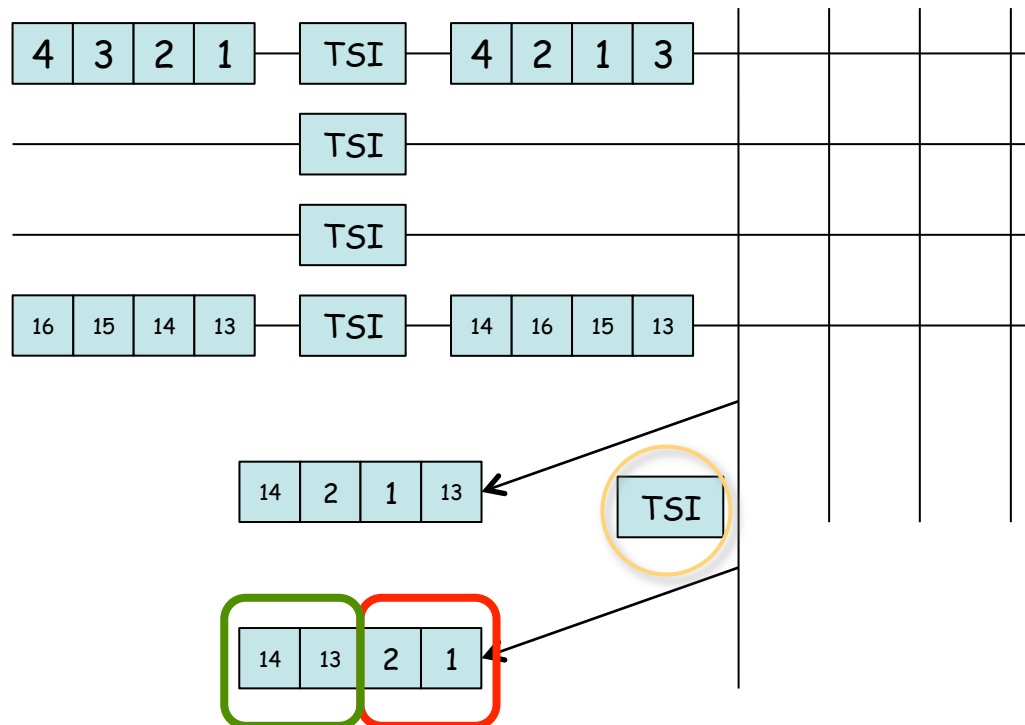
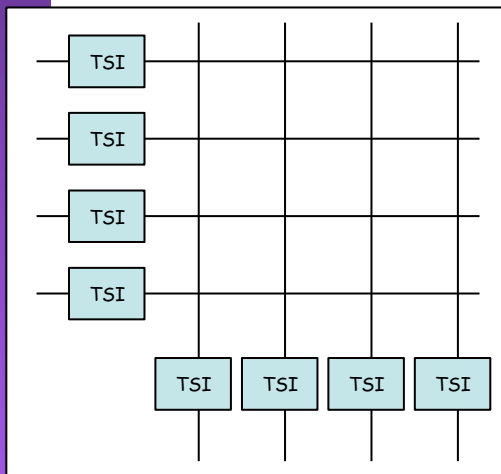
# Time-Space-Time (TST) Switch

- TSIs en la entrada reordenan para que no haya bloqueo
- Pueden colocar los slots en la posición que quieran que no produzca bloqueo
- Mayor flexibilidad para usar el conmutador espacial y evitar bloqueo
- (...)



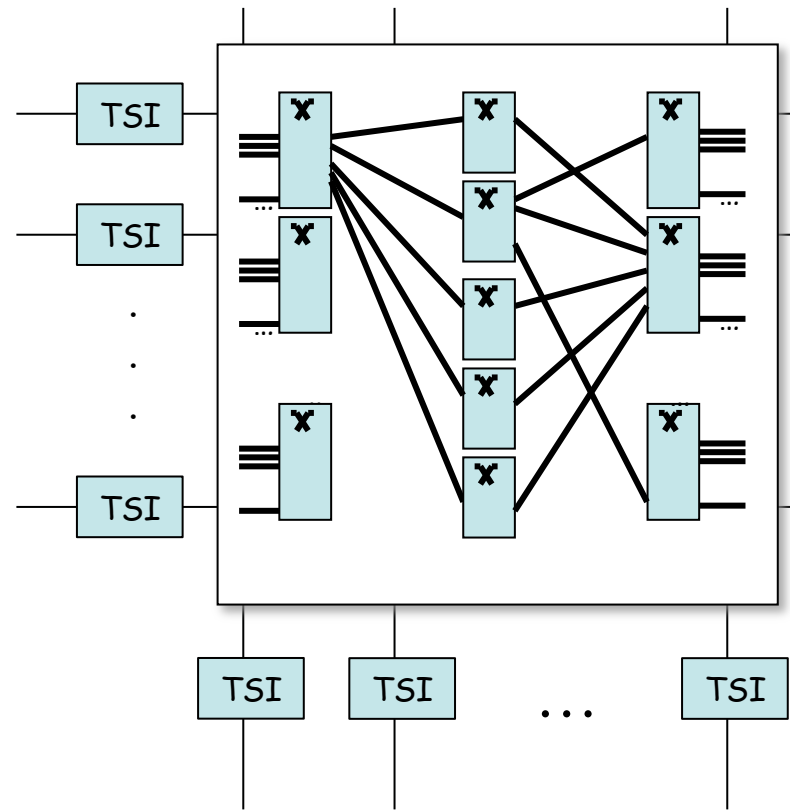
# Time-Space-Time (TST) Switch

- TSIs en la entrada reordenan para que no haya bloqueo
- Pueden colocar los slots en la posición que quieran que no produzca bloqueo
- Mayor flexibilidad para usar el conmutador espacial y evitar bloqueo
- TSI en la salida reordena



# Time-Space-Time (TST) Switch

- La etapa espacial puede sustituirse por un conmutador de 3 etapas  $\Rightarrow$  TSSST



# Resumen

- Conmutación de circuitos
- Conmutadores
  - *Crossbar* y conmutadores multietapa
  - Redes sin bloqueo: condición de Clos
  - Conmutadores espaciales y temporales
  - S, T, TST

## Próxima clase:

- Prestaciones