## Protocolo de comunicación (def.)

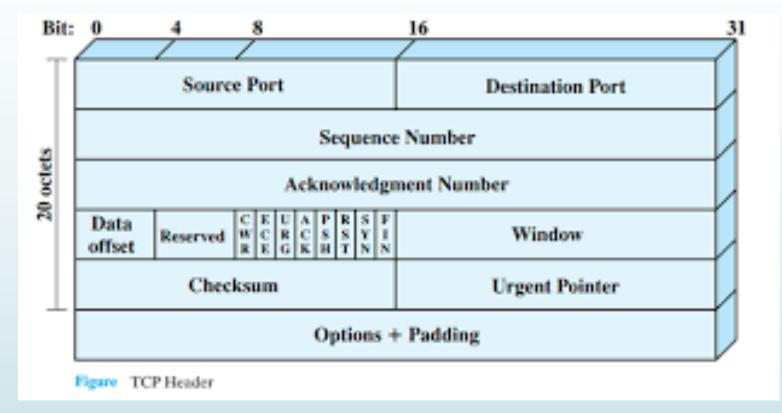
- Conjunto de reglas que gobierna el intercambio ordenado de datos entre dos puntos<sup>1</sup>.
  - Elementos<sup>2</sup>:
    - **Sintaxis**: Formato de datos.
    - **Semántica**: Información de control, coordinación, control de errores.
    - **Temporización**: Coordinación de velocidad, orden secuencial de mensajes.

<sup>\*1</sup>Fuente: http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/734/A6.pdf?sequence=6

<sup>\*2</sup>Fuente: http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/29/29237/3protocolosyarquitecturas.pdf

## Ej. Protocolo TCP

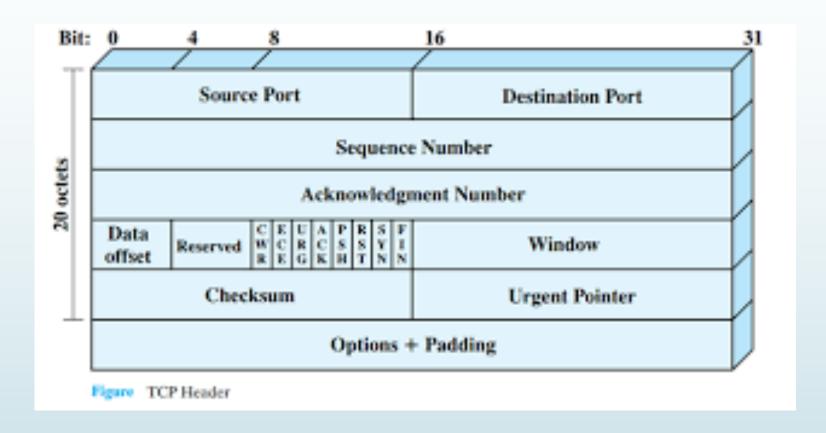
Sintaxis



<sup>\*</sup>Fuente: https://bravelearn.com/header-format-for-tcp-transmission-control-protocol/

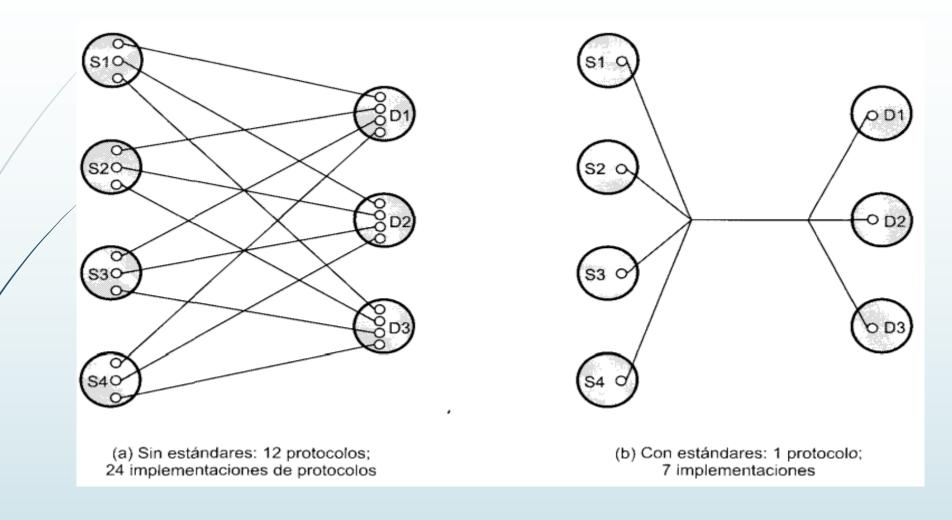
## Ej. Protocolo TCP

- Semántica:
- + Banderas
- +/#Secuencia
- + #Ack
- + Checksum



<sup>\*</sup>Fuente: https://bravelearn.com/header-format-for-tcp-transmission-control-protocol/

## Protocolo estándar vs no estándar

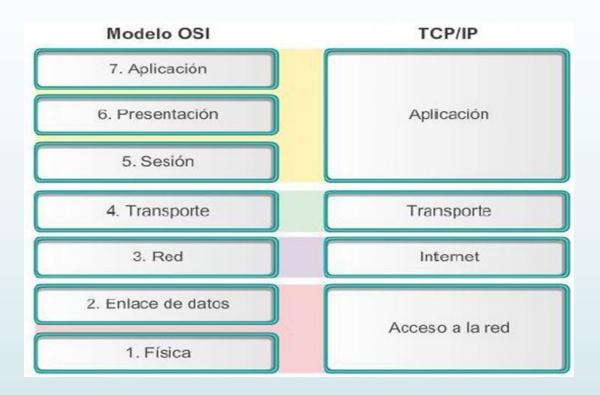


\*Fuente:Stallings W. (2004). Protocolos y Arquitecturas. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 33).USA: Pearson Education.

## Organizaciones de estandarización

- ► IETF(Internet Engineering Task Force, Comité para la Ingeniería en Internet): Responsable del desarrollo e ingeniería de los protocolos a corto plazo.
- ISO(International Organization for Standarization, Organización Internacional para la Estandarización): Desarrollo de estándares y la terminología relacionados con áreas de tecnología eléctrica y electrónica.
- UIT-T(Unión Internacional de Telecomunicaciones): Estandarización de técnicas y modos de operación en telecomunicaciones para llevar a cabo la compatibilidad extremo a extremo en conexiones internacionales de telecomunicación(funcionamiento, tarificación, equipamiento, etc.)

- Creado por la ISO como marco de referencia para el desarrollo de protocolos estándares.
- Obtuvo el grado de estándar internacional en 1983 (TCP/IP en 1982)



http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/comdat1/material/ElmodeloOSI.pdf

#### Capa Física

+ Transmisión de cadenas de bits no estructurados sobre el medio físico.

(voltajes empleados, duración de símbolo, # de terminales en el conector, etc.)

Éj. Par trenzado UTP cat 7.: 8 hilos, 4 pares, Frecuencia 4-600MHz, Tensión máxima 60V



http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/comdat1/material/ElmodeloOSI.pdf

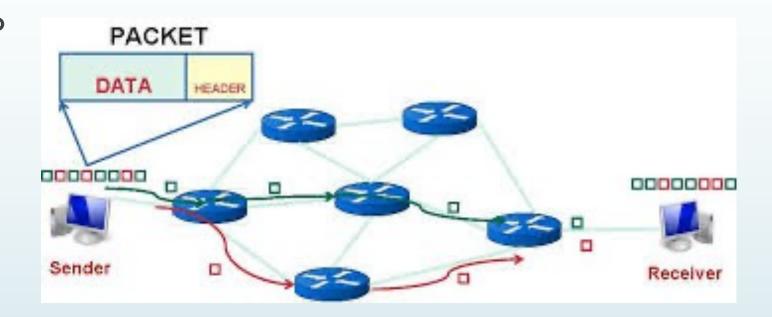
- Capa de Enlace de datos
  - + Servicio de transferencia de datos seguro a través del enlace físico; envía bloques de datos (tramas) llevando a cabo la sincronización, control de errores y de flujo.
  - + Direccionamiento físico.

estandarización	
IEEE	<ul> <li>802.2: Control de enlace lógico (LLC)</li> <li>802.3: Ethernet</li> <li>802.4: Token bus</li> <li>802.5: Token Ring</li> <li>802.11: LAN inalámbrica (WLAN) y malla (certificación Wi-Fi)</li> <li>802.15: Bluetooth</li> <li>802.16: WiMax</li> </ul>
ITU-T	<ul> <li>G.992: ADSL</li> <li>G.8100 - G.8199: aspectos de MPLS de transporte</li> <li>Q.921: ISDN</li> <li>Q.922: Frame Relay</li> </ul>
ISO	Control de enlace de datos de alto nivel (HDLC) ISO 9314: Control de acceso al medio (MAC)

\*imagen:http://www.ingenieriasystems.com/2016/11/Estandares-de-la-capa-de-enlace-de-datos-y-control-de-acceso-a-los-medios-CCNA1-V5-CISCO-C4.html

\*Fuente:Stallings W. (2004). Introducción. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 4-20).USA: Pearson Education.

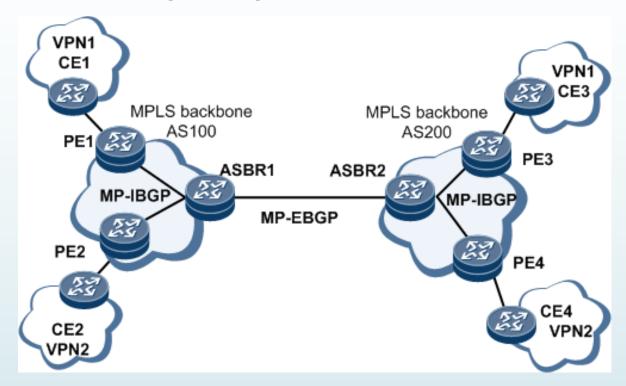
- Capa de Red
  - + Direccionamiento lógico
  - + Enrutamiento



\*imagen:https://computernetworkingsimplified.wordpress.com/2013/11/12/overview-circuit-switching-packet-switching/

\*Fuente:Stallings W. (2004). Introducción. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 4-20).USA: Pearson Education.

- Capa de Transporte
  - + Transferencia transparente de datos extremo a extremo.
  - + Procedimientos de recuperación de errores y control de flujo entre puntos finales.
  - + Direccionamiento en punto de servicio



\*imagen:http://https://support.huawei.com/enterprise/es/doc/EDOC1100125452/79ffb4c0/configuring-inter-as-vpn-option-b-basic-networking

- Capa de Sesión
  - + Establecimiento, gestión y cierre de sesiones entre aplicaciones (autenticación, autorización de privilegios, restauración de sesión<checkpoints>, sincronización de información (ej. audio, video)).

- Capa de Presentación
  - + Brinda independencia respecto a las diferencias en la representación de datos (sintaxis).
  - + Cifrado de datos
  - + Compresión de datos

int v = 19,088,743; v=0x01234567;				
Big-Endian (Motorola)	Little-Endian (Intel)			
v=0x01234567;	v=0x67452301;			

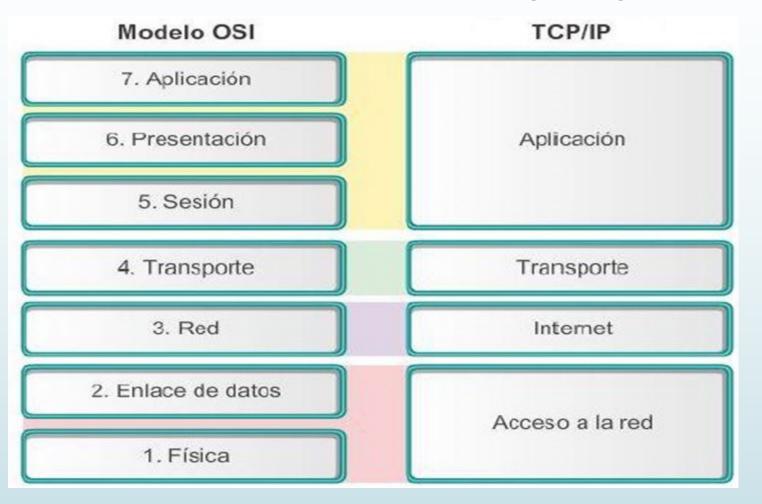
Ej.

\*Fuente:Stallings W. (2004). Introducción. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 4-20).USA: Pearson Education.

- Capa de Aplicación
  - + Aquí residen las aplicaciones de uso general:
    - -/Transferencia de archivos (FTP, TFTP).
    - Correo electrónico (SMTP, POP3).
    - Acceso terminal a computadoras remotas (telnet, ssh).



\*imagen:https://redtransatlantica.com/2013/09/11/taller-de-redes-sociales-y-comunicacion/



http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/comdat1/material/ElmodeloOSI.pdf

## Funciones que deben desempeñar todas las redes

- Encapsulamiento
- Control de error
- Direccionamiento
- Entrega en orden
- **►** Control de conexión
- Servicios de transmisión
- Multiplexación
- Segmentación y ensamblado
- Control de flujo

\*Fuente:Stallings W. (2004). Protocolos y Arquitectura. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 27-57).USA: Pearson Education.

# Funciones que deben desempeñar todas las redes

Encapsulamiento
 Cada PDU contiene los datos de aplicación,
 además de información de control

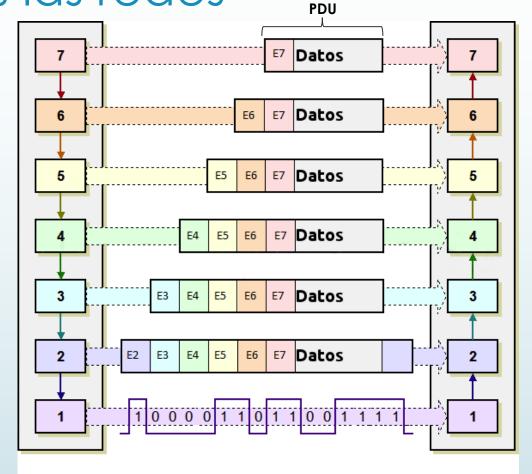


Imagen: https://planificacionadministracionredes.readthedocs.io/es/latest/Tema02/Teoria.html

## Funciones que deben desempeñar todas las redes

■ Control de error

Necesarias para recuperar de pérdida o deterioro de datos. Algunos de los principales algoritmos son:

- + Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC)
- + yuma de comprobación (Checksum)
- 🗲 Código de Hamming
- + Bit de paridad

- CRC (Comprobación de Redundancia Cíclica)
- + Creado por Wesley Patterson en 1961
- + Uțilizado para detectar errores en la transmisión de datos digitales (ej. Ethernet)

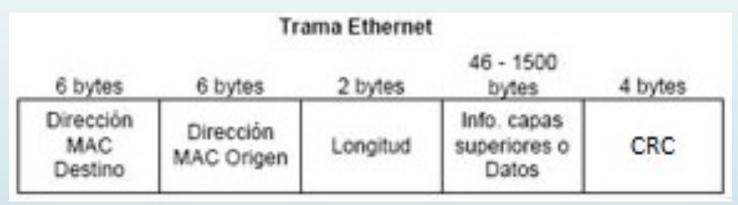


Imagen: <a href="http://www.mailxmail.com/curso-redes-area-local-conmutadas/tipos-conmutacion-lan">http://www.mailxmail.com/curso-redes-area-local-conmutadas/tipos-conmutacion-lan</a>

- CRC- Algoritmo (Cálculo):
  - + Dado M(x)= mensaje de tamaño m bits de longitud
  - $+ n = n \dot{u}$  mero de bits de paridad añadidos al mensaje para formar la trama T(x)
  - + T(x)  $\neq$  Trama de información de tamaño m+n bits, formada a partir de

$$T(x) = 2^n M(x) + FCS$$
; donde

+/FCS = Secuencia de comprobación de la trama, obtenida del residuo (n bits) de

$$\frac{2^n M(x)}{P(x)}$$

+ P(x) = Polinomio generador de la FCS de tamaño n+1 bits y grado n

## Multiplicación por 2<sup>n</sup>

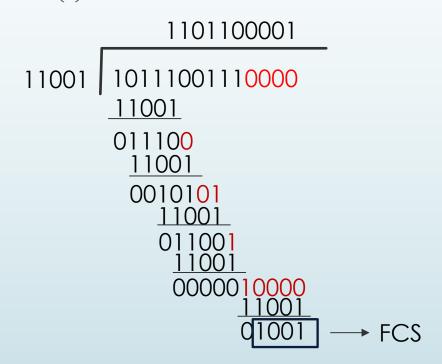
```
2<sub>10</sub> = 10<sub>2</sub> , si aplicamos << 1
4<sub>10</sub> = 100<sub>2</sub> , si aplicamos << 1
8<sub>10</sub> = 1000<sub>2</sub> , si aplicamos << 1
```

 $16_{10} = 10000_2$ , si aplicamos << 1

• • • •

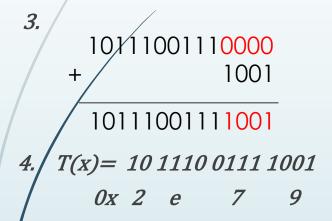
 $(2^n)_{10} = (1x10^n)_2$ , si aplicamos << n

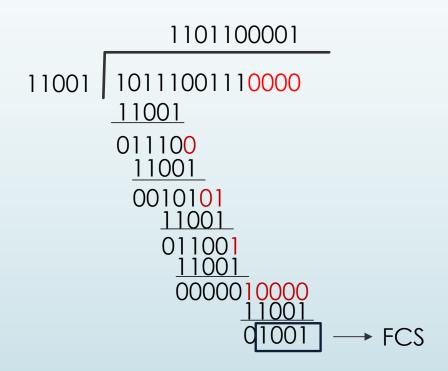
- CRC- Algoritmo (Ejemplo): Dado el mensaje M(x)= "1011100111" y P(x)= "11001", generar la trama T(x) a ser transmitida.
  - 1. Entonces,  $2^4(1011100111) = 10111001110000$ ;
  - 2. Ahora vamos con el término FCS = residuo de  $\frac{2^n M(x)}{P(x)}$



<sup>\*</sup>Fuente:Stallings W. (2004). Control de Enlace de Datos. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 181-220). USA: Pearson Education.

- CRC- Algoritmo (Ejemplo): Dado el mensaje M(x)= "1011100111" y P(x)= "11001", generar la trama T(x) a ser transmitida.
  - 1. Entonces,  $2^4(1011100111) = 10111001110000$ ;
  - 2. Ahora vamos con el término FCS = residuo de  $\frac{2^n M(x)}{P(x)}$



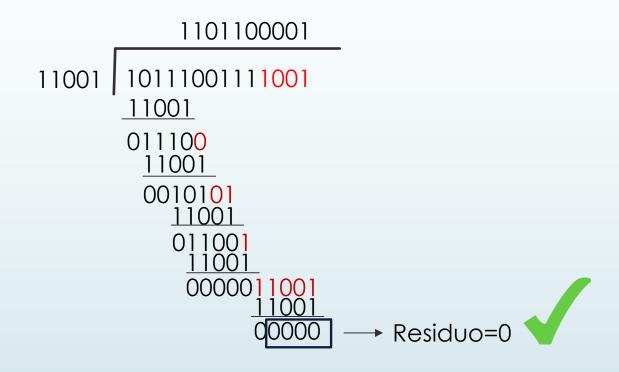


<sup>\*</sup>Fuente:Stallings W. (2004). Control de Enlace de Datos. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 181-220). USA: Pearson Education.

- CRC- Algoritmo (Verificación):
  - + Dado T(x)= Trama de información de tamaño m+n bits, se realiza la siguiente operación:

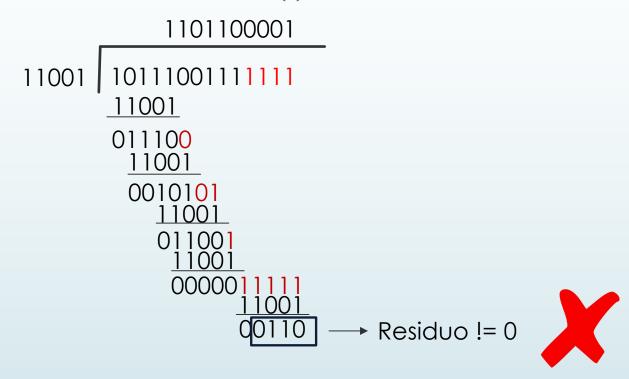
 $\frac{T(x)}{P(x)}$ ; donde Residuo = 0 => Trama sin errores Residuo != 0 => Trama con errores

Procedemos a realizar la operación  $\frac{T(x)}{P(x)}$ 



<sup>\*</sup>Fuente:Stallings W. (2004). Control de Enlace de Datos. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 181-220). USA: Pearson Education.

- Procedemos a realizar la operación  $\frac{T(x)}{P(x)}$



\*Fuente:Stallings W. (2004). Control de Enlace de Datos. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 181-220). USA: Pearson Education.

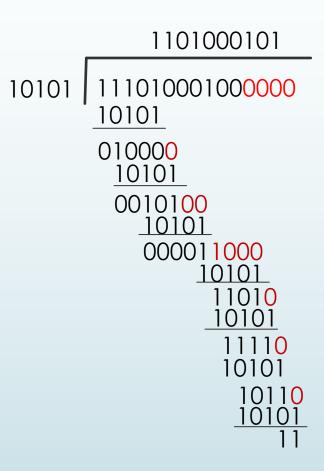
► (Ejercicio): Dado el mensaje M(x)= "111 0100 0100", generar la trama T(x) a ser transmitida.

$$P(x) = X^4 + X^2 + 1$$

- **2.** Ya con M(x)= "11101000100", P(x)= "10101" y n=4, obtenemos T(x) mediante  $T(x) = 2^n M(x) + FCS$
- $= 2^n M(x) = 111010001000000;$ 
  - 2. Ahora vamos con el término FCS = residuo de  $\frac{2^n M(x)}{P(x)}$

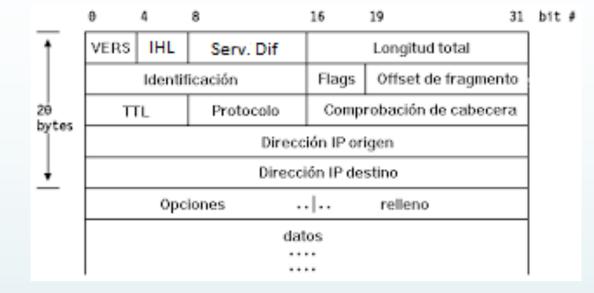
```
111010001000000
+ 1000
111010001001000
```

4.  $T(x) = 111\ 0100\ 0100\ 0011$ 0x = 74
4
3



<sup>\*</sup>Fuente:Stallings W. (2004). Control de Enlace de Datos. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 181-220). USA: Pearson Education.

- Checksum (Suma de comprobación)
- + Creado por William W. Plummer en 1978
- + Utilizado para detectar errores en la transmisión de datos a nivel de software. Usado por los protocolos de TCP/IP.



Checksum (Cálculo para la capa de Red)

Para obtener la suma de comprobación de la capa de Red deben seguirse los siguientes pasos de acuerdo al RFC 791:

- + Ordenar los datos en palabras de 16 bits. (solo los bits correspondientes al encabezado IP).
- + Ponér ceros en la posición del checksum y sumar (considerando los acarreos).
- + Sømar cualquier acarreo fuera de los 16 bits.
- + Complementar a 1 el resultado.

Imagen: <a href="https://www.jcomautomation.ca/frame-prioritization-within-ethernet-ip-and-profinet/">https://www.jcomautomation.ca/frame-prioritization-within-ethernet-ip-and-profinet/</a>

Ej. calcular el checksum

Sumamos los bytes correspondientes al encabezado IP tomando de 2 bytes en 2 bytes

45 00 01 e2 d7 db 40 00 80 06 00 00 c0 a8 01/43 94 cc 3a dd

	24	3	
	45	00	
	01	e2	
	d7	db	
	40	00	
+	80	06	
	00	00	
	с0	a8	
	01	43	
	94	CC	
	3a	dd	

**3**70 57

F = 15

Ej. calcular el checksum

Sumamos los bytes correspondientes al encabezado IP tomando de 2 bytes en 2 bytes

45 00 01 e2 d7 db 40 00 80 06 00 00 c0 a8 01/43 94 cc 3a dd



(70 5a)-1

```
A=10
   8 4 2 1
               8 4 2 1
                              B = 11
7 ->0 1 1 1
               1000 -> 8
                              C=12
0 ->0 0 0 0
               1 1 1 1 -> f
                              D=13
5 -> 0 1 0 1
               1010 -> a
                            E=14
A ->1010
               0101 -> 5
                              F=15
```

Checksum = 8f a5

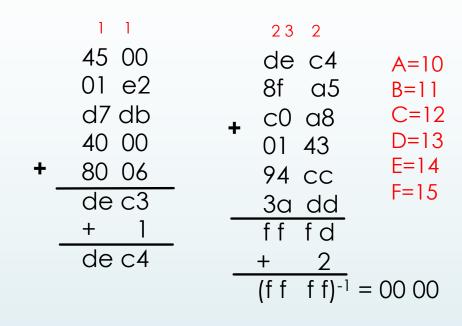
Checksum (Verificación)

Para verificar la suma de comprobación de la capa de Red deben seguirse los siguientes pasos de acuerdo al RFC 791:

- + Ordenar los datos en palabras de 16 bits. (solo los bits correspondientes al encabezado IP).
- + Sumar (considerando los acarreos).
- + Surnar cualquier acarreo fuera de los 16 bits.
- + Complementar a 1 el resultado.
- +/Si el resultado es igual a cero, la suma de comprobación es correcta, en otro caso es incorrecta.

Imagen: <a href="https://www.jcomautomation.ca/frame-prioritization-within-ethernet-ip-and-profinet/">https://www.jcomautomation.ca/frame-prioritization-within-ethernet-ip-and-profinet/</a>

Sumamos los bytes correspondientes al encabezado IP tomando de 2 bytes en 2 bytes



Checksum (Cálculo para la capa de Transporte)

Para obtener la suma de comprobación de la capa de Transporte deben seguirse los siguientes pasos de acuerdo al RFC 793:

- + Formar un pseudoencabezado con la siguiente información:
  - (IP origen, IP destino, 0x00, Protocolo, longitud PDU Transporte)
- + Poner ceros en la posición del checksum (transporte).
- + Symar el pseudoencabezado + PDU Transporte.
- + Sumar cualquier acarreo fuera de los 16 bits.
- + Complementar a 1 el resultado.

Imagen: <a href="https://www.jcomautomation.ca/frame-prioritization-within-ethernet-ip-and-profinet/">https://www.jcomautomation.ca/frame-prioritization-within-ethernet-ip-and-profinet/</a>

- Checksum (Cálculo para la capa de Transporte)
- + Pseudoencabezado:

(IP origen, IP destino, 0x00, Protocolo, longitud PDU Transporte)

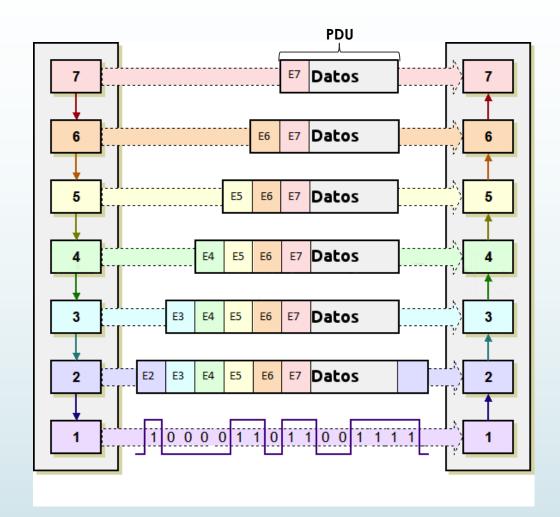


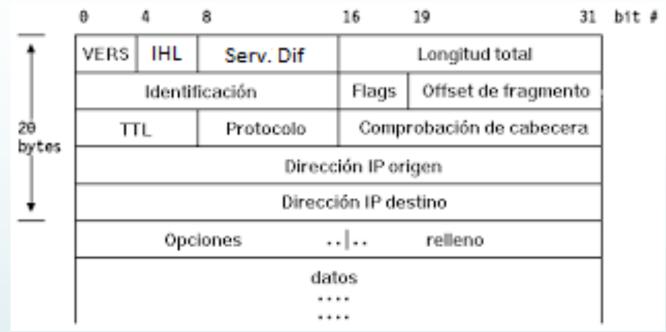
Imagen: https://planificacionadministracionredes.readthedocs.io/es/latest/Tema02/Teoria.html

#### Control de error

Checksum (Cálculo para la capa de Transporte)

+ Pseudoencabezado:

(IP origen, IP destino, 0x00, Protocolo, longitud PDU Transporte)



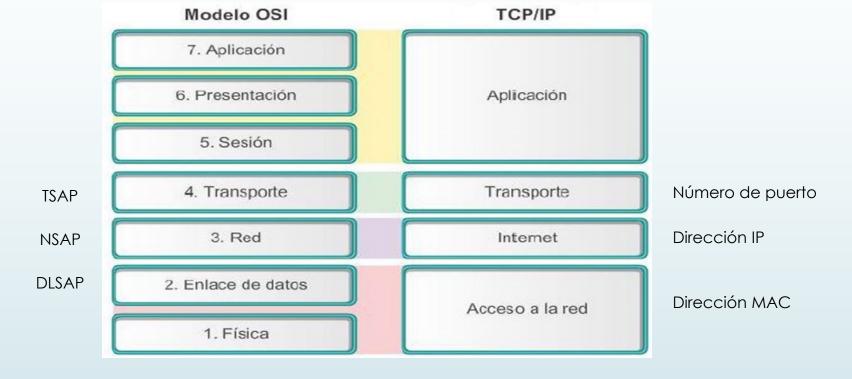
	Tra	ıma Ethernet		
6 bytes	6 bytes	2 bytes	46 - 1500 bytes	4 bytes
Dirección MAC Destino	Dirección MAC Origen	Longitud	Info. capas superiores o Datos	CRC

Imagenhttp://personales.upv.es/rmartin/Tcplp/cap02s03.html

Imagen: http://www.mailxmail.com/curso-redes-area-local-conmutadas/tipos-conmutacion-lan

#### Direccionamiento

Nivel de direccionamiento

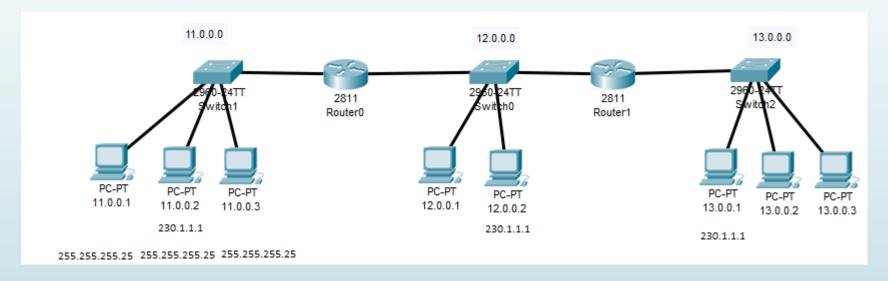


http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/comdat1/material/ElmodeloOSI.pdf

\*Fuente:Stallings W. (2004). Protocolos y Arquitectura. En Comunicaciones y redes de computadores. (pp. 27-57).USA: Pearson Education.

#### Direccionamiento

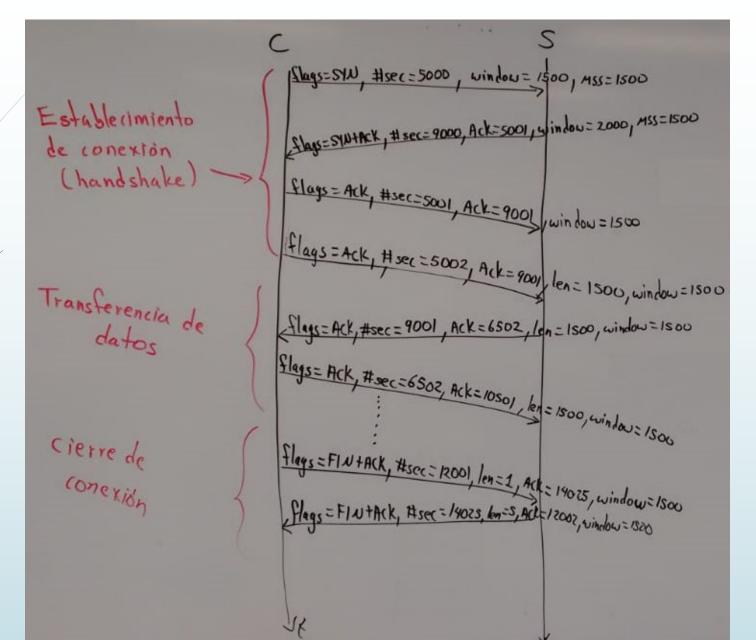
- Modo de direccionamiento
  - + Unidifusión (unicast): una dirección identifica a solo un host
  - + Multidifusión (multicast): una dirección identifica a algunos hosts del grupo
  - + Difusión (broadcast): una dirección identifica a todos los hosts en un segmento



### Entrega en orden

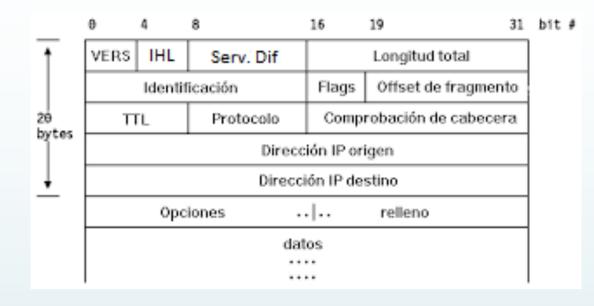


#### Control de conexión



#### Servicios de transmisión





#### Servicios de transmisión

Servicios diferenciados (RFC 2474, 2475)

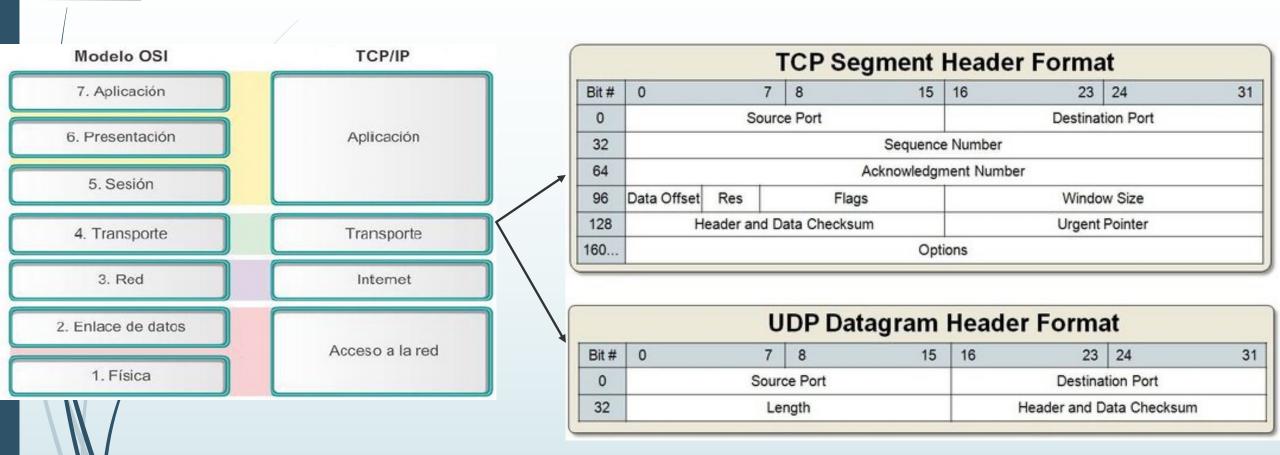
X	X	X	0	0	0	ECN
---	---	---	---	---	---	-----

XXX	Significado	Uso
111	Control de red	Tráfico de control (Ej. enrutamiento)
110	Control de Internet	eriloidifileriloj
101	Critic/ECP	Voz
100	Flash override	Streaming
000	Rutina	Default
001	Prioridad	Libre para clasificar tráfico de datos

E	ECN (Notificación de Congestión Explícita)				
00	Sin capacidad ECN				
01	Capacidad ECN (1)				
10	Capacidad ECN (0)				
11	Congestión encontrada				

\*Fuente: <a href="https://tools.ietf.org/html/rfc2474">https://tools.ietf.org/html/rfc2474</a>, <a href="https://tools.ietf.org/html/rfc2474">https://tools.ietf.org/html/rfc2474</a>, <a href="https://tools.ietf.org/html/rfc2474">https://tools.ietf.org/html/rfc2474</a>,

#### Multiplexación



\*Fuente http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/comdat1/material/ElmodeloOSI.pdf

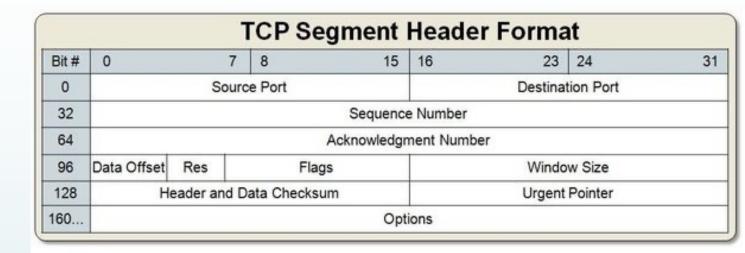
## Multiplexación

-Se pueden multiplexar cerca de 131,072 servicios en red:

+ 65536 TCP

+ 65536 UDP

-Algunos están definidos en RFC 1700, RFC 1340



UDP Datagram Header Format								
Bit #	0	7	8	15	16	23	24	31
0	Source Port			Destination Port				
32	Length			Header and Data Checksum				

\*Fuente: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fplatzi.com%2Fclases%2F1277-redes%2F11177-tcp-y-udp%2F&psig=AOvVaw1yT8GzT0IN--wXQN0DqQH0&ust=1598320069068000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCMDGnLzcsusCFQAAAAAAAAAAAAAADAD

# Segmentación y ensamblado

Unidad de Transmisión Máxima (MTU) //RFC 1191, RFC 879

+ Ethernet: 1500 bytes

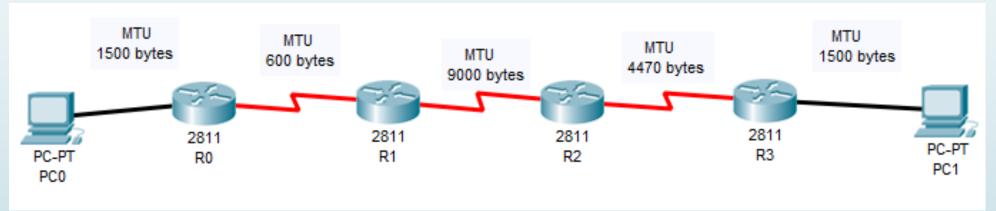
+ Jumbo Ethernet: 9000 bytes

+ PPPoE: 1492 bytes

+ **ATM**: 91,80 bytes

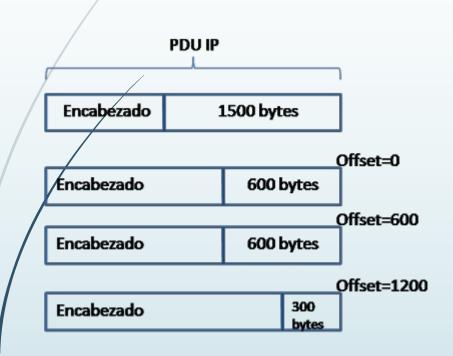
+ **FDDI**: 4470 bytes

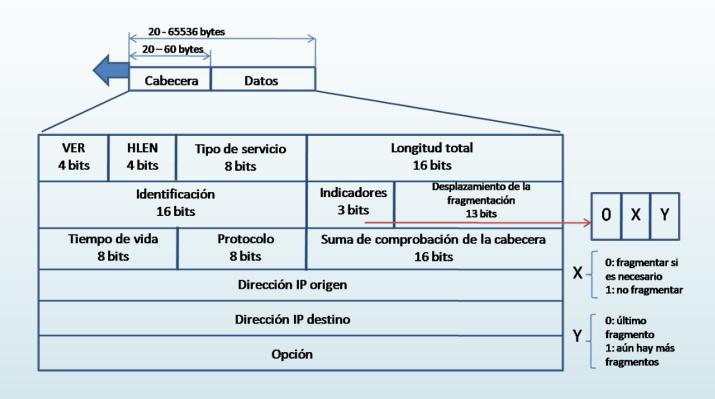
+ **PPP**: 576 bytes



<sup>\*</sup>Fuente: <a href="https://tools.ietf.org/html/rfc1191">https://tools.ietf.org/html/rfc879</a>

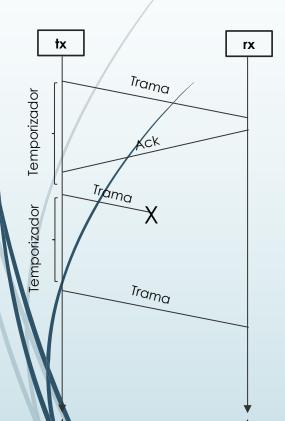
# Segmentación y ensamblado



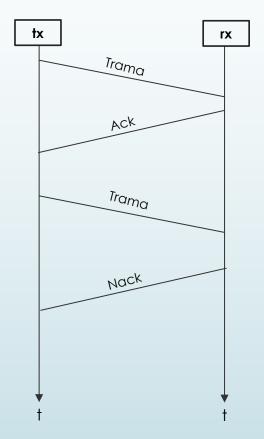


- De acuerdo con Stallings(2004), es una operación realizada por el receptor para limitar la velocidad a la que el emisor le envía datos para evitar ser saturado con datos que aún no puede procesar. Existen 2 estrategias:
  - + **Parar y esperar**: El transmisor solo puede tener una trama en tránsito. Debe recibir un acuse positivo antes de transmitir la siguiente trama.
  - + **Ventana deslizante**: El transmisor puede transmitir hasta k tramas (k=tamaño máximo de ventana) sin haber recibido un acuse.

Control de error en parar y esperar

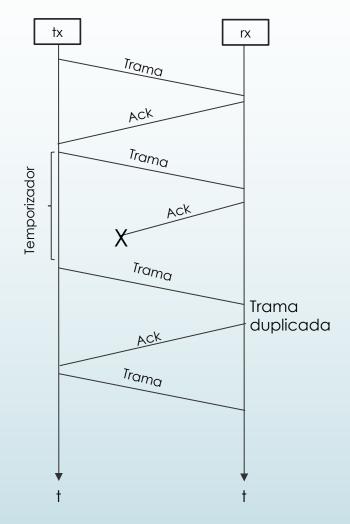


Una trama se pierde



Una trama se daña

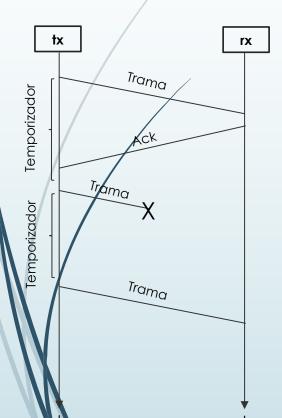
Una acuse se pierde



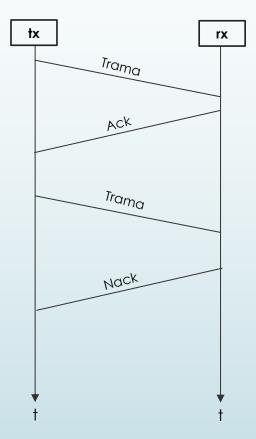
\*Fuente:http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/teleproc/Comunicaciones/Presentaciones\_Proyector/ControldelEnlacedeDatos.pdf.

Control de error en parar y esperar

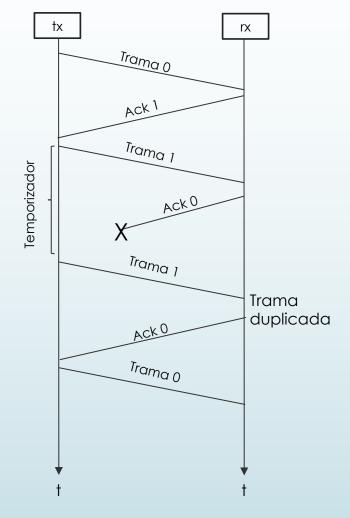
Una trama se daña



Una trama se pierde



Una acuse se pierde



\*Fuente:http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/teleproc/Comunicaciones/Presentaciones\_Proyector/ControldelEnlacedeDatos.pdf.

Utilización de canal en parar y esperar: es una medida de la eficiencia con la que se está utilizando el medio de transmisión.

$$U = \frac{t_{\text{util}}}{t_{total}} \times 100$$

Antes de desarrollar los términos de la ecuación, se definen algunos conceptos útiles para calcular el  $t_{total}$ .

- + t<sub>trama</sub>: tiempo que le toma al transmisor sacar toda la trama al medio de transmisión.
- +  $t_{prop}$ : tiempo que le toma a la onda electromagnética viajar del transmisor al receptor.
- +  $t_{proc}$ : tiempo entre la recepción de una trama y el inicio de la transmisión de una respuesta.
- +  $t_{ack}$ : tiempo de trama cuando la trama es un acuse. Las tramas de acuse son mucho menores que las tramas de información ( $t_{trama} >> t_{ack}$ ).

$$t = t_{trama}$$

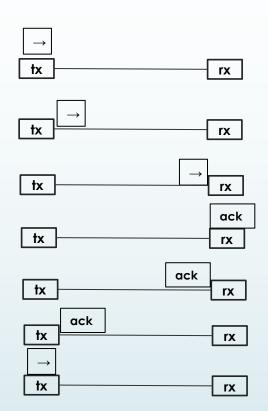
$$t = t_{trama} + t_{prop}$$

$$t = t_{trama} + t_{prop} + t_{proc}$$

$$t = t_{trama} + t_{prop} + t_{proc} + t_{ack}$$

$$t = t_{trama} + t_{prop} + t_{proc} + t_{ack} + t_{prop}$$

$$t = t_{trama} + t_{prop} + t_{proc} + t_{ack} + t_{prop}$$



$$U = \frac{t_{trama}}{t_{trama} + tprop + tproc + tack + tprop + tproc} \times 100$$

Considerando que la tecnología ha reducido cada vez más  $t_{proc}$  comparado con  $t_{prop}$  que se ha mantenido relativamente constante, entonces  $t_{proc} \rightarrow 0$ .

Considerando además que  $t_{trama} >> t_{ack}$ , entonces podemos despreciar a  $t_{ack}$  y la ecuación queda como:

$$U = \frac{t_{trama}}{t_{trama} + 2t_{prop}} \times 100$$

Dividiendo numerador y denominador por t<sub>trama</sub>

$$U = \frac{\frac{t_{trama}}{t_{trama}}}{\frac{t_{trama}}{t_{trama}} + 2\frac{t_{prop}}{t_{trama}}} \times 100 = \frac{1}{1 + 2\frac{t_{prop}}{t_{trama}}} \times 100$$

Si introducimos la variable  $a = \frac{t_{prop}}{t_{trama}}$  y sustituimos en la ecuación, esta queda como:

$$U = \frac{1}{1+2a} \times 100$$

Ej. Calcule la utilización de una LAN que une a dos computadoras con un cable coaxial de 500 mts. Para transmitir/framas de 1500 bytes a 10Mbps.

Sabiendo que 
$$U = \frac{1}{1+2a} \times 100 \quad \text{y que a} = \frac{t_{prop}}{t_{trama}} \quad \text{procedemos a encontrar } t_{prop} \text{ y } t_{trama}$$

$$v_{prop} = \frac{distancia}{t_{prop}}$$
,  $t_{prop} = \frac{distancia}{v_{prop}}$ 
 $t_{prop} = \frac{500 \text{ m}}{2 \times 108_{m/s}} = 2.5 \mu \text{s}$ 

$$t_{prop} = \frac{500 \, m}{2 \times 108_{m/s}} = 2.5 \mu s$$

$$\frac{10x10^6bits}{1s} = \frac{1500(8)}{t_{trama}}$$

$$t_{trama} = \frac{12000 \ bits \ s}{10 \times 10^6 \ bits} = 1.2 \text{ms}$$

$$v_{prop} = \begin{cases} 3x10^8 \text{ medios no guiados} \\ 2x10^8 \text{ medios guiados} \end{cases}$$

Ej. Calcule la utilización de una LAN que une a dos computadoras con un cable coaxial de 500 mts. Para transmitir tramas de 1500 bytes a 10Mbps.

$$a = \frac{t_{prop}}{t_{trama}} = \frac{2.5 \times 10^{-6} \text{S}}{1.2 \times 10^{-3} \text{s}} = 20.83 \times 10^{-3}$$

$$U = \frac{1}{1+2a} \times 100 = \frac{1}{1+2(20.83x_{10}^{-3})} \times 100 = 96\%$$

**Ejercicio**. Calcule la utilización de un enlace satelital que emplea un satélite geoestacionario para transmitir tramas de 100 bytes con un módem de 64kbps.

\*Nota1. El receptor no es el satélite, sino la estación terrestre a la que van dirigidos los datos.

\*Nota2. Satélite geoestacionario orbita a 36,000km

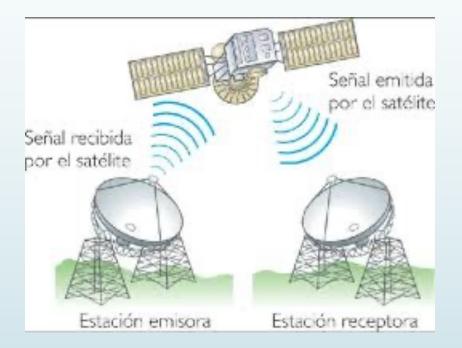


Imagen: <a href="http://electiva3iutllkerlyortega.blogspot.com/2017/04/comunicacion-por-satelite.html">http://electiva3iutllkerlyortega.blogspot.com/2017/04/comunicacion-por-satelite.html</a>

\*Fuente: http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/teleproc/Comunicaciones/Presentaciones\_Proyector/ControldelEnlacedeDatos.pdf.

Ejercicio. Calcule la utilización de un enlace satelital que emplea un satélite geoestacionario para transmitir tramas de 100 bytes con un módem de 64kbps.

Sabiendo que U = 
$$\frac{1}{1+2a}$$
 x 100 y que a =  $\frac{t_{prop}}{t_{trama}}$  procedemos a encontrar  $t_{prop}$  y  $t_{trama}$ .

$$v_{prop} = \frac{distancia}{t_{prop}}, t_{prop} = \frac{distancia}{v_{prop}}$$

$$t_{prop} = \frac{72 \times 10^6 \, m}{3 \times 108_{m/s}} = 0.24s$$

$$\frac{64x10^3 bits}{1s} = \frac{100(8)}{t_{trama}}$$

$$t_{trama} = \frac{800 \ bits \ s}{64 \times 10^3 \ bits} = 0.0125 s$$

$$v_{prop} = \begin{cases} 3x10^8 \text{ medios no guiados} \\ 2x10^8 \text{ medios guiados} \end{cases}$$

Ejercicio. Calcule la utilización de un enlace satelital que emplea un satélite geoestacionario para transmitir tramas de 100 bytes con un módem de 64kbps.

$$a = \frac{t_{prop}}{t_{trama}} = \frac{0.24s}{0.0125s} = 19.2$$

$$U = \frac{1}{1+2a} \times 100 = \frac{1}{1+2(19.2)} \times 100 = 2.53 \%$$

Ventana deslizante

Se le permite al transmisor enviar hasta k tramas sin haber recibido un acuse, con la finalidad de mejorar la eficiencia (mayor utilización) cuando  $t_{prop} >> t_{trama}$ 

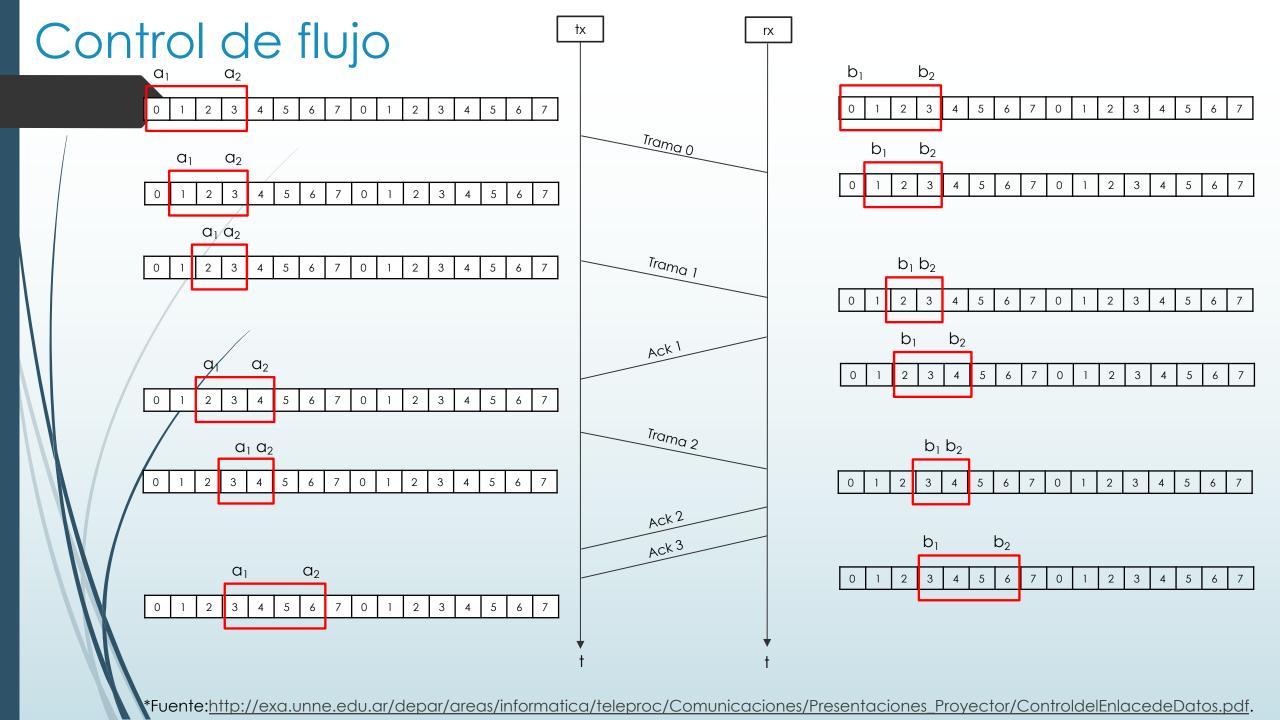
Implementación

Se tienen 2 buffers y 4 apuntadores:

- a<sub>1</sub> Indica el inicio de la ventana (transmisor), se desplaza cerrando la ventana cada que se transmite una trama.
- a<sub>2</sub> Indica el fin de la ventana (transmisor), se desplaza abriendo la ventana cada que se recibe un acuse de recibo (ack) en secuencia.
- b<sub>1</sub> Indica el inicio de la ventana (receptor), se desplaza cerrando la ventana cada que se recibe una trama.
- b<sub>2</sub> Indica el fin de la ventana (receptor), se desplaza abriendo la ventana cada que se transmite un acuse de recibo (ack).

El objetivo es que ambas ventanas (transmisor-receptor) sean iguales.

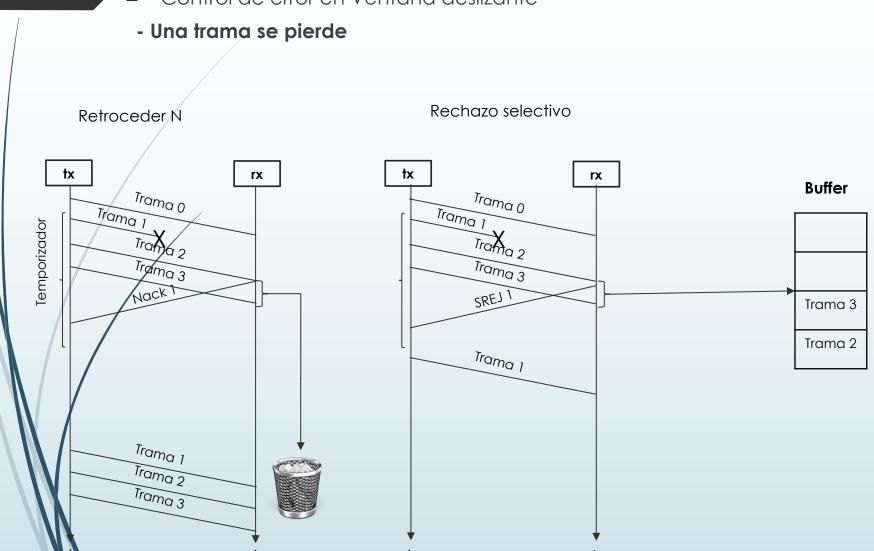
\*Fuente: http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/teleproc/Comunicaciones/Presentaciones\_Proyector/ControldelEnlacedeDatos.pdf.



Control de error en Ventana deslizante (2 opciones):

- Retroceder N: El receptor no tiene permitido recibir tramas fuera de secuencia.
- Rechazo selectivo: El receptor si puede recibir tramas fuera de secuencia.

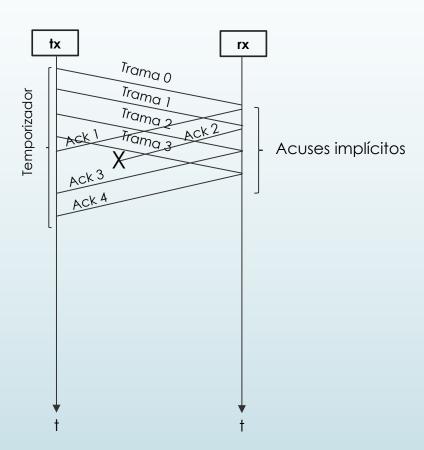
Control de error en Ventana deslizante



\*Fuente: http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/teleproc/Comunicaciones/Presentaciones\_Proyector/ControldelEnlacedeDatos.pdf.

- Control de error en Ventana deslizante
- Un acuse se pierde

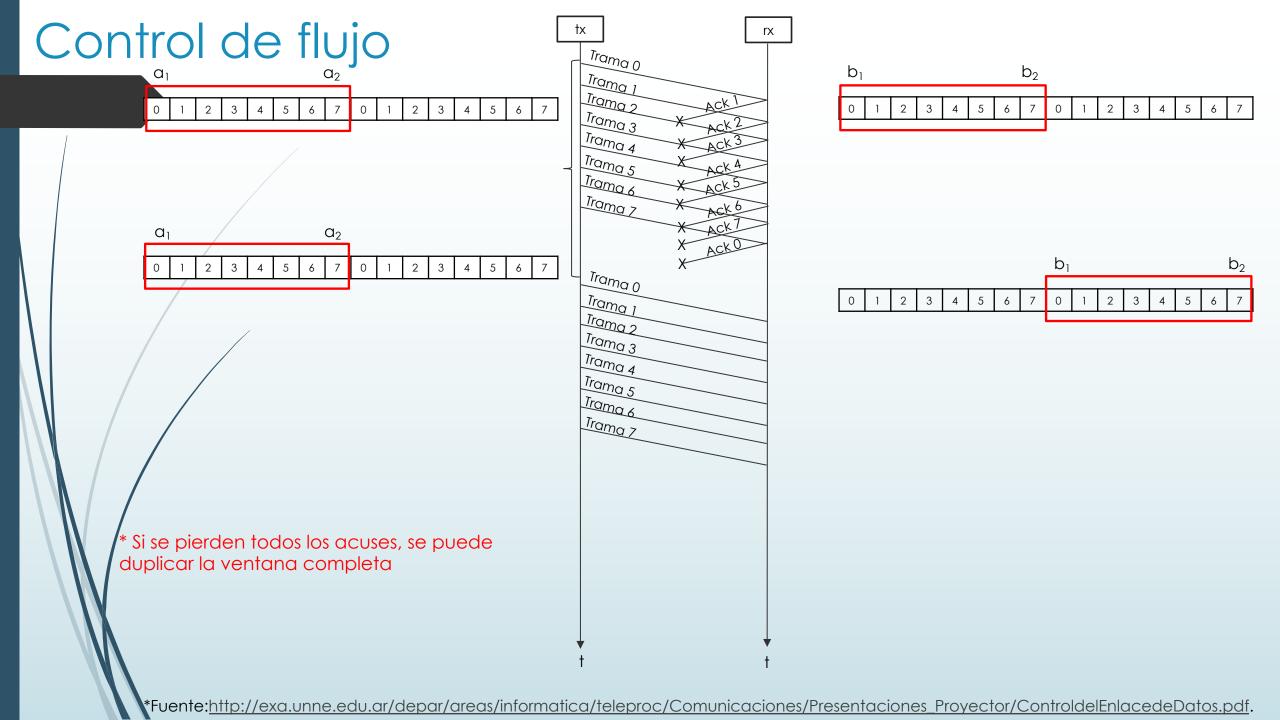
Retroceder N, Rechazo selectivo

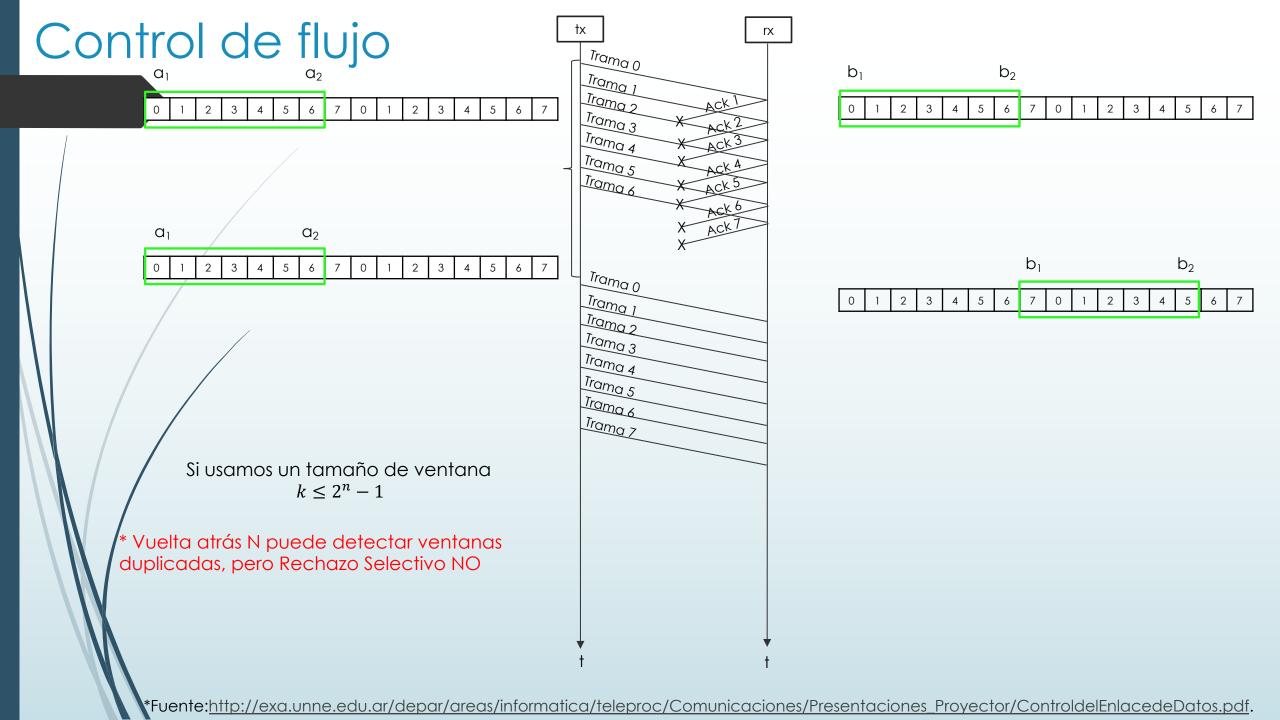


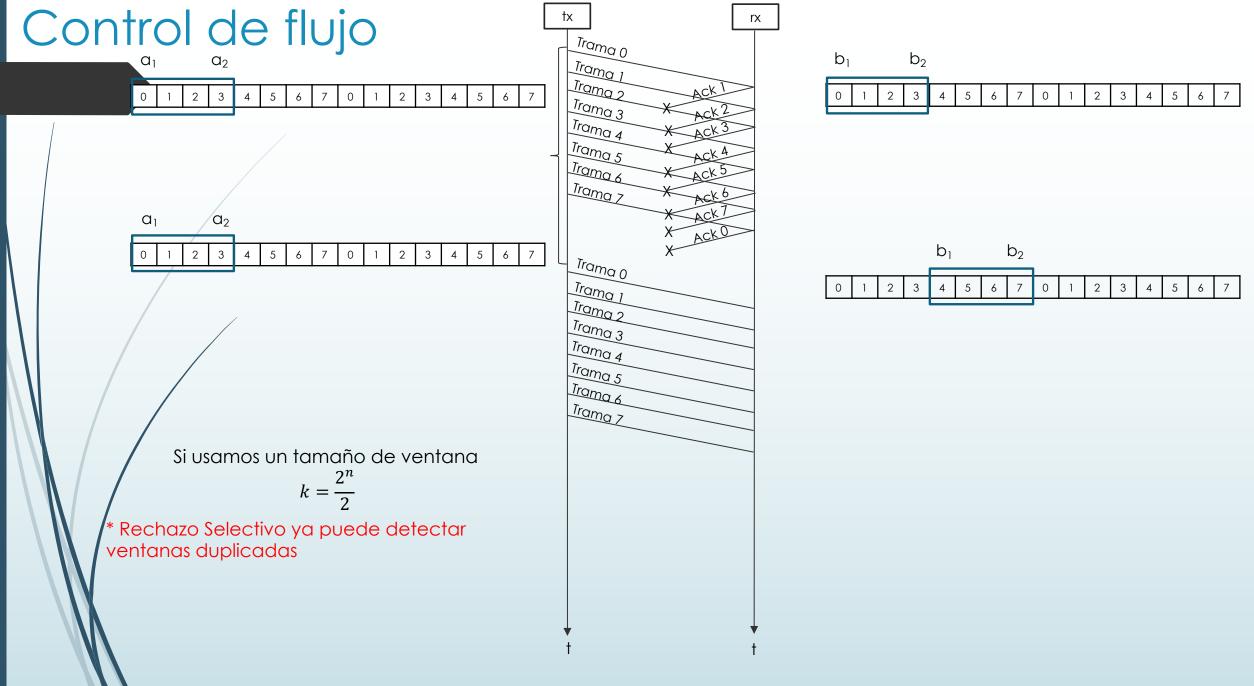
\*Fuente: http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/teleproc/Comunicaciones/Presentaciones\_Proyector/ControldelEnlacedeDatos.pdf.

- Control de error en Ventana deslizante
- Todos los acuses se pierden

Supongamos que K=8 (ventana de 8 tramas) y n=3 (3 bits para numerar 8 tramas). Supongamos que se envían las 8 tramas, se reciben bien y se transmiten los 8 acuses, pero todos ellos se pierden en el camino







\*Fuente: http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/teleproc/Comunicaciones/Presentaciones\_Proyector/ControldelEnlacedeDatos.pdf.

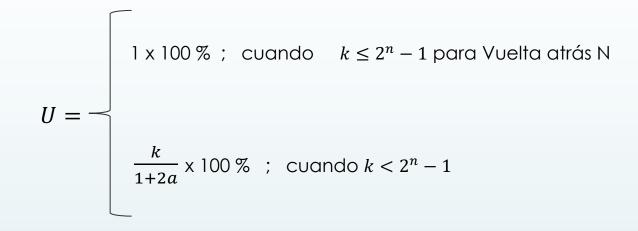
- Control de error en Ventana deslizante
- Tamaño máximo de ventana

 $k \le 2^n - 1$  para Vuelta atrás N

Tamaño máximo de ventana ≺

 $k = \frac{2^n}{2}$  para Rechazo Selectivo

Utilización de canal en Ventana deslizante



1.- Calcule el número de bits necesarios en el campo número de secuencia para que la utilización de un canal satelital que utiliza un modem de 64kbps para transmitir tramas de 100 bytes sea del 100% si se utiliza rechazo selectivo.

DATOS FÓRMULAS RESULTADO