

NIVEL FISICO

Boletín 1

1. Un canal de comunicaciones debe soportar una velocidad de datos de hasta 10 kbps. El canal tiene una relación señal a ruido de 50 dB. ¿Cuál es el ancho de banda máximo en hercios para este canal?

Utilizaremos la formula de SHANONN que es: $C = B_T \cdot \log_2(1 + SNR)$

Capacidad=10Kbps

$$SNR_{db} = 50dB \xrightarrow{\text{Sin dB}} SNR = \frac{\text{antilog}50}{10} = 100000$$

La capacidad(C) se mide en bps en este caso 10000 bps = 10kbps.

Sustituimos las incógnitas de la ecuación de Shannon:

$$C = B_T \cdot \log_2(1 + SNR) .$$

$$10000 = B_T \cdot \log_2(1 + 100000)$$

$$10000 = B_T \cdot \log_2(100001) \xrightarrow{\text{Despejamos}} B_T = \frac{10000}{\log_2(100001)} = \frac{10000}{16,666} = 602,40\text{Hz}$$

2. Se transmite una imagen digitalizada de TV de 480*500 puntos, en la que cada punto puede tomar uno de entre 32 posibles valores de intensidad. Supón que se envían 30 imágenes por segundo (esta fuente digital es aproximadamente igual a los estándares adoptados para la difusión de TV).

30 imágenes/segundo

1/32 posibles valores \rightarrow 5 bit cada punto

Resolución imagen \rightarrow 480*500

- a) **Determina la velocidad de transmisión R de la fuente en bps.**

$$\text{Tamaño imagen} = 480 \cdot 500 \cdot 5 = 1200000\text{bits}$$

La velocidad de transmisión de la imagen se calcula sabiendo que se mandan 30 imágenes en un segundo y sabiendo el tamaño de la imagen.

$$V_T = 30 \cdot 1200000 = 36000000 \text{ bps} \approx 36 \text{ Mbps}$$

- b) **La fuente anterior se transmite por un canal de 4,5 MHz de ancho de banda con una relación señal ruido de 35 dB. Encuentra la capacidad del canal en bps.**

$$SNR_{db} = 35 \longrightarrow SNR = \frac{\text{antilog}35}{10} = 3162,27$$

Para sacar la capacidad utilizamos la formula de Shanom.

$$C = B_T \cdot \log_2(1 + SNR)$$

$$C = (4,5 \cdot 10^6) \cdot \log_2(1 + 3162,27) \longrightarrow C = (4,5 \cdot 10^6) \cdot 11,62 = 52290000 \approx 52 \text{ Mbps}$$

3. Para operar a 9600 bps se usa un sistema de señalización digital:

- a) Si cada elemento de señal se codifica una palabra de 4 bits ¿Cuál es el ancho de banda mínimo necesario?

Utilizamos la formula de Nyquists

$$C = 2 \cdot B \cdot \log_2(M)$$

La capacidad la tenemos son 9600 bps, los niveles también por que para 4 bits por palabra tenemos 16 niveles de tensión (M)

$$9600 = 2 \cdot B \cdot \log_2(16) \longrightarrow 9600 = 2 \cdot B \cdot 4 \xrightarrow{\text{Despejamos } B} B = \frac{9600}{2 \cdot 4} = 1200\text{Hz}$$

b) **¿Y para palabras de 8 bits?**

$$C = 2 \cdot B \cdot \log_2(M)$$

La capacidad la tenemos son 9600 bps, los niveles de tensión para 8 bits son 256 (M)

$$9600 = 2 \cdot B \cdot \log_2(256) \longrightarrow 9600 = 2 \cdot B \cdot 8 \xrightarrow{\text{Despejamos } B} B = \frac{9600}{2 \cdot 8} = 600\text{Hz}$$

4. **Supón que el espectro de un canal esta situado entre 3 MHz y 4MHz. La SNR es 24 dB. Obtén la máxima capacidad del canal. Según la forma de Nyquist, ¿Cuántos niveles de señalización se necesitaran para alcanzar ese limite?**

Obtener la máxima capacidad del canal

$$B_T = 1\text{MHz}$$

$$SNR_{dB} = 24\text{dB} \longrightarrow SNR = \frac{\text{antilog } 24}{10} = 251,18$$

$$C = B \cdot \log_2(1 + SNR)$$

$$C = (1 \cdot 10^6) \cdot \log_2(252,18) \longrightarrow C = (1 \cdot 10^6) \cdot 7,9783 = 7978300\text{bps} \approx 8\text{Mbps}$$

Con la capacidad calculada vemos con la formula de Nyquist cuantos niveles de señalización se necesitan.

$$C = 8\text{ Mbps}$$

Formula de Nyquist

$$C = 2 \cdot B \cdot \log_2(M)$$

$$(8 \cdot 10^6) = 2 \cdot (1 \cdot 10^6) \cdot \log_2(M) \longrightarrow (8 \cdot 10^6) = 2 \cdot (1 \cdot 10^6) \cdot \frac{\log(M)}{\log 2}$$

$$8000000 = 2000000 \cdot \frac{\log(M)}{\log 2} \longrightarrow \frac{8000000}{2000000} = \frac{\log(M)}{\log 2} \longrightarrow 4 \cdot \log 2 = \log(M)$$

$$1,2041 = \log(M) \longrightarrow M = 16$$

16 niveles de señalización para una capacidad de 8 Mbps y con un ancho de banda de 1 MHz.

5.

6. **Calcula el ruido térmico que soporta un cable coaxial a temperatura ambiente, sabiendo que el ancho de banda es 350 MHz.**

$$B_T = 350\text{MHz}$$

$$\text{Temperatura} = 17^\circ\text{C} = 290\text{ K}$$

La temperatura ambiente en redes es 17 °C

La formula de ruido térmico es:

$$N_0 = K \cdot T \cdot \left(\frac{W}{Hz} \right)$$

$$N_0 = K \cdot T \cdot B$$

K es siempre $1,38 \cdot 10^{-23}$

B equivale a esto en decibelios.

$$N_{dB} = 10 \cdot \log \cdot K + 10 \cdot \log \cdot T + 10 \cdot \log \cdot B$$

$$N_{dB} = (10 \cdot \log \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}) + (10 \cdot \log \cdot 290) + (10 \cdot \log \cdot 350 \cdot 10^6)$$

$$N_{dB} = -118,79 \text{ dB} / W$$

7. Si para una probabilidad de error de 1 cada 1000, necesitamos que $E_b / N_o = 7.2\text{dB}$ ¿Qué potencia de señal necesitamos para transmitir a 10 Mbps , si el medio esta a una temperatura de 20 °C considerando solo perturbación en la señal por ruido térmico?

$$\text{BER} = 1/1000$$

$$\frac{E_b}{N_o} = 7.2\text{dB}$$

$$T = 20^\circ\text{C} \rightarrow 293 \text{ K}$$

$$C = 10 \text{ Mbps} \rightarrow R$$

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S/R}{K \cdot T} = \frac{S}{K \cdot T \cdot R}$$

S es la potencia.

R es la tasa de bit.

$$\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dB} = 10 \cdot \log \cdot S - (10 \cdot \log \cdot K + 10 \cdot \log \cdot T + 10 \cdot \log \cdot R)$$

$$\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dB} = 10 \cdot \log \cdot S - (10 \cdot \log \cdot K + 10 \cdot \log \cdot T + 10 \cdot \log \cdot R)$$

Potencia en sdBw

$$7,2\text{dB} = \text{SdBw} + 228,6 - 70 - 24,66$$

$$\text{sdBw} = -7,2 + 228,6 - 70 - 24,66 = -126,73$$

$$\text{sdBw} = -126,73$$

La potencia que necesitamos es -126,73dB

8. NO LO TENGO

9. El siguiente cuadro contiene características eléctricas especificadas sobre tres cables UTP. De los tres cables, ¿Cuál seleccionarías como cable una LAN? ¿Por que?

NO LO TENGO

10. Sea una línea telefónica con una pérdida de 20 dB. La potencia de la señal a la entrada es de 0,5 W y el nivel de ruido a la salida es de 4,5 µW. Calcula la relación señal-ruido en dB a la salida.

$$L = -20 \text{ dB} \rightarrow 100 \text{ W}$$

$$P_{\text{entrada}} = 0,5 \text{ W}$$

$$P_{\text{ruido}} = 4,5 \text{ µW}$$

$$SNR = \frac{\text{Potencia}_{\text{Señal}}}{\text{Potencia}_{\text{Ruido}}} = \frac{\text{Potencia}_{\text{Salida}}}{\text{Potencia}_{\text{Ruido}}} \rightarrow \text{Por que la calculamos a la salida.}$$

Con la funcion de la ganancia obtenemos la potencia de salida

$$G_{dB} = \frac{P_{\text{salida}_{dB}}}{10 \cdot \log \cdot P_{\text{entrada}}} = \frac{P_{\text{salida}_{dB}}}{10 \cdot \log \cdot 0,5W} \xrightarrow{\text{despejamos}} P_{\text{salida}_{dB}} = G_{dB} \cdot 10 \cdot \log \cdot P_{\text{entrada}}$$

Sustituimos

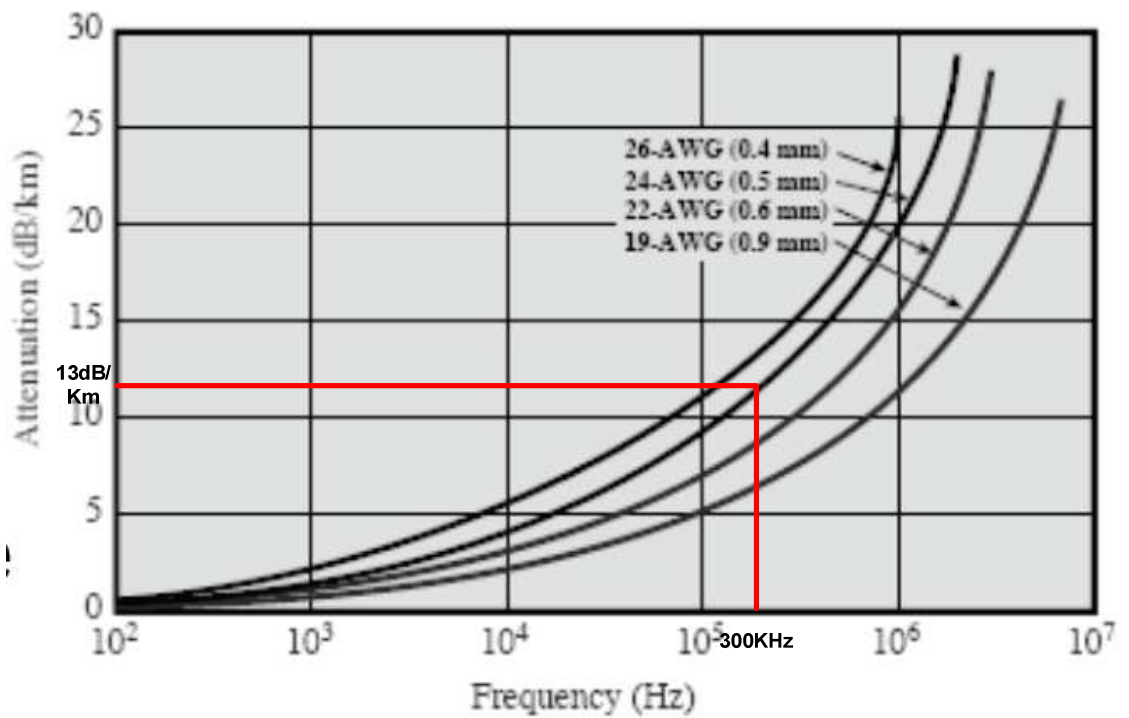
$$P_{\text{salida}_{dB}} = -20dB \cdot (10 \cdot \log \cdot 0,5W) = -20dB \cdot -3,010299 = 60,20dB$$

Es -20 la ganancia por que es la pérdida.

$$SNR_{dB} = \frac{\text{Potencia}_{\text{salida}_{dB}}}{\text{Potencia}_{\text{ruido}_{dB}}} = \frac{60,20dB}{10 \cdot \log \cdot (4,5 \cdot 10^{-6})} = \frac{60,20dB}{-53,4678dB} = -1,1259dB$$

11. Dada una fuente de 100 W , determina la máxima longitud alcanzable en los siguientes medios de transmisión , si la potencia a recibir es 1 vatio.

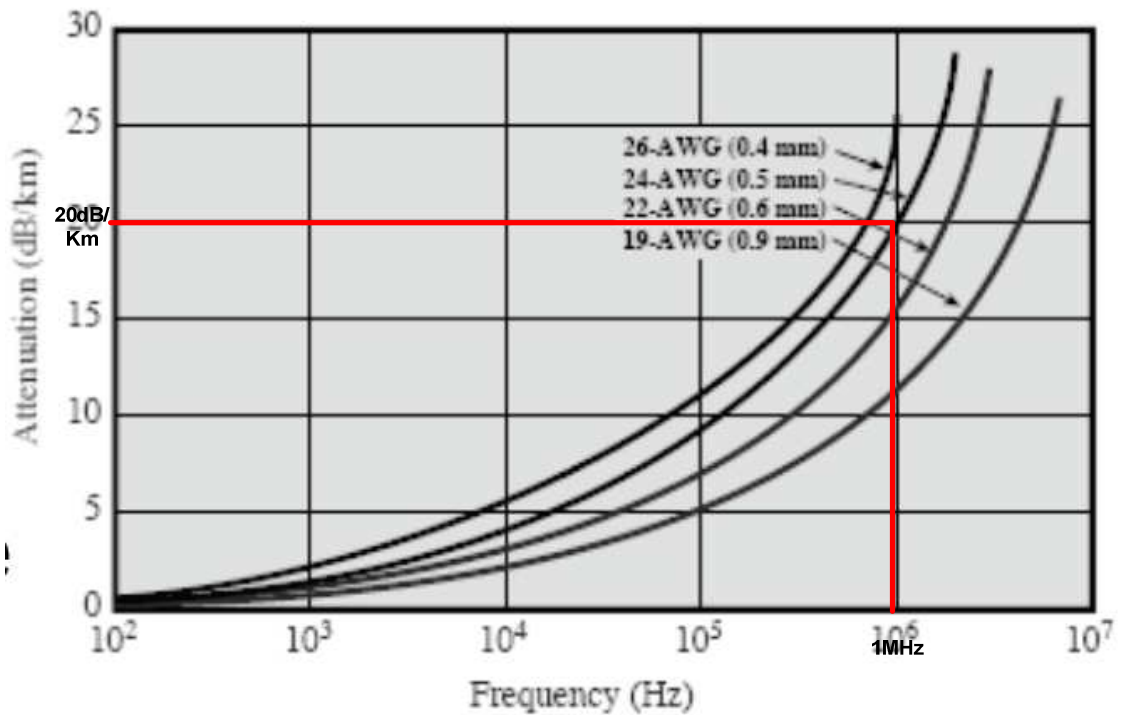
a) Par trenzado de 0,5 mm a 300 KHz.



Fuente= 100 W = 10·log 100 = 20 dB.

$$\frac{\text{Ganacia}_{\text{señal}}_{\text{fuente}}_{\text{dB}}}{\text{Perdida}_{\text{dB}} / \text{Km}} = \frac{20\text{dB}}{13\text{dB} / \text{Km}} 1,53\text{Km}$$

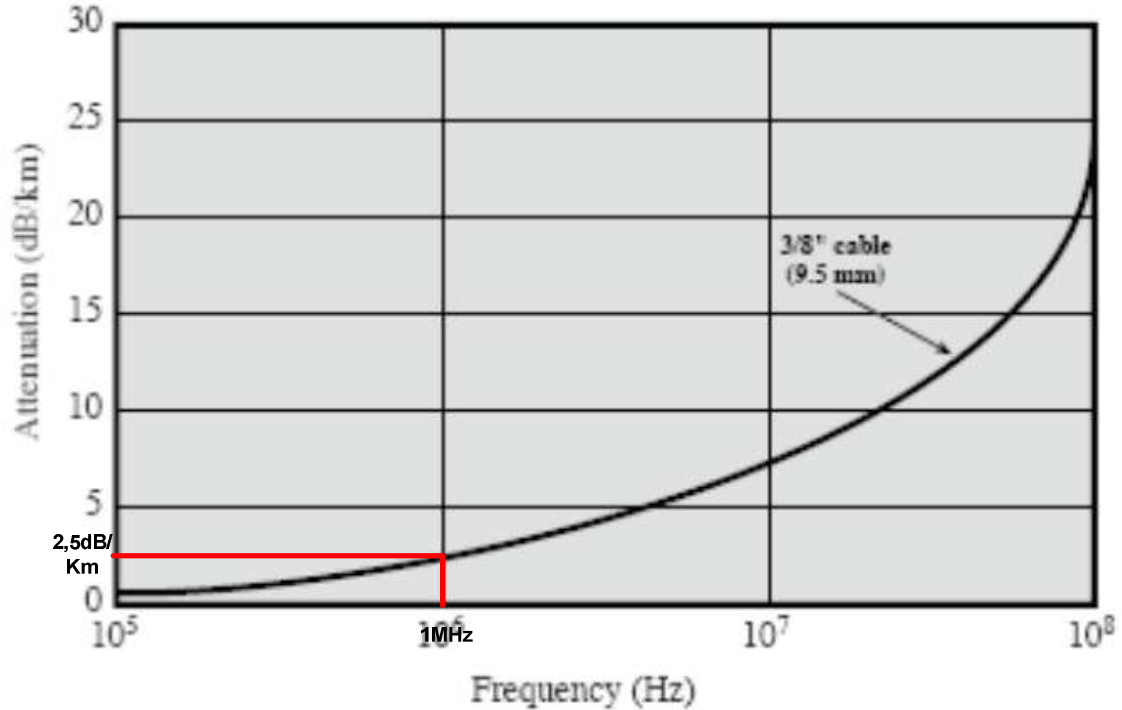
b) Par trenzado de 0,5 mm a 1 MHz.



Fuente= 100 W = 10·log 100 = 20 dB.

$$\frac{\text{Ganacia}_{\text{señal}}_{\text{fuente}_{dB}}}{\text{Pérdida}_{dB} / \text{Km}} = \frac{20dB}{20dB / \text{Km}} 1\text{Km}$$

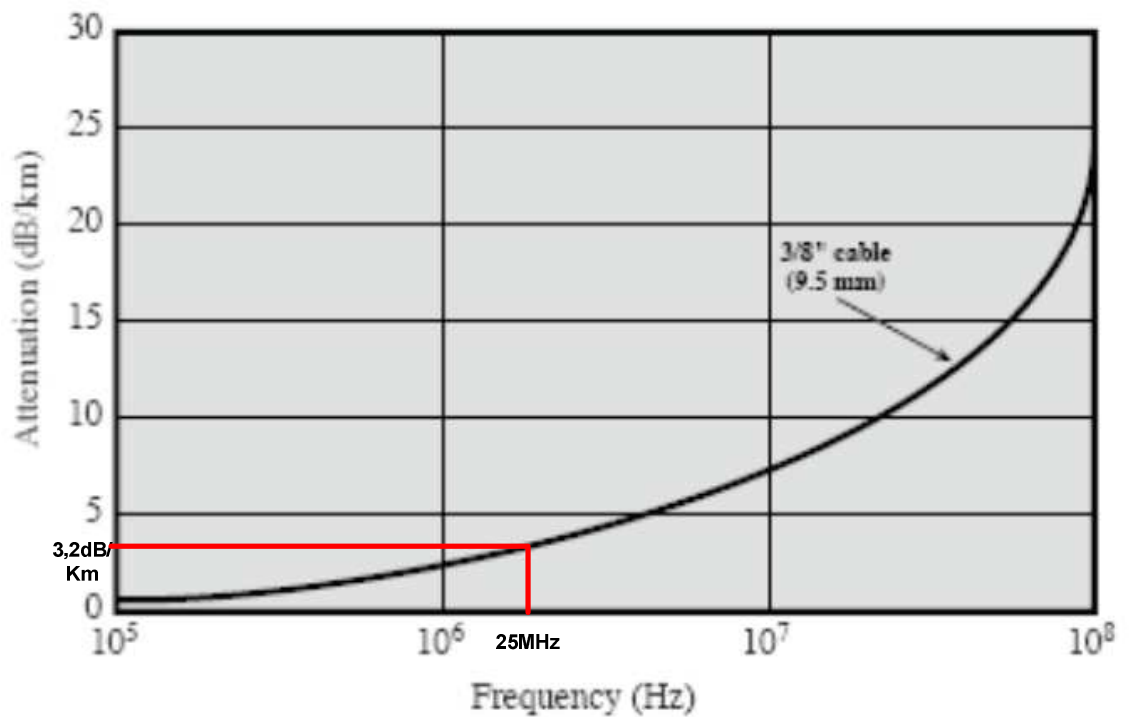
c) Cable coaxial de 9,5 mm a 1 MHz.



$$\text{Fuente} = 100 \text{ W} = 10 \cdot \log 100 = 20 \text{ dB.}$$

$$\frac{\text{Ganacia}_{\text{señal}}_{\text{fuente}_{dB}}}{\text{Pérdida}_{dB} / \text{Km}} = \frac{20dB}{2,5dB / \text{Km}} 8\text{Km}$$

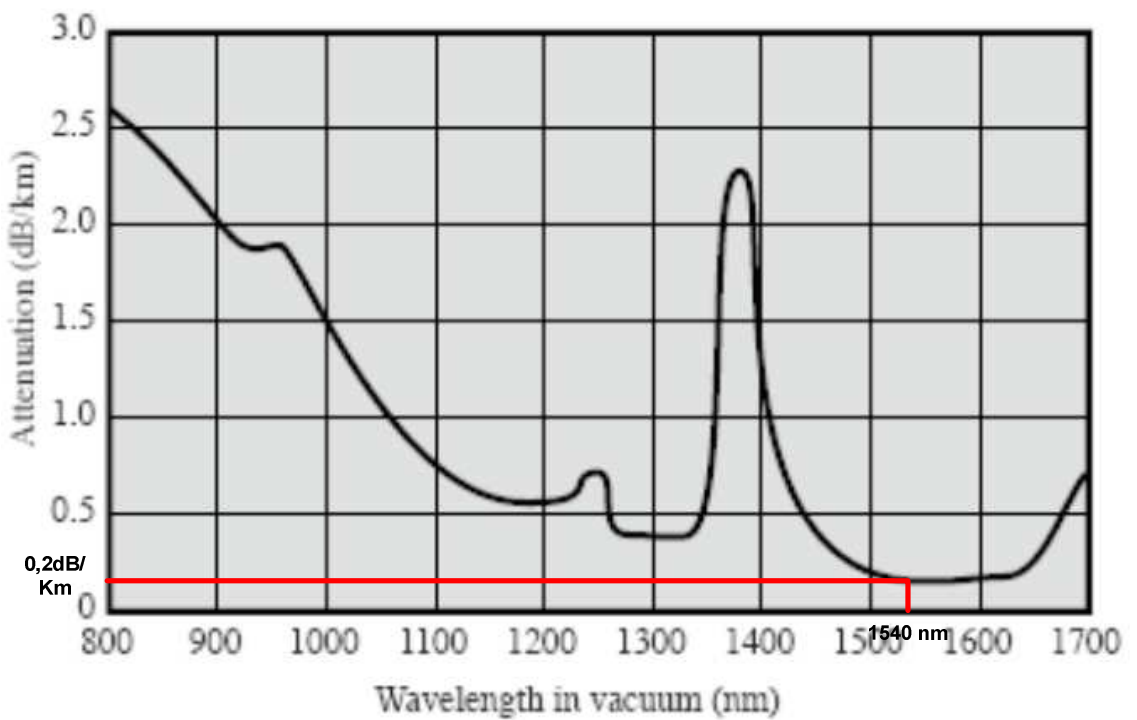
d) Cable coaxial de 9,5 mm a 25 MHz.



Fuente= 100 W = $10 \cdot \log 100 = 20$ dB.

$$\frac{Ganacia_señal_fuente_{dB}}{Perdida_{dB} / Km} = \frac{20dB}{3,2dB / Km} 6,25Km$$

e) Fibra óptica trabajando en su frecuencia óptima.



$$\text{Fuente} = 100 \text{ W} = 10 \cdot \log 100 = 20 \text{ dB.}$$

$$\frac{\text{Ganancia}_{\text{señal}_{\text{fuente}}_{\text{dB}}}}{\text{Pérdida}_{\text{dB}} / \text{Km}} = \frac{20 \text{ dB}}{0,2 \text{ dB} / \text{Km}} 100 \text{ Km}$$

- 12. Demuestra que duplicando la frecuencia de transmisión o duplicando la distancia entre las antenas de transmisión y recepción, la potencia recibida se atenúa en 6dB.**

$$L = \frac{P_{\text{transmisión}}}{P_{\text{recepción}}} = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)^2$$

Si duplicamos la distancia:

$$\frac{\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 2d}{\lambda} \right)^2}{\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)^2} = \frac{\left(\frac{8 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)^2}{\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)^2} = \frac{\left(\frac{8 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)^2}{\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)^2} = \frac{8^2}{4^2} = 4 \xrightarrow{\text{en}_{\text{dB}}} 10 \cdot \log(4) = 6,02 \text{ dB}$$

Si duplicamos la frecuencia:

$$\frac{\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\frac{1}{3 \cdot 10^8} \cdot 2 \cdot f} \right)^2}{\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\frac{1}{3 \cdot 10^8} \cdot f} \right)^2} = \frac{\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d \cdot 2 \cdot f}{3 \cdot 10^8} \right)^2}{\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d \cdot f}{3 \cdot 10^8} \right)^2} = \frac{\left(\frac{8 \cdot \pi \cdot d \cdot f}{3 \cdot 10^8} \right)^2}{\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d \cdot f}{3 \cdot 10^8} \right)^2} = \frac{(8)^2}{(4)^2} = 4 \xrightarrow{\text{en}_{\text{dB}}} 10 \cdot \log(4) = 6,02 \text{ dB}$$

- 13. Un transmisor emite 50 W:**

- a) **Expresa la potencia en dBW.**

$$\text{Potencia} = 50 \text{ W} \xrightarrow{\text{en}_{\text{dB}}} \text{Potencia}_{\text{dB}} = 10 \cdot \log 50 = 16,989 \text{ dB}$$

- b) **Si dicha potencia se aplica a una antena con ganancia unidad, usando una portadora de 900 MHz, ¿Cuál es la potencia recibida en el espacio libre a una distancia de 100m?**

$$d = 100 \text{ m}$$

$$f = 900 \text{ MHz}$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$L = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\frac{1}{\frac{c}{f}}} \right)^2 = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d \cdot f}{c} \right)^2 = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 100 \cdot (900 \cdot 10^6)}{3 \cdot 10^8} \right)^2 = (3769,91118)^2 = 14212230,31$$

$$\xrightarrow{\text{en}_{\text{dB}}} L_{\text{dB}} = 10 \cdot \log 14212230,31 = 71,52 \text{ dB}$$

También se puede calcular así:

$$L_{dB} = 20 \cdot \log(f) + 20 \cdot \log(d) - 20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi}{c}\right) = 71,52dB$$

La pérdida es 71,52dB

Si transmite a una potencia de 50W que son 17dB

$$Potencia_recibida = P_{emision} - L_{dB} = 17 - 71,52 = -54,52dB$$

La potencia recibida es - 54,52 dB por lo tanto no llegara la señal ya que es negativa.

c) **Repita el apartado anterior para una antena de recepción con un factor de ganancia 2.**

$$L = \frac{P_{transmitida}}{P_{repcion}} = \frac{(4\pi)^2 \cdot (d)^2}{G_T \cdot G_R \cdot \lambda^2}$$

Se mejoran 3 dB.

NO SE POR QUE

14. Calcula las perdidas por atenuación de un sistema de microondas que trabaja a 11 GHz con una velocidad de transmisión de 90Mbps si las antenas distan 80 Km.

Distancia (d) = 80 Km

Frecuencia (f) = 11 GHz

L= ¿?

$$L = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)^2$$

$$\text{Sabemos que } \lambda = \frac{\text{Velocidad_propagacion}(c)}{\text{frecuencia}(f)} = \frac{c}{f}$$

$$\text{Calculamos } \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{11 \cdot 10^9} = 0,027272727$$

Sustituimos:

$$L = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot (80 \cdot 10^3)}{0,027272727} \right)^2 = \left(\frac{1005309,64}{0,27272727} \right)^2 = (36861353,84)^2 = 1,3587 \cdot 10^{15}$$

Pasarlo a dB:

$$L_{dB} = 10 \cdot \log(1,358 \cdot 10^{15}) = 151,31dB$$

15. ¿A que altura pondremos las antenas de microondas si nuestro sistema puede soportar una atenuación de 130dBW, transmitiendo con una frecuencia de 6GHz a 90 Mbps?

$$L = 130 \text{ dBW}$$

$$f = 6 \text{ GHz}$$

Para saber la altura de las antenas, h debemos saber primero la distancia que las separa $d = 3,57 \cdot (\sqrt{K \cdot h_1} + \sqrt{K \cdot h_2})$. En esta formula la distancia se expresa en Km.

$$K = \frac{4}{3}$$

Como h_1 y h_2 son iguales la formula queda asi: $d = 3,57 \cdot (\sqrt{K \cdot h}) \cdot 2$

Para sacar la distancia utilizamos la formula de la atenuación de microondas, y ya sabemos que el valor de $L = 130 \text{ dBW}$ por lo tanto habra que pasarlo a no decibelios.

$$L = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)^2 \longrightarrow \sqrt{L} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)^2} \longrightarrow \sqrt{L} = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)$$

$$\sqrt{L} \cdot \lambda = 4 \cdot \pi \cdot d \longrightarrow d = \frac{\sqrt{L} \cdot \lambda}{4 \cdot \pi}$$

$$L_{dB} = 130 \text{ dBW} \longrightarrow L = 1 \cdot 10^{13}$$

$$\lambda = \frac{\text{velocidad}_{\text{propagacion}}}{\text{frecuencia}} = \frac{3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^9} = 0,05$$

Cojemos la formula anterior

$$d = \frac{\sqrt{L} \cdot \lambda}{4 \cdot \pi} = \frac{\sqrt{1 \cdot 10^{13}} \cdot 0,05}{4 \cdot \pi} = 12582,3 \text{ metros}$$

$$12582,3 \text{ metros} \longrightarrow 12,58 \text{ Km}$$

La formula de la para calcular la altura de las antenas

$$d = 3,57 \cdot (\sqrt{K \cdot h}) \cdot 2$$

Sustituimos:

$$12,58 = 3,57 \cdot \left(\sqrt{\frac{4}{3} \cdot h} \right) \cdot 2 \longrightarrow \frac{12,58}{3,57 \cdot 2} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot h} \xrightarrow{\text{Quitar raíz}} \left(\frac{12,58}{3,57 \cdot 2} \right)^2 = \left(\sqrt{\frac{4}{3} \cdot h} \right)^2$$

$$\left(\frac{12,58}{3,57 \cdot 2} \right)^2 = \frac{4}{3} \cdot h \longrightarrow 3,1043 = 1,3333 \cdot h \longrightarrow h = \frac{3,1043}{1,3333} = 2,328 \text{ metros}$$

La altura sera de 2,328 metros para las dos antenas.

¿Y si la atenuación fuera de 150 dBW?

$L = 150 \text{ dBW}$

$f = 6 \text{ GHz}$

$$d = \frac{\sqrt{L} \cdot \lambda}{4 \cdot \pi} = \frac{\sqrt{1 \cdot 10^{15}} \cdot 0,05}{4 \cdot \pi} = 125823,03 \text{ metros}$$

$$125823,03 \text{ metros} \longrightarrow 125,82 \text{ Km}$$

La formula de la para calcular la altura de las antenas

$$d = 3,57 \cdot \left(\sqrt{K \cdot h} \right) \cdot 2$$

Sustituimos:

$$125,82 = 3,57 \cdot \left(\sqrt{\frac{4}{3} \cdot h} \right) \cdot 2 \longrightarrow \frac{125,82}{3,57 \cdot 2} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot h} \xrightarrow{\text{Quitar raíz}} \left(\frac{125,82}{3,57 \cdot 2} \right)^2 = \left(\sqrt{\frac{4}{3} \cdot h} \right)^2$$
$$\left(\frac{125,82}{3,57 \cdot 2} \right)^2 = \frac{4}{3} \cdot h \longrightarrow 310,52 = 1,3333 \cdot h \longrightarrow h = \frac{310,52}{1,3333} = 232,89 \text{ metros}$$

La altura 232,89 metros de altura tendrán las dos antenas.

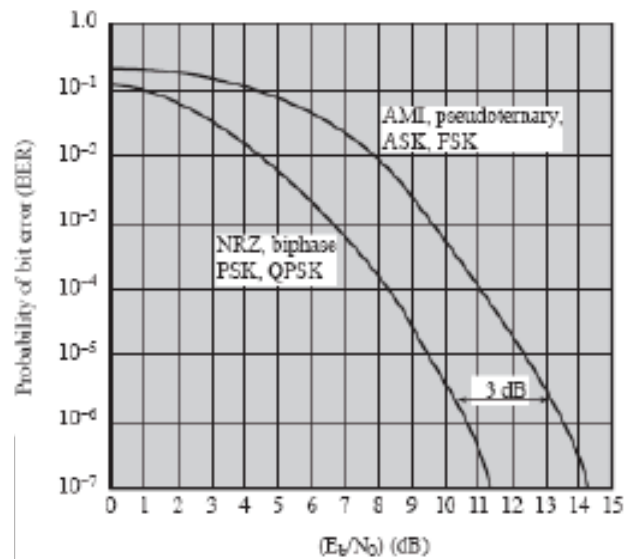
16. Si transmitimos a temperatura ambiente con una probabilidad de error de 1 bit cada 10000 y necesitamos en el receptor una señal recibida con una potencia de 95 dBW. ¿Qué codificación usaremos para transmitir datos digitales, NRZ o AMI, si pretendemos la maxima velocidad de transmisión? ¿Por que?

$$\text{BER} = \frac{1}{10000} = 10^{-4}$$

Temperatura= $17^\circ\text{C} = 290 \text{ K}$

Potencia recibida= 95 dBW

La probabilidad de error por bit esta relacionada con $\frac{E_b}{N_o}$. Miramos la grafica para obtener este valor.



Para NRZ $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} = 8,2 \text{ dB}$

Para AMI $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} = 11 \text{ dB}$

$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} = \frac{S/R}{K \cdot T} \longrightarrow \left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} = \frac{S}{K \cdot T \cdot R} \longrightarrow R \cdot \left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} = \frac{S}{K \cdot T}$$

$$R = \frac{S}{K \cdot T} \cdot \left(\frac{N_o}{E_b}\right)_{dB}$$

Como vemos tenemos la inversa de $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB}$

Para NRZ $\frac{1}{\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB}} = \frac{1}{8,2} = 0,1219$

Para AMI $\frac{1}{\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB}} = \frac{1}{11} = 0,090909$

NECESITO MAS DE ESTE EJERCICIO

17. Queremos comunicar dos ciudades que distan 10 Km mediante par trenzado UTP tipo 5. Si utilizamos amplificadores con una ganancia de 200 dBW situados a 3, 6 y 9 km del transmisor, ¿Qué portencia mínima tendrá la señal en el transmisor para que los datos lleguen al receptor con una probabilidad de

error de 1/1000 ($E_b / N_o = 7,2\text{dB}$)? Transmitimos a 4 Mbps y la temperatura se mantiene a 20 °C salvo en el ultimo km que desciende a 5 °C. La frecuencia de la transmisión es de 25 MHz.

$d=10\text{ Km}$

Ganancia = 200 dBW

$$\frac{E_b}{N_o} = 7,2\text{dB}$$

$$\text{BER} = 1/1000 = 10^{-3}$$

$$V_T = 4\text{ Mbps}$$

$$f = 25\text{ MHz}$$

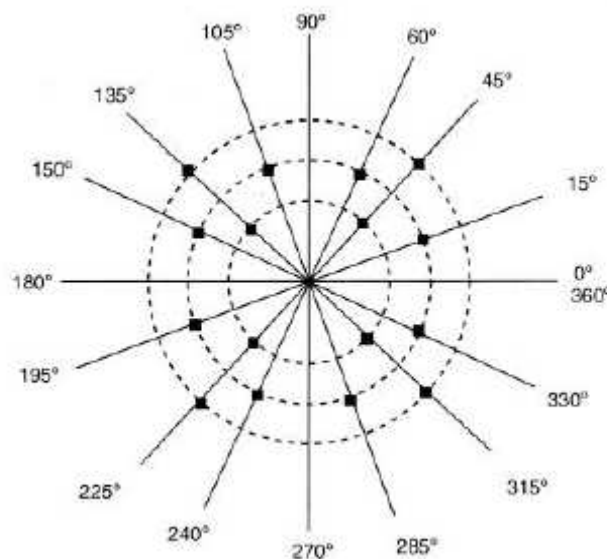
$$T =$$

¿Cuánto pierde UTP5 a 25 MHz?

MIRAR EL DE MOYANO

Boletín 2

1. Si un MODEM es diseñado con el patrón de constelación que se muestra en la figura, ¿Cuál es la velocidad de datos del MODEM si esta transmitiendo a 4800 baudios?



No es FSK por que no se muestra la frecuencia.

Como tiene amplitud y fase es QAM.

Tiene 16 símbolos por lo tanto es 16-QAM :

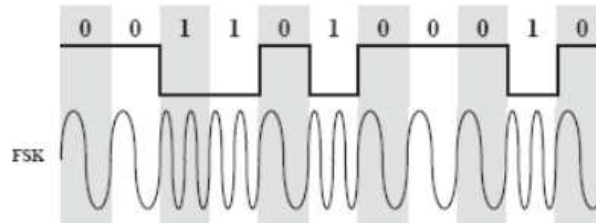
16-QAM $\longrightarrow 2^4$ Cada punto tiene 4 bits , por lo tanto hay 4 bits por símbolo.

Para averiguar la tasa de bits:

Baudios \cdot bits = Velocidad en bits

$$4800\text{ (baudios)} \cdot 4\text{ (bits)} = 19200\text{ bps.}$$

2. Calcula la tasa de baudios para las siguientes tasas de bits y tipos de modulación.
 - a) 2000 bps, FSK



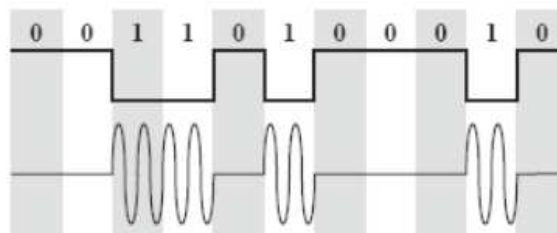
FSK utiliza un bit para representar el 0 o el 1.

Con la formula:

Velocidad_bps= baudios · bits

$$\text{baudios} = \frac{\text{Velocidad_bps}}{\text{bits}} = \frac{2000\text{bps}}{1\text{bit}} = 2000\text{baudios}$$

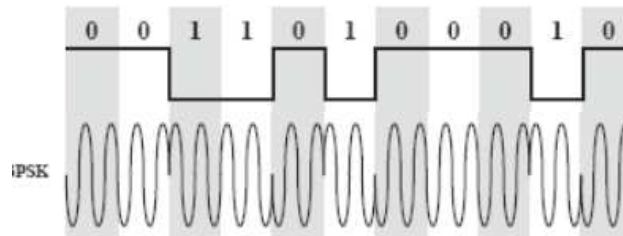
b) 4000 bps , ASK



ASK utiliza un bit para representar el 0 o el 1.

$$\text{baudios} = \frac{\text{Velocidad_bps}}{\text{bits}} = \frac{4000\text{bps}}{1\text{bit}} = 4000\text{baudios}$$

c) 6000 bps , 2-PSK



2-PSK es lo mismo que decir PSK necesitamos 1 bit para representar 2 símbolos, indica dos símbolos.

$$\text{baudios} = \frac{\text{Velocidad_bps}}{\text{bits}} = \frac{6000\text{bps}}{1\text{bit}} = 6000\text{baudios}$$

d) 6000 bps , 4-PSK

00 → 1 símbolo
 01 → 1 símbolo
 10 → 1 símbolo
 11 → 1 símbolo

↙ 2 bits por símbolo

$$\text{baudios} = \frac{\text{Velocidad_bps}}{\text{bits}} = \frac{6000\text{bps}}{2\text{bit}} = 3000\text{baudios}$$

e) 6000 bps , 8-PSK

000 → 1 símbolo
 001 → 1 símbolo
 010 → 1 símbolo
 011 → 1 símbolo
 100 → 1 símbolo
 101 → 1 símbolo
 110 → 1 símbolo
 111 → 1 símbolo

↙ 3 bits por símbolo

$$\text{baudios} = \frac{\text{Velocidad_bps}}{\text{bits}} = \frac{6000\text{bps}}{3\text{bit}} = 2000\text{baudios}$$

f) 4000 bps , 4-QAM

00 → 1 símbolo
 01 → 1 símbolo
 10 → 1 símbolo
 11 → 1 símbolo

↙ 2 bits por símbolo

$$\text{baudios} = \frac{\text{Velocidad_bps}}{\text{bits}} = \frac{4000\text{bps}}{2\text{bit}} = 2000\text{baudios}$$

g) 6000 bps , 16-QAM

Tiene 4 bits por símbolo desde el 0000 al 1111.

$$\text{baudios} = \frac{\text{Velocidad_bps}}{\text{bits}} = \frac{6000\text{bps}}{4\text{bit}} = 1500\text{baudios}$$

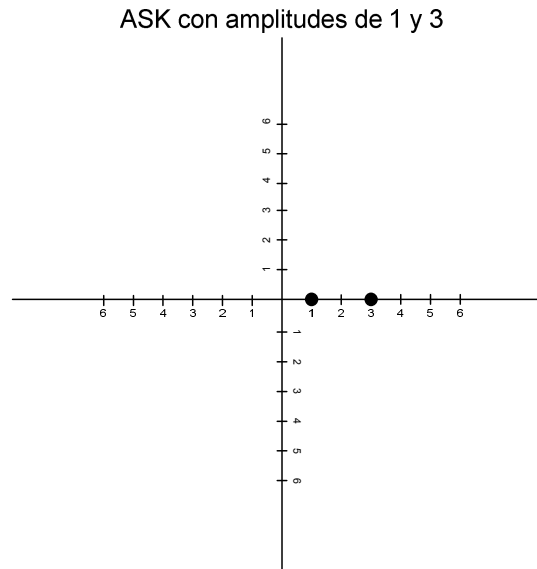
h) 36000 bps , 64-QAM

Tiene 6 bits por símbolo desde el 000000 al 111111.

$$\text{baudios} = \frac{\text{Velocidad_bps}}{\text{bits}} = \frac{36000\text{bps}}{6\text{bit}} = 6000\text{baudios}$$

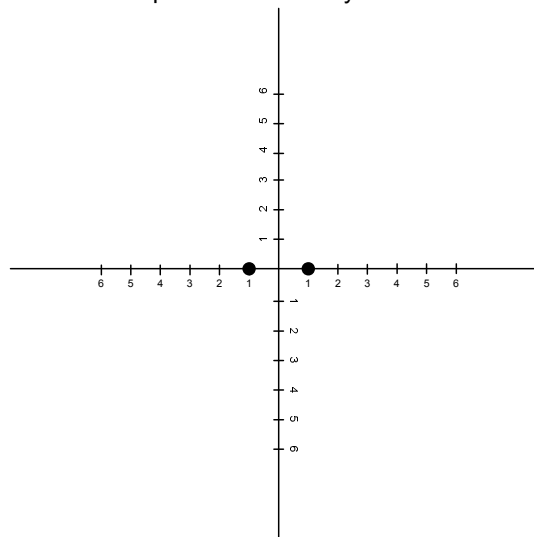
3. Dibuja el diagrama de constelación para:

a) ASK, con amplitudes de 1 y 3.



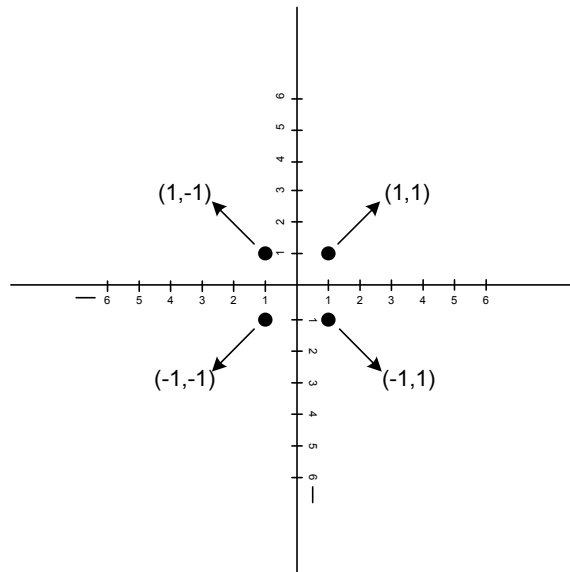
b) 2-PSK, con amplitudes de 1 a 0 y 180 grados.

PSK con amplitudes de 0 a 1 y 180° de desfase



4. Responde a las siguientes preguntas:

- a) Un diagrama de constelación de modem tiene puntos de datos en las siguientes coordenadas : (1 , 1) ,(1 , -1), (-1 , 1) y (-1, -1).¿Cuantos bps puede lograr un modem a 1200 baudios con estos parámetros?

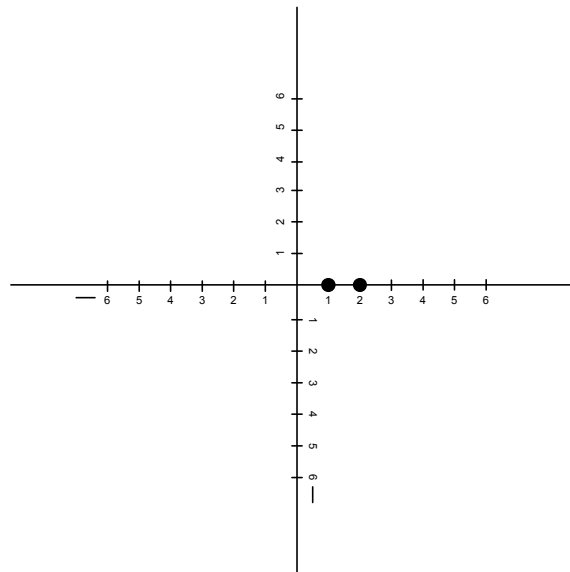


Tiene 4 símbolos, para representarlos se necesitan 2 bits .

$$Tasa_de_bits = Baudios \cdot bits_por_muestra = 1200 \cdot 2 = 2400 \text{ bps}$$

Este utiliza modulación QPSK o 4-PSK.

- b) **Un diagrama de constelación de modem tiene puntos de datos en (0, 1) y (0, 2) . ¿El modem usa modulación de fase o modulación de amplitud?**



Utiliza modulación ASK (modulación en amplitud)

- c) **En un diagrama en el que todos los puntos estén en un círculo centrado en el origen ¿Qué tipo de modulación se utiliza?**

PSK o modulación de fase

- d) **¿Cuántas frecuencias utiliza un modem QAM-64 de duplex total?**

Utiliza dos frecuencias por que tiene un canal de subida y otro de bajada por lo tanto, utiliza dos frecuencias una para cada canal.

5. **Dibuja un diagrama de estados para la codificación NRZI y propón un estructura que realice dicha codificación.**

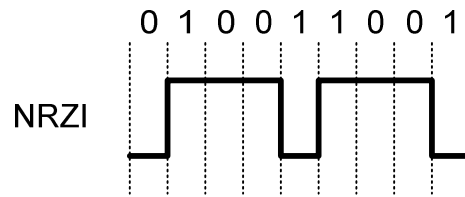
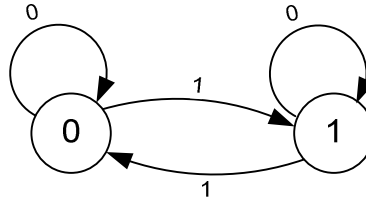


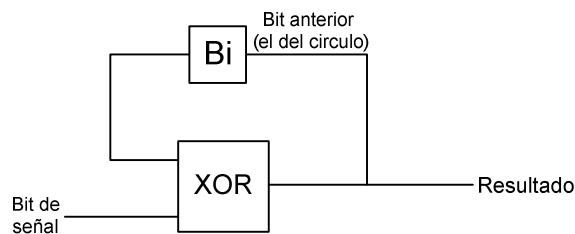
Diagrama de estados



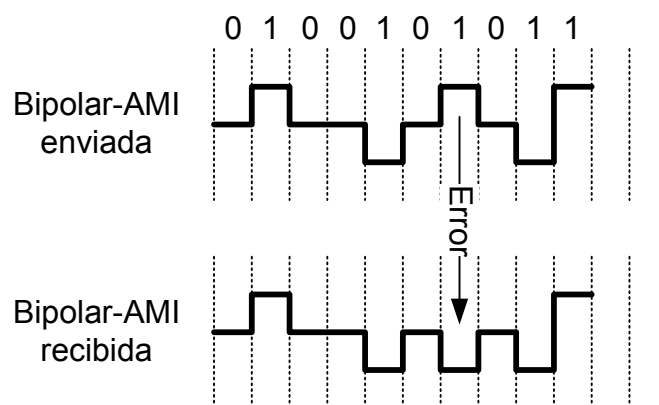
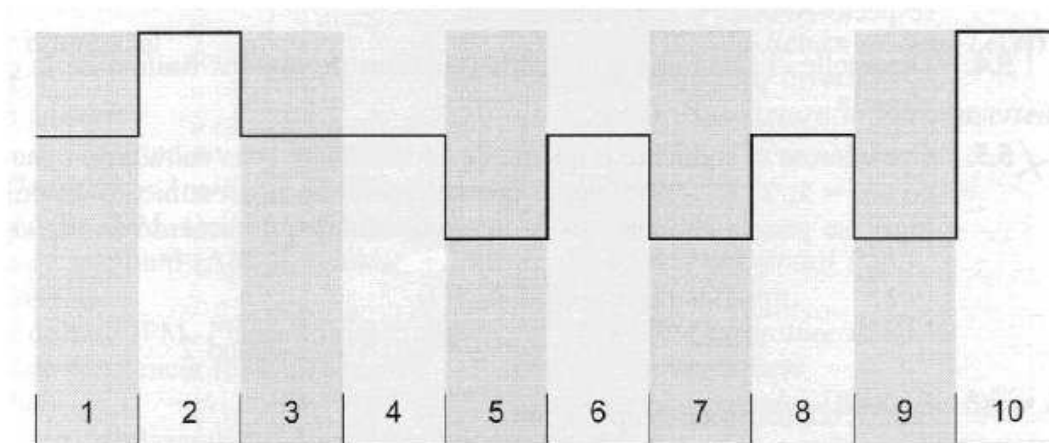
Si recibe un 0 estando en 0 o 1 no hay transición, si recibe un 1 cambia de estado si esta en 1 va a 0 y si esta en 0 va a 1.

Bit anterior (el del círculo)	Bit de señal	Resultado
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Es una XOR.

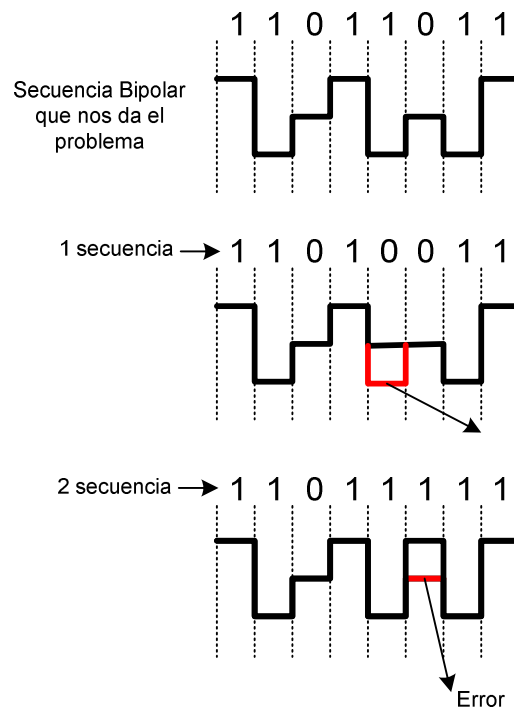


6. Supón que la forma de onda de un código bipolar-AMI correspondiente a la secuencia 01001001011 se transmite por un canal ruidoso. La forma de onda recibida se muestra en la figura , en la que se ha incluido un error en un bit. Localiza donde esta el error y justifica la respuesta.



Se a invertido el 1, como en la codificación bipolar-AMI los unos alterna a la polaridad opuesta, el error se ve por que el 1 anterior es negativo, con lo cual ese uno debe ser positivo.

7. Una ventaja de la codificación bipolar es que una violación en la polaridad le indicara al receptor que ha habido un error de transmisión. Desafortunadamente, al recibir la violación, el receptor no puede determinar que bit es el erróneo (solamente detectara que ha ocurrido un error). Para la secuencia bipolar $+ - 0 + - 0 - +$ la cual tiene una violación bipolar, determina dos secuencias de bits distintas que al ser transmitidas (con un bit erróneo) resulten en la misma secuencia anterior.



8. a

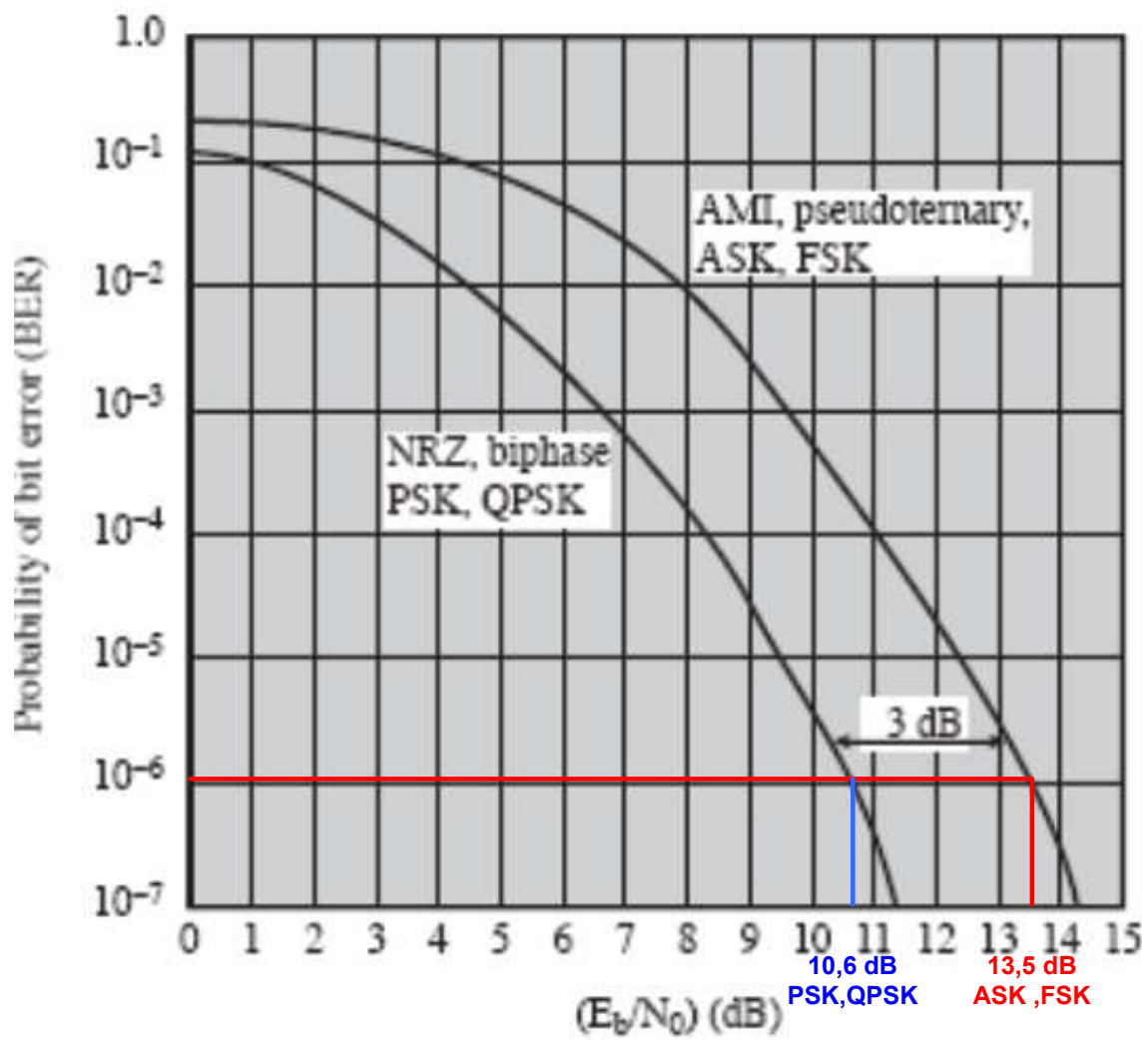
9. ¿Qué SNR se necesita para conseguir una eficiencia del ancho de banda igual a 1,0 en los esquemas ASK , FSK , PSK , QPSK? Supon una tasa de error de bit de 10^{-6} .

$$\text{BER} = 10^{-6}$$

Eficiencia de ancho de banda:

$$E = \frac{R}{B_T}$$

En la grafica tenemos que sacar a partir del BER el coeficiente $\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dB}$ para ASK , FSK , PSK y QPSK.



$$\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dBASK} = 13,5 \text{ dB}$$

$$\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dBFSK} = 13,5 \text{ dB}$$

$$\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dBPSK} = 10,6 \text{ dB}$$

$$\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dBQPSK} = 10,6 \text{ dB}$$

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N_o \cdot R} = \frac{S}{N} \cdot \frac{B_T}{R}$$

Donde $N = N_o$ (Ruido térmico) $\cdot B_T$ (Ancho de banda)

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{N} \cdot \frac{B_T}{R} \longrightarrow \frac{S}{N} = \frac{E_b}{N_o} \cdot \frac{R}{B_T}$$

Ancho de banda de QPSK

NO SABER POR DONDE COGER

10.

11. aaa

12. a

13. Supón la señal modulada en ángulo correspondiente a la siguiente expresión.

$$s(t) = 10 \cos[2\pi 10^6 t + 0,1 \sin 10^3 \pi t]$$

a) Expresa $s(t)$ como una señal PM, siendo $n_p = 10$.

$$\phi(t) = n_p \cdot m(t) \longrightarrow m(t) = \frac{\phi(t)}{n_p} = \frac{0,1 \sin 10^3 \pi t}{10} = 0,01 \sin 10^3 \pi t$$

$$s(t) = 0,01 \sin 10^3 \pi t$$

b) Expresa $s(t)$ como una señal FM, siendo $n_f = 10\pi$.

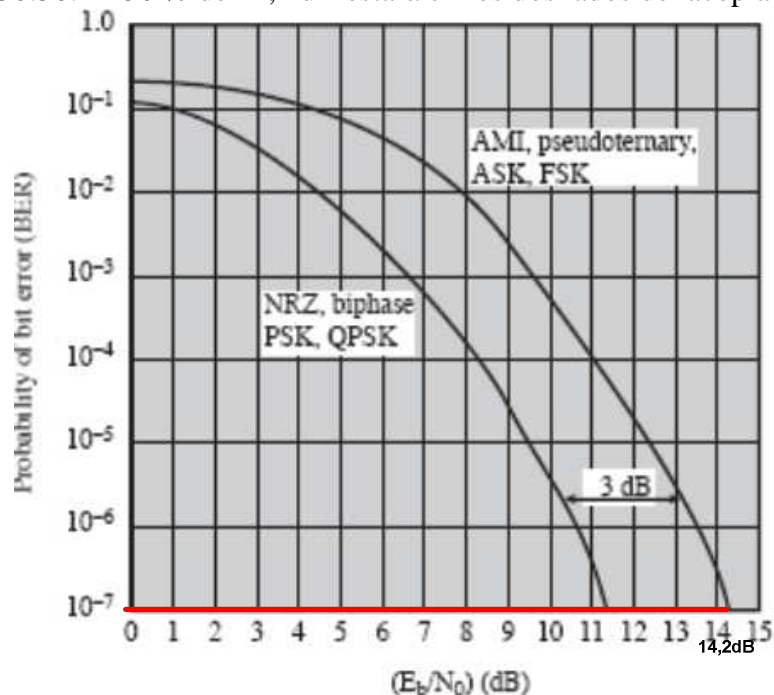
$$\phi(t)' = n_f \cdot m(t) \longrightarrow m(t) = \frac{\phi(t)}{n_f} = \frac{0,1 \sin 10^3 \pi t}{10\pi} = \frac{0,01 \sin 10^3 \pi t}{\pi}$$

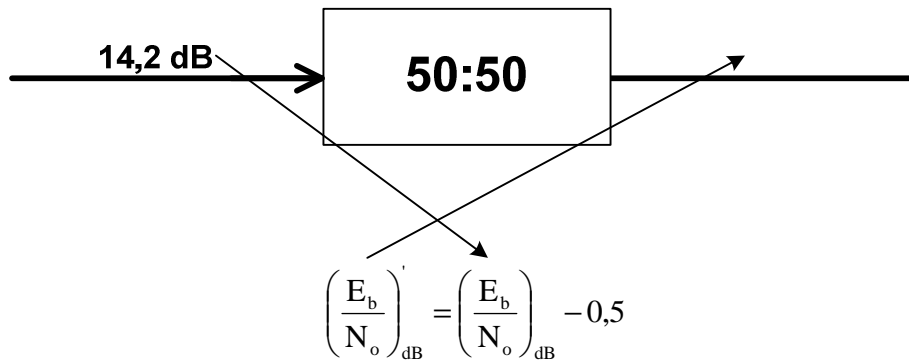
$$s(t) = \frac{0,01 \sin 10^3 \pi t}{\pi}$$

14. En la terminación de un enlace de fibra óptica que tiene un $\text{BER} = 10^{-7}$ y emplea una modulación digital ASK se pretende insertar, utilizando un acoplador 50:50, un instrumento que permite monitorizar el estado del enlace.

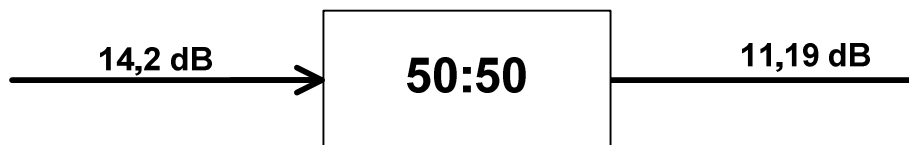
a) ¿Cuál será el BER tras insertar el sistema de monitorización?

Acoplador 50:50: El 50 % de 14,2 dB estará en los dos lados del acoplador.

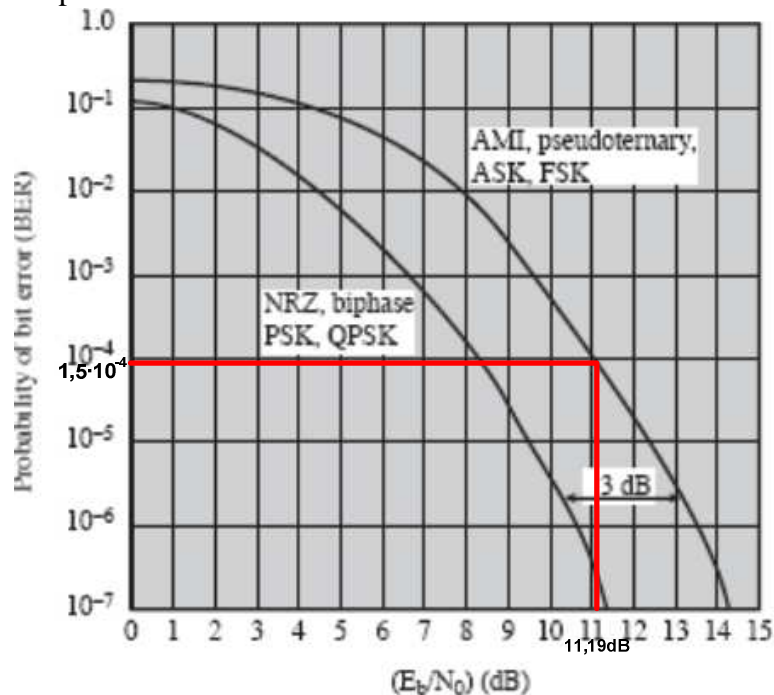




$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right)'_{dB} = 14,2dB - (10 \cdot \log 0,5) = 14,2dB - 3,01 = 11,19dB$$



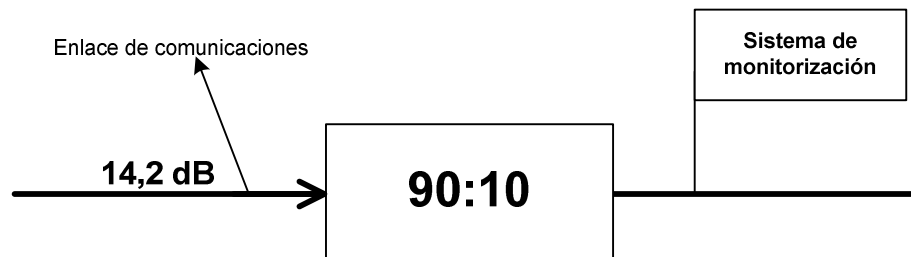
Sabiendo que $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)'$ es igual a 11,19 comparamos con la grafica para ver el BER a la salida del acoplador.



$BER = 1,5 \cdot 10^{-4}$ Al disminuir la señal la hacemos mas débil por lo tanto aumenta el BER.

- b) Suponiendo que en lugar de un acoplador 50:50 se utilizase uno 90:10 y que se conectase la salida que recibe el 10% de la potencia al sistema de monitorización, ¿Cuál será la relación entre el BER monitorizado y cual el del enlace de comunicaciones?

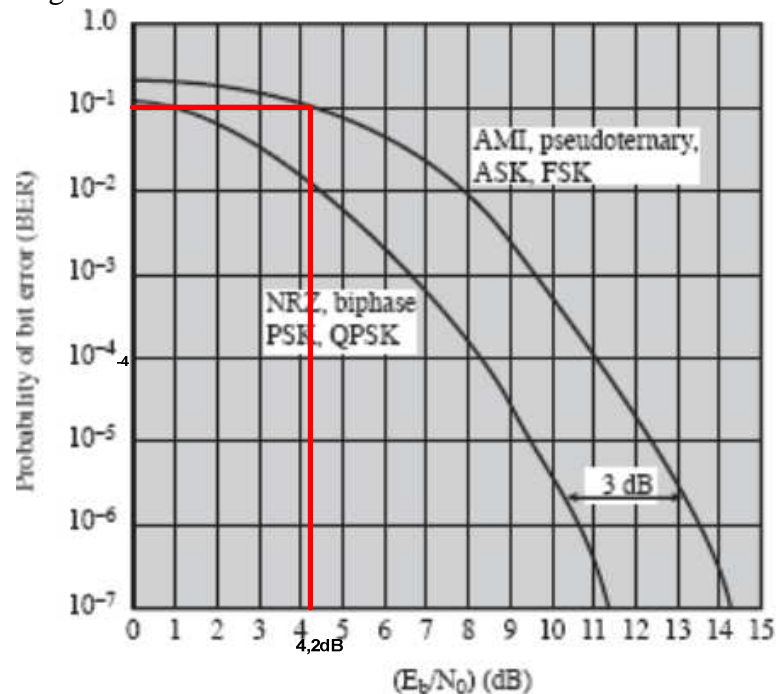
Acoplador 90:10. El 90% de 14,2 dB estará en un lado y el 10% de 14,2dB estará en el otro lado.



BER sistema de monitorización:

$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} = \left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} \cdot 0,1 \longrightarrow \left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} = 14,2dB - (10 \cdot \log 0,1) = 14,2dB - 10dB = 4,2dB$$

Miramos en la grafica.

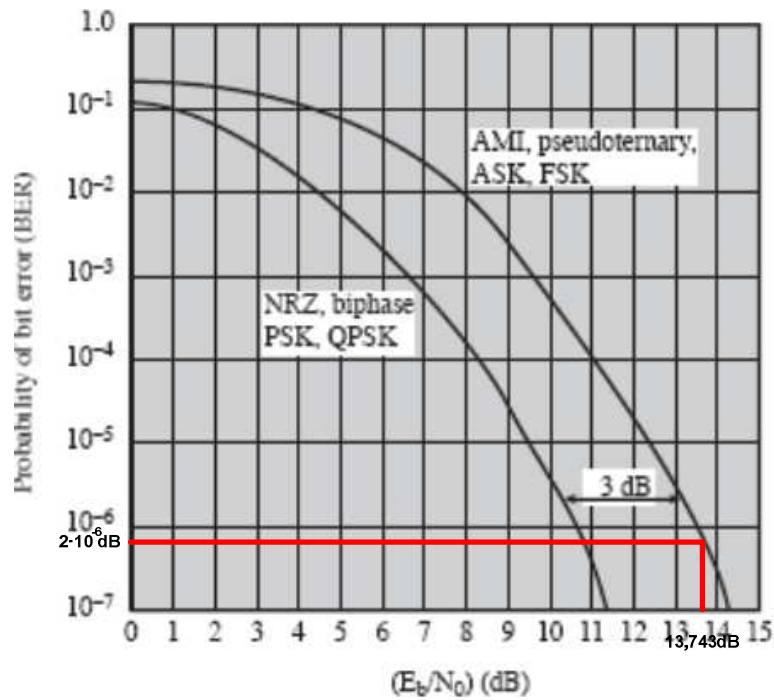


El BER del sistema de monitorización es $BER = 10^{-1}$

BER enlace de comunicaciones:

$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} = \left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} \cdot 0,9 \longrightarrow \left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{dB} = 14,2dB - (10 \cdot \log 0,9) = 14,2dB - 0,457dB = 13,743dB$$

Miramos la grafica.



El BER en el enlace de comunicación es $BER = 2 \cdot 10^{-6}$

15. En el equipo receptor de un sistema de comunicaciones que emplea una modulación PSK, se está midiendo una SNR de 10 dB y una probabilidad de error de 10^{-5} . ¿Cuál será la eficiencia espectral del sistema de comunicaciones?

$$\text{Eficiencia} = \frac{R}{B_T}$$

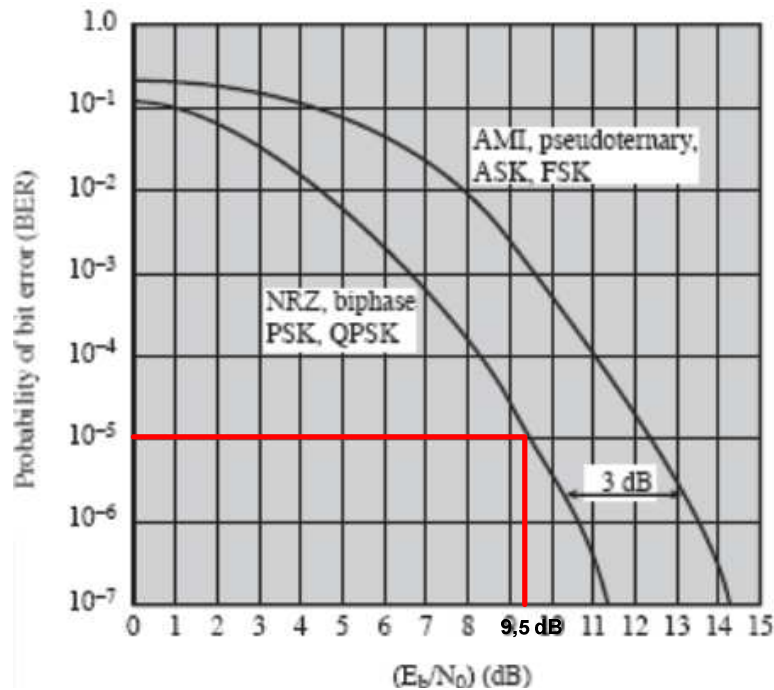
\nearrow Tasa a la que enviamos
 \searrow Ancho de banda

$$SNR_{dB} = 10\text{dB}$$

$$BER = 10^{-5}$$

Modulación PSK.

Sacamos mediante la gráfica el $\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dB}$



$$\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dB} = 9,5dB$$

$$\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dB} = \left(\frac{S}{N} \right)_{dB} \cdot \left(\frac{B_T}{R} \right)_{dB} \longrightarrow \left(\frac{S}{N} \right)_{dB} = \left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dB} \cdot \left(\frac{R}{B_T} \right)_{dB} \longrightarrow \left(\frac{R}{B_T} \right)_{dB} = \left(\frac{N_o}{E_b} \right)_{dB} \cdot \left(\frac{S}{N} \right)_{dB}$$

$\left(\frac{R}{B_T} \right)_{dB}$ es la eficiencia . Y la inversa de $\left(\frac{E_b}{N_o} \right)_{dB} = \left(\frac{N_o}{E_b} \right)_{dB}$ que es igual a 0,1052 dB.

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{dB} = SNR_{dB} \text{ en nuestro caso es } 10 \text{ dB}$$

$$\left(\frac{R}{B_T} \right)_{dB} = \left(\frac{N_o}{E_b} \right)_{dB} \cdot \left(\frac{S}{N} \right)_{dB} = \left(\frac{R}{B_T} \right)_{dB} = 0,1052 \cdot 10 \text{ dB} = 1,052 \text{ dB}$$

COMPROBAR SI ESTA BIEN

16. Dado un sistema de telefonía analógica que emplea un ancho de banda de 4 KHz y tiene una SNR de 50 dB , ¿Qué SNR percibirá un usuario si se digitalizasen los datos y se transmiten utilizando una codificación que lograra transmitir a la tasa máxima fijada por el teorema de Shannon?

$$B_T = 4 \text{ KHz}$$

$$SNR_{dB} = 50dB$$

En la formula de Shannon la SNR no va en decibelios

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 50\text{dB} \longrightarrow \text{SNR} = 10^{50/10} = 10^5$$

$$C = B_T \cdot \log_2(1 + \text{SNR})$$

$$C = (4 \cdot 10^3) \log_2(1 + 10^5) = (4 \cdot 10^3) \cdot (16,6096) = 66438,4\text{bps} = 66,4384\text{Kbps}$$

$$\frac{66438,4\text{bps}}{8\text{KHz}} = 8,30\text{bits} \approx 8\text{bit}$$

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 6,02 \cdot M + 1,73 = 6,02 \cdot 8 + 1,73 = 49,89\text{dB}$$

Boletín 3

1. Supón que se envía un fichero de 10000 bytes por una línea de 2400 bps.

a) Calcula la redundancia, en términos de los bits suplementarios y tiempos introducidos, si se utiliza transmisión asíncrona. Supón un bit de comienzo y un bit de parada con longitudes iguales a la de un bit de datos y supón que por cada carácter se transmiten 8 bits sin paridad.

$$10000 \text{ bytes} = 80000 \text{ bits}$$

Tenemos:

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ bit de comienzo} \\ 1 \text{ bit de parada} \end{array} \right\} 2 \text{ bit de suplementarios}$$

Por cada carácter 8 bits

Total 10 bits por carácter.

$$\text{Numero de caracteres} = \frac{\text{numero_de_bit}}{\text{bit_que_tiene_un_caracter}} = \frac{80000}{8} = 10000 \text{ caracteres}$$

$$10000 \text{ caracteres} \cdot 2 \text{ bits suplementarios} = 20000 \text{ bits suplementarios}$$

$$\text{Tiempo introducido} = \frac{\text{numero_de_bits}}{\text{velocidad_de_transmision}} = \frac{20000 \text{ bits}}{2400 \text{ bps}} = 8,33 \text{ segundos}$$

8,33 segundos es el tiempo que pierde en enviar los bits de comienzo y de parada.

b) Calcula la redundancia, en términos de los bits suplementarios y tiempos introducidos, si se utiliza transmisión sincrona. Supón que los datos se envían en tramas. Cada trama tiene 1000 caracteres = 8000 bits, con una cabecera de 48 bits de control por cada trama.

Tenemos 10000 bytes de datos -> 80000 bits

8000 bits por trama

$$\text{Numero de tramas} = \frac{80000}{8000} = 10 \text{ tramas}$$

$$10 \text{ tramas} \cdot 48 \text{ bits de cabecera} = 480 \text{ bits suplementarios}$$

$$\text{Tiempo introducido} = \frac{480 \text{ bits}}{2400 \text{ bps}} = 0,2 \text{ segundos}$$

0,2 segundos es el tiempo que pierde en mandar los bits de control de la trama.

c) ¿Cuáles serían las respuestas para los apartados a y b si el fichero tuviera 100000 caracteres?

a)

$$100000 \text{ caracteres} \cdot 2 \text{ bits} = 200000 \text{ bits suplementarios}$$

$$\text{Tiempo introducido} = \frac{200000 \text{ bits}}{2400 \text{ bps}} = 83,333 \text{ segundos}$$

83,333 segundos es el tiempo que tarda en la transmisión de los bits de parada y espera.

b)

$$100000 \text{ caracteres} \cdot 8 \text{ bits que tiene un carácter} = 800000 \text{ bits de información}$$

1000 caracteres son 8000 bits por trama.

$$\text{Numero de tramas} = \frac{800000 \text{ bits}}{8000 \text{ bits}} = 100 \text{ tramas}$$

$$100 \text{ tramas} \cdot 48 \text{ bits de cabecera} = 4800 \text{ bits suplementarios}$$

$$\text{Tiempo introducido} = \frac{4800 \text{ bits}}{2400 \text{ bps}} = 2 \text{ segundos}$$

d) ¿Cuáles serían las respuestas para los apartados a y b para el fichero original de 10000 caracteres, pero a una velocidad de 9600 bps?

a)

$$10000 \text{ caracteres} \cdot 2 \text{ bits suplementarios} = 20000 \text{ bits suplementarios}$$

$$\text{Tiempo introducido} = \frac{20000 \text{ bits}}{9600 \text{ bps}} = 2,083 \text{ segundos}$$

b)

$$10000 \text{ caracteres} \cdot 8 \text{ bits que tiene un carácter} = 80000 \text{ bits de información}$$

1000 caracteres son 8000 bits por trama.

$$\text{Numero de tramas} = \frac{80000 \text{ bits}}{8000 \text{ bits}} = 10 \text{ tramas}$$

$$10 \text{ tramas} \cdot 48 \text{ bits de cabecera} = 480 \text{ bits suplementarios}$$

$$\text{Tiempo introducido} = \frac{480 \text{ bits}}{9600 \text{ bps}} = 0,05 \text{ segundos}$$

4. Se desea diseñar un sistema de comunicaciones basado en transmisión síncrona, en el que cada trama está formada por 16 bits de delimitadores de trama y 32 bits de control. Para conseguir una eficiencia superior al 80%, ¿cuál debe ser la longitud de trama?

Síncrono

16 bits delimitadores

32 bits de control

x bits de datos . Debemos saber cuantos bits de datos lleva la trama para conseguir un eficiencia superior al 80%.

La eficiencia tiene que se del 0,8 :

$$\frac{\text{bits _ datos}}{\text{bits _ trama}} = 0,8 \longrightarrow \frac{x}{x + (16 + 32)} = \frac{x}{x + 48} = 0,8$$

$$0,8 \cdot (x + 48) = x \longrightarrow 0,8x + 38,4 = x \longrightarrow x - 0,8x = 38,4 \longrightarrow x = \frac{38,4}{0,2} = 192\text{bits}$$

Comprobamos:

$$\frac{192}{192 + 48} = 0,8$$

La longitud de la trama sera : 192bits + 48bits = 240bits

6. La información correspondiente a cuatro señales analógicas se multiplexa y transmite a través de un canal telefónico con una banda de paso de 400 a 3100 Hz. Cada una de las señales analógicas en banda base está limitada en banda hasta 500 Hz. Diseña un sistema de comunicaciones (a nivel de diagrama de bloques) que permita la transmisión de estas cuatro fuentes a través del canal telefónico haciendo uso de:

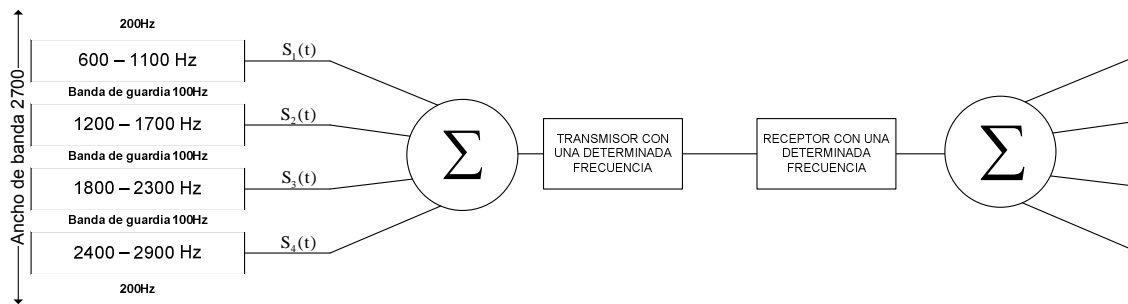
$$400 - 3100 \longrightarrow B_T = 2700\text{Hz}$$

Cada señal 500 Hz.

Tenemos 4 señales a 500 Hz cada una necesitamos 2000 Hz para transmitir las 4 señales.

- a) **Multiplexación por división en frecuencias con subportadoras SSB (banda lateral única).**

Como nos sobran 700 Hz lo utilizamos para las bandas de guardia.



b) Multiplexación por división en el tiempo usando PCM, considerando 4 bits por muestra.

Como el teorema del muestreo dice que una señal se muestrea a intervalos regulares de tiempo con una frecuencia mayor que el doble de la frecuencia más alta de la señal, las muestras obtenidas así contienen toda la información de la señal original.

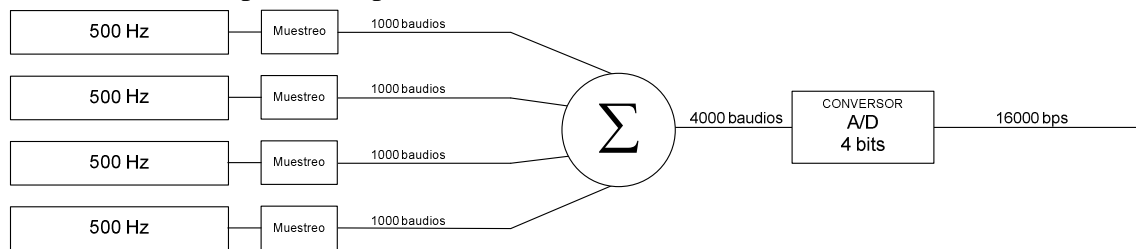
Por lo tanto si tenemos 500 Hz por canal tendremos 1000 muestras por segundo (1000 baudios).

Tenemos 4 bits por muestra entonces:

$$1000 \text{ baudios} \cdot 4 \text{ bits} = 4000 \text{ bps} = 4 \text{ Kbps}$$

4 canales a 4 Kbps

$$4 \text{ canales} \cdot 4 \text{ Kbps} = 16 \text{ Kbps como mínimo.}$$



Dibuja los diagramas de bloques del sistema completo en ambos casos, incluyendo las partes de transmisión, canal y recepción. Incluye los anchos de banda de las señales en los distintos puntos del sistema.

7. Se multiplexan y transmiten 24 señales de voz a través de un par trenzado. ¿Cuál es el ancho de banda necesario en FDM?

24 señales de voz.

Para la voz se necesitan 4 KHz.

Por lo tanto su ancho de banda como mínimo para 24 canales con 4 KHz cada uno será:

$$B_T = 24 \text{ canales} \cdot 4 \text{ KHz} = 96 \text{ KHz}$$

Suponiendo una eficiencia del ancho de banda de 1 bps/Hz, ¿cuál es el ancho de banda necesario para TDM haciendo uso de PCM?

En PCM tenemos que digitalizar (utilizar teorema del muestreo).

Se utilizan 8 bits por muestra (señales de voz).

4 KHz para una señal de voz.

Los 4 KHz se muestrean al doble de su frecuencia → 8000 baudios(muestras).

$$8000\text{baudios} \cdot 8\text{bits} = 64\text{Kbps}$$

8000 muestras por 8 bits por muestra nos dan una velocidad de 64 Kbps para cada canal como tenemos 24 :

$$64\text{Kbps} \cdot 24\text{canales} = 1536\text{Kbps}$$

Como la eficiencia del ancho de banda es de 1bps/Hz hacemos una regla de tres:

$$\begin{array}{ccc} 1\text{bps} & \text{-----} & 1\text{Hz} \\ 1536000 & \text{---} & x(\text{Hz}) \end{array}$$

$$x = 1536000\text{Hz} = 1,536\text{MHz}$$

8.

9. GSM es un estándar europeo para la telefonía celular. Este sistema ocupa la banda de frecuencias 935-960 MHz por lo que se refiere al canal de envío, que se divide en canales separados 200 kHz. A cada estación se le asigna el uso de una o más portadoras en su celda, cada una de las cuales transmite una señal digital que transporta canales de tráfico y control. La señal portadora se divide en multitramas de 120 ms; cada multitrama consta de 26 tramas y cada trama tiene 8 slots en los que se transmiten 114 bits por cada slot. Dos de las tramas de la multitrama son de control. Determina la tasa máxima de transferencia de datos en un canal de tráfico.

Tenemos 26 tramas

Cada trama tiene 8 slots

114 bits por cada slot.

$$26\text{ tramas} \times 8\text{ slot} \times 114\text{ bits} = 23712\text{ bits por trama.}$$

$$2\text{ tramas de control} \times 8\text{ slot} \times 114\text{ bits} = 1824\text{ bits de control.}$$

$$23712 - 1824 =$$

NO TENGO NI ZORRA

Solucion 22800 bps

10. Supóngase que dos terminales a 600 bps, cinco terminales a 300 bps y una serie de terminales a 150 bps se van a multiplexar en el tiempo usando un formato con mezcla de caracteres en una línea digital a 4800 bps. Los terminales envían 10 bits/carácter y se inserta un carácter de sincronización cada 99 caracteres de datos. Todos los terminales son síncronos y se reserva un 3% de la capacidad de la línea para la inserción de pulsos para dar cabida a variaciones de los

relojes de los terminales. Determinar el número de terminales a 150 bps que se pueden conectar.

2 terminales \longrightarrow 600 bps

5 terminales \longrightarrow 300 bps

x terminales \longrightarrow 150 bps

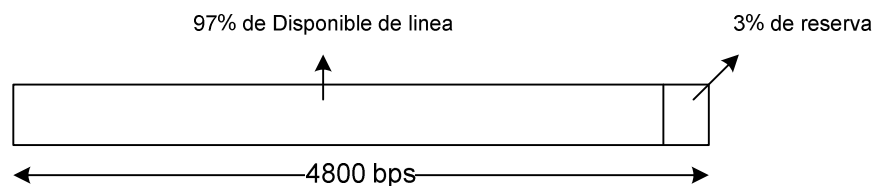
R = 4800 bps

10 bit /carácter

1 carácter de sincronización

3% de reserva de línea

Disponible en la línea:



Disponible línea = $4800 \cdot 0,97 = 4656$ bps.

Ver cuanto consume cada uno de ellos.

600 bps / 10 bit carácter = 60 caracteres/segundo .

300 bps / 10 bit carácter = 30 caracteres/segundo.

150 bps / 10 bit carácter = 15 caracteres/segundo.

$60 \cdot 2$ terminales = 120 caracteres/segundo .

$30 \cdot 5$ terminales = 150 caracteres/segundo.

$15 \cdot x$ terminales = X caracteres/segundo.

Averiguamos los caracteres que se pueden enviar en una línea por segundo.

$$\frac{\text{Disponible_línea}}{10\text{bit_carácter}} = \frac{4656\text{bps}}{10} = 465,6 \text{ caracteres/segundo.}$$

Planteamos la ecuación

$$120 + 150 + X = 465,6 \longrightarrow X = 465,6 - 120 - 150 \longrightarrow X = 195 \text{ caracteres sobran.}$$

$$15 \cdot x \text{ terminales} = X \text{ caracteres/segundo.} \longrightarrow 15 \cdot x = 195 \text{ caracteres/segundo.}$$

$$x = \frac{195}{15} = 13 \text{ equipos a 150 bps.}$$

- 11. Se quiere transmitir información de diversos equipos E1, E2, E3 y E4 por un único sistema de transmisión digital, utilizando TDM y modulación por código con 4 bits/muestra. Dichas señales son:**

E1: Señal vocal de alta calidad.....8 KHz

E2: Señal telefónica.....4 KHz

E3: Señal digital: datos-1.....8 Kbps

E4: Señal digital: datos-2.....16 Kbps

Diseña el sistema TDM apropiado indicando el régimen binario, así como el número de bits por canal.

Utiliza 4 bits por muestra.

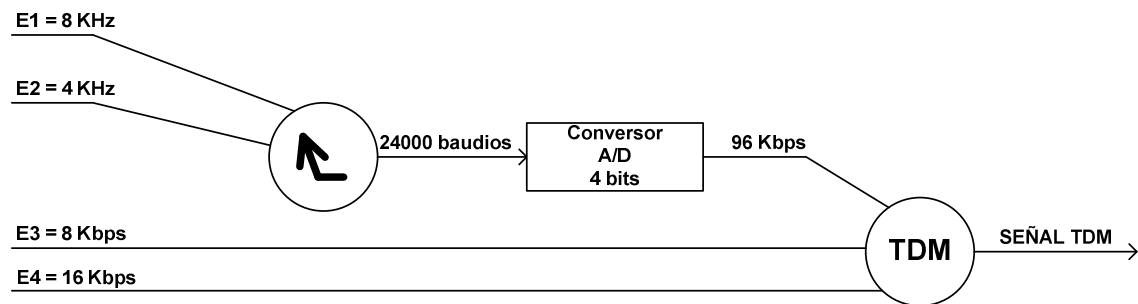
Las señales analógicas hay que digitalizarlas (al doble de su frecuencia mayor).

$$8 \text{ KHz} \xrightarrow{\text{el_doble}} 16000 \text{ baudios}$$

$$4 \text{ KHz} \xrightarrow{\text{el_doble}} 8000 \text{ baudios}$$

En total tenemos 24000 baudios:

$$24000 \text{ baudios} \cdot 4 \text{ bits} = 96 \text{ Kbps}$$



12. ss

13. s

14. s

15. s

16. s

NIVEL DE ENLACE

1. Un cable de 100 km de longitud opera con una tasa de datos de 1,544 Mbps. La velocidad del cable es 2/3 de la velocidad de la luz en el vacío. ¿Cuántos bits caben en el cable?

$$d = 100 \text{ km}$$

$$R = 1,544 \text{ Mbps}$$

$$V_{prop} = \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 2 \cdot 10^8 \text{ Km/s} = 200000 \text{ Km/s} = 200 \text{ km/ms}$$

Son 200 Km en un milisegundo, por lo tanto son en 0,5 ms son 100 Km. (son 100 Km en 500 μs).

$$1,544 \text{ Mbps} = 1544000 \text{ bps.}$$

Si en 1 segundo hace 1544000 bps en 1 ms son 1544 bits y en un microsegundo serán 1,544 $\text{bits}/\mu\text{s}$.

Por lo tanto $1,544 \frac{\text{bits}}{\mu\text{s}} \cdot 500 \mu\text{s}$ que es lo que tarda en recorrer los 100 Km saldrán los bits que caben en el cable.

$$1,544 \frac{\text{bits}}{\mu\text{s}} \cdot 500 \mu\text{s} = 772 \text{bits}$$

Caben 772 bits en un cable de 100 Km de longitud.

2. Un canal tiene una velocidad de transmisión de 4 kbps y un retardo de propagación de 20 ms. ¿Para qué rango de tamaños de trama se conseguirá un esquema de parada y espera con una eficiencia mínima del 50%?

3. s

4. Con el objetivo de comparar el rendimiento del protocolo de control de flujo de parada y espera con el de ventana deslizante (tamaño 7), calcula en los siguientes escenarios el rendimiento de cada uno de los protocolos:

- En un enlace de 10000 km en el que la velocidad de transmisión es de 250 kbps

- En un enlace de 100 m en el que la velocidad de transmisión es de 10 Mbps

El tamaño de la trama de datos es de 4000 bits, el de los ACK de 500 bits y la probabilidad de error es despreciable. La velocidad de propagación es $\frac{2}{3}$ de la velocidad de la luz en el vacío. A la vista de los resultados obtenidos, ¿en qué condiciones es aceptable utilizar el protocolo de control de flujo de parada y espera?

- Enlace de 10000 Km

$$w = 7$$

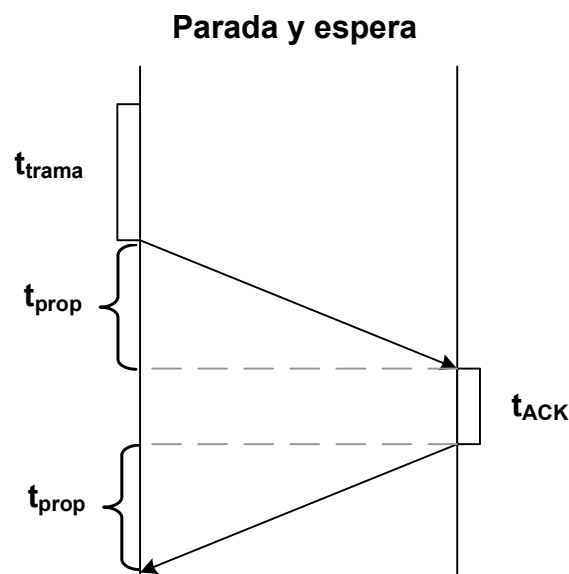
$$\text{Enlace} = 10000 \text{ Km}$$

$$L_{\text{datos}} = 4000 \text{ bits}$$

$$L_{\text{ACK}} = 500 \text{ bits}$$

$$V_{\text{trans}} = 250 \text{ kbps}$$

$$V_{\text{prop}} = \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$



Tenemos que obtener los tiempos reflejados en la figura:

$$t_{trama} = \frac{bits_de_trama}{velocidad_en_bps} = \frac{4000bits}{250 \cdot 10^3 bps} = 16 \cdot 10^{-3} segundos$$

$$t_{ACK} = \frac{bits_de_trama}{velocidad_en_bps} = \frac{500bits}{250 \cdot 10^3 bps} = 2 \cdot 10^{-3} segundos$$

$$t_{prop} = \frac{metros_enlace_en_m}{velocidad_de_propagacion_en_m/s} = \frac{100000000}{2 \cdot 10^8 m/s} = 0,05 segundos en recorrer el enlace.$$

La eficiencia en parada y espera:

$$U = \frac{t_{trama}}{(2 \cdot t_{prop}) + t_{trama} + t_{ACK}} = \frac{16 \cdot 10^{-3}}{(2 \cdot 0,05) + 16 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3}} = \frac{16 \cdot 10^{-3}}{0,118} = 0,1355 \approx 14\%$$

La eficiencia en ventana deslizante:

$$U = \frac{W \cdot t_{trama}}{(2 \cdot t_{prop}) + t_{trama} + t_{ACK}} = \frac{7 \cdot (16 \cdot 10^{-3})}{(2 \cdot 0,05) + 16 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3}} = \frac{0,112}{0,118} = 0,949 \approx 95\%$$

• Enlace de 100 metros y $V_{trans} = 10 Mbps$

$$t_{trama} = \frac{bits_de_trama}{velocidad_en_bps} = \frac{4000bits}{10 \cdot 10^6 bps} = 4 \cdot 10^{-4} segundos$$

$$t_{ACK} = \frac{bits_de_trama}{velocidad_en_bps} = \frac{500bits}{10 \cdot 10^6 bps} = 5 \cdot 10^{-5} segundos$$

$$t_{prop} = \frac{metros_del_enlace}{velocidad_de_propagacion_en_m/s} = \frac{100}{2 \cdot 10^8} = 5 \cdot 10^{-7} segundos en recorrer el enlace$$

La eficiencia en parada y espera:

$$U = \frac{t_{trama}}{(2 \cdot t_{prop}) + t_{trama} + t_{ACK}} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{(2 \cdot (5 \cdot 10^{-7})) + 4 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-5}} = \frac{4 \cdot 10^{-4}}{4,51 \cdot 10^{-4}} = 0,8869 \approx 89\%$$

La eficiencia en ventana deslizante:

$$U = \frac{W \cdot t_{trama}}{(2 \cdot t_{prop}) + t_{trama} + t_{ACK}} = \frac{7 \cdot (4 \cdot 10^{-4})}{(2 \cdot (5 \cdot 10^{-7})) + 4 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-5}} = \frac{2,8 \cdot 10^{-3}}{4,51 \cdot 10^{-4}} = 6,2084$$

Sale por encima de 1 por lo tanto es el 100%.

5. ¿Cuál debe ser el valor mínimo del temporizador que emplea un protocolo de control de flujo?

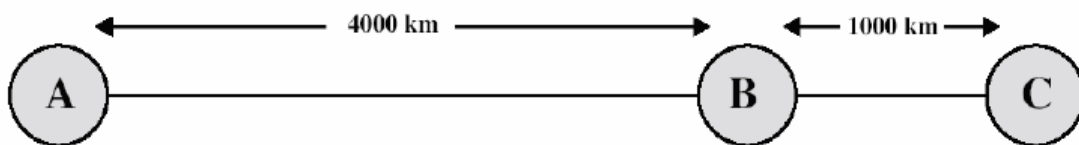
El temporizador debe ser:

$$t_{\text{temporizador}} > (2 \cdot t_{\text{prop}}) + (2 \cdot t_{\text{procesamiento}}) + t_{\text{trama}} + t_{\text{ACK}}$$

2 veces el $t_{\text{procesamiento}}$ si el del emisor es igual que el del receptor.

6. En la figura, el nodo A genera tramas que se envían al nodo C a través del nodo B. Determina la velocidad de transmisión mínima entre los nodos B y C de manera que la memoria temporal del nodo B no se sature, teniendo en cuenta que:

- La velocidad de transmisión entre A y B es 100 kbps
- El retardo de propagación es 5 $\mu\text{s}/\text{km}$ para ambas líneas
- Existen líneas *full-duplex* entre los nodos
- Todas las tramas de datos tienen una longitud de 1000 bits y se hace uso de tramas ACK independientes de longitud despreciable
- Entre A y B se usa un protocolo de ventana deslizante con tamaño de ventana igual a 3
- Entre B y C se usa un protocolo de parada y espera
- No hay errores
- El número medio de tramas entrantes en B debe ser igual, a lo largo de un intervalo grande, al número medio de tramas salientes



$$t_{\text{tramaAB}} = \frac{\text{tamaño_en_bits}}{\text{velocidad_en_bps}} = \frac{1000 \text{ bits}}{100 \text{ Kbps}} = \frac{1000}{100 \cdot 10^3} = 0,01 \text{ segundos}$$

$$t_{\text{propAB}} = \text{kilometro_enlace} \cdot \text{tiempo_en_que_recorre_un_km} =$$

$$= 4000 \text{ Km} \cdot 5 \frac{\mu\text{s}}{\text{Km}} = 4000 \text{ Km} \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 0,02 \text{ segundos}$$

$$V_{AB} = \frac{W \cdot \text{Tamaño_trama}}{\text{Tiempo_empleado_en_la_comunicacion}} = \frac{3 \cdot 1000 \text{ bits}}{(2 \cdot t_{\text{prop}}) + t_{\text{trama}}} = \frac{3000 \text{ bits}}{(2 \cdot 0,02) + 0,01} =$$

$$= \frac{3000 \text{ bits}}{0,05 \text{ segundos}} = 60000 \text{ bps} \approx 60 \text{ Kbps}$$

V_{BC} tiene que ser como mínimo 60 Kbps para que no se quede bloqueado, ya que tiene que enviar lo mismo que recibe.

$$t_{\text{propBC}} = \text{kilometro_enlace} \cdot \text{tiempo_en_que_recorre_un_km} =$$

$$= 1000 \text{ Km} \cdot 5 \frac{\mu\text{s}}{\text{Km}} = 1000 \text{ Km} \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ segundos}$$

$$V_{BC} = \frac{\text{Tamaño_trama}}{\text{Tiempo_empleado_en_la_comunicacion}} = \frac{1000 \text{ bits}}{(2 \cdot t_{prop}) + t_{trama}} = 60000 \text{ bps}$$

$$V_{BC} = \frac{1000 \text{ bits}}{(2 \cdot (5 \cdot 10^{-3})) + t_{tramaBC}} = 60000 \text{ bps}$$

$$t_{tramaBC} = \frac{\text{Tamaño_trama_bits}}{\text{velocidad_en_bps}} = \frac{1000 \text{ bits}}{R_{BC}}$$

$$V_{BC} = \frac{1000 \text{ bits}}{(2 \cdot (5 \cdot 10^{-3})) + \frac{1000}{R_{BC}}} = 60000 \text{ bps} \longrightarrow \frac{1000}{0,01 + \frac{1000}{R_{BC}}} = 60000$$

$$\frac{1000}{0,01 + \frac{1000}{R_{BC}}} = 60000 \longrightarrow 1000 = 60000 \cdot \left(0,01 + \frac{1000}{R_{BC}} \right) \longrightarrow 1000 = 600 + \frac{60000000}{R_{BC}}$$

$$1000 - 600 = \frac{60000000}{R_{BC}} \longrightarrow 400 = \frac{60000000}{R_{BC}} \longrightarrow 400 \cdot R_{BC} = 60000000$$

$$R_{BC} = \frac{60000000}{400} = 15000 \text{ bps} \approx 150 \text{ Kbps}$$

La velocidad de transmisión debe ser 150 Kbps para que no se sature el nodo.

7. Supón una trama con dos caracteres de cuatro bits cada uno. Sea la probabilidad de error de bit (independiente para cada bit) igual a 10^{-3} .

a) ¿Cuál es la probabilidad de que la trama recibida contenga al menos un bit erróneo?

$$P_1 = (1 - BER)^F$$

F es el número de bit de la trama.

P_1 es la probabilidad de que la trama no tenga errores.

Ahora tenemos que calcular la probabilidad de que al menos contenga un bit erróneo lo sacaremos con la siguiente formula:

$$P_2 = (1 - P_1)$$

$P_1 = (1 - BER)^F = (1 - 10^{-3})^8 = 0,92274$ es la probabilidad de que la trama no tenga errores.

$P_2 = (1 - P_1) = (1 - 0,92274) = 0,07726$ es la probabilidad de que al menos haya un bit erróneo.

b) Ahora añade un bit de paridad a cada carácter. ¿Cuál es la probabilidad?

NO SE HACERLO

- Informacion: x
- FCS : 16 bits
- Delimitador : 8 bits

Nº de secuencia de 3 bits

Con HDLC se usa ventana deslizante donde $W = 2^3 - 1 = 7$

El campo datos se calcula sumando todos los bits de los campos que ya sabemos que son 48 bits y se los restamos al tamaño de la trama.

$$1024 - 48 = 976 \text{ bits}$$

Para el calculo de la eficiencia de los bits de datos transportados en HDLC:

$$U = \frac{W \cdot t_{\text{trama info}}}{(2 \cdot t_{\text{prop}}) + t_{\text{trama}} + t_{\text{ACK}}}$$

$$t_{\text{trama info}} = \frac{\text{bit_de_datos}}{\text{velocidad_transmision_bps}} = \frac{976 \text{ bits}}{1 \text{ Mbps}} = \frac{976 \text{ bits}}{1 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 9,76 \cdot 10^{-4} \text{ segundo}$$

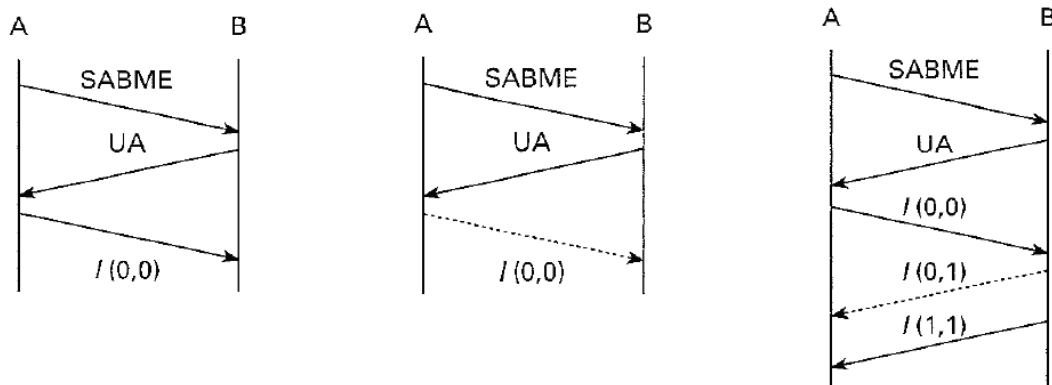
$$t_{\text{trama}} = \frac{\text{bit_de_trama}}{\text{velocidad_transmision_bps}} = \frac{1024 \text{ bits}}{1 \text{ Mbps}} = \frac{1024 \text{ bits}}{1 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 1,024 \cdot 10^{-3} \text{ segundo}$$

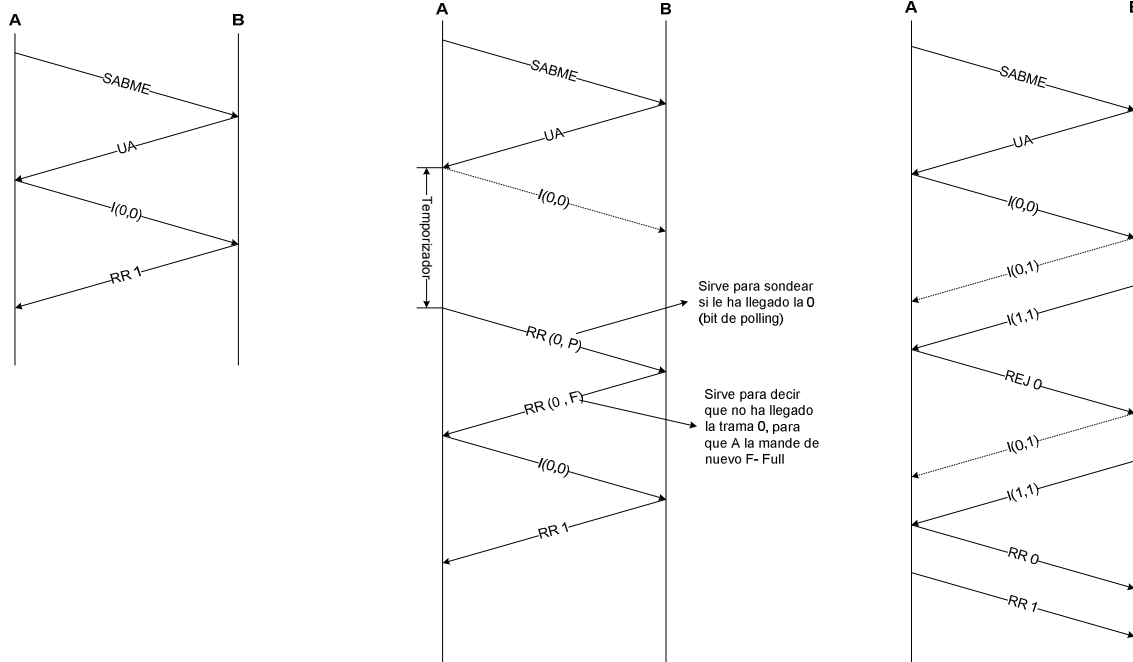
$$U = \frac{W \cdot t_{\text{trama info}}}{(2 \cdot t_{\text{prop}}) + t_{\text{trama}}} = \frac{7 \cdot (976 \cdot 10^{-4})}{(2 \cdot 0,27) + (1,024 \cdot 10^{-3})} = \frac{0,6832}{0,541024} = 1,26 \text{ Sale por encima del 1 por lo tanto es } 100 \%$$

12. Dadas dos estaciones A y B que se comunican utilizando el protocolo de enlace de datos HDLC y teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Una trama errónea se presenta por una línea discontinua
- N(S) es el número de secuencia enviada
- N(R) es el número de secuencia recibida
- I(N(S), N(R)) es una trama de información

Completa las siguientes secuencias de tramas suponiendo que ni A ni B tienen más información que enviarse:





REDES DE AREA LOCAL

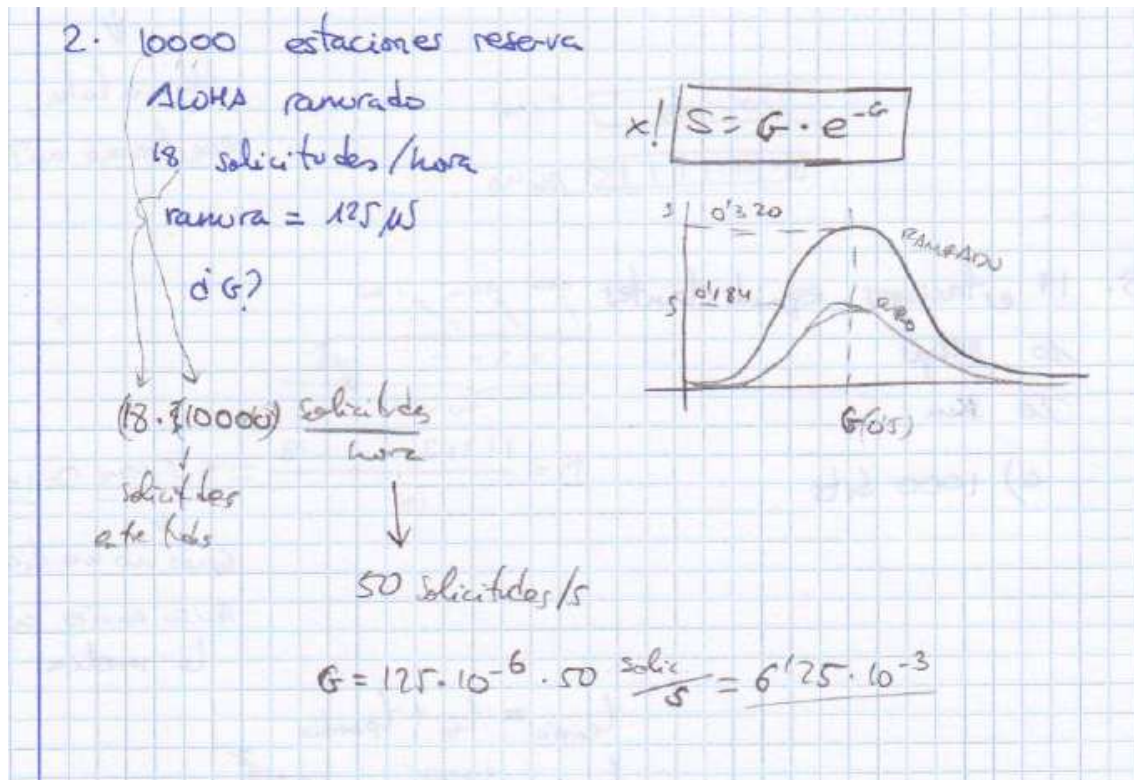
1. Un grupo de n estaciones comparte un canal ALOHA puro de 56 kbps. La salida de cada estación es una trama de 1000 bits en promedio cada 100 segundos aun si la anterior no ha sido enviada (por ejemplo, las estaciones puede almacenar en búfer las tramas salientes). ¿Cuál es el valor máximo de n ?

N estaciones

Protocolo ALOHA puro a 56 Kbps

1000 bits cada 100 segundos

2. Diez mil estaciones de reservas de una aerolínea compiten por un solo canal ALOHA ranurado. La estación promedio hace 18 solicitudes/hora, contando las retransmisiones por colisión. Una ranura dura 125 μ s. ¿Cuál es la carga aproximada total del canal?



3. Considera la construcción de una red CSMA/CD que opere a 1 Gbps a través de un cable de 1 km de longitud sin repetidores. La velocidad de la señal en el cable es de 200000 km/s. ¿Cuál es el tamaño mínimo de trama?

1 Km \longrightarrow 1000 metros

Velocidad de propagación = 200000 Km/s \longrightarrow 200000000 m/s

Calcular el tiempo de propagación:

$$\tau = \frac{d}{v} = \frac{1000 \text{ metros}}{200000000 \text{ m/s}} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ segundos}$$

En CSMA/CD el tiempo de contienda es 2τ por lo tanto:

$$2\tau = 1 \cdot 10^{-5} \text{ segundos}$$

Y el tamaño mínimo de trama es:

$$L_{\min} = 2\tau \cdot R = (1 \cdot 10^{-5}) \cdot (1000000000) = 10000 \text{ bit} \longrightarrow 1250 \text{ bytes}$$

4. Sea un enlace satélite con un retardo de propagación de 290 ms a cada una de las estaciones terrenas que une y una velocidad de transmisión de 1 Mbps. Determina qué protocolo de acceso al medio se podría utilizar: CSMA/CD y/o ALOHA.

$\tau = 290 \text{ ms}$ por lo tanto $2\tau = 580 \text{ ms}$

$$L_{\min} = 2\tau \cdot R = 0.58 \cdot 1000000 = 580000 \text{ bits} \longrightarrow 72500 \text{ bytes}$$

Este tamaño de paquete sería demasiado grande: supondría mucho tiempo de

paquetización, elevado retardo al tener que esperar transmisiones de otros usuarios y mucha pérdida de eficiencia del canal en caso de colisión, por lo que no es recomendable utilizar CSMA/CD.

En cambio, el mecanismo ALOHA se podría utilizar porque no tiene ninguna exigencia parecida a la de CSMA/CD, con el coste de no ser capaz de detectar si hay alguna colisión después de haber enviado el paquete. La eficiencia de ALOHA será inferior pero permitiría su utilización en entornos como el descrito.

5. Considera un bus en banda base con 19 estaciones equidistantes, una velocidad de transmisión de 10 Mbps y una longitud del bus de 20 km.

a) Calcula el tiempo para enviar una trama de 1000 bits a otra estación, medido desde el comienzo de la transmisión hasta el final de la recepción.

Como no nos dice cual es la estación a la que tenemos que enviar tenemos que calcular la distancia media que separa a las estaciones.

Tenemos que saber la distancia media que separa a la 1 del resto de las 18 estaciones.

Desde la 1 a la 2 = 1 Km

Desde la 1 a la 3 = 2 Km

Desde la 1 a la 4 = 3 Km

⋮

Desde la 1 a la 18 = 17 Km

Desde la 1 a la 19 = 18 Km

$$D_{media} = \frac{1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15+16+17+18}{18} = 9,5 \text{ Km} \approx 10 \text{ Km}$$

$$t_{propagacion_medio} = \frac{distancia}{velocidad_propagacion} = \frac{10000}{2 \cdot 10^8} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ segundos}$$

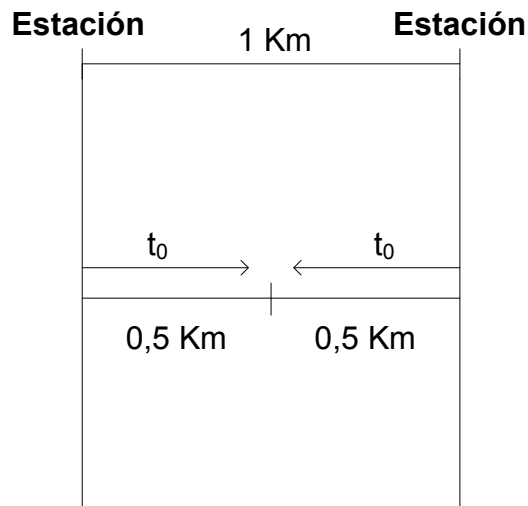
$$t_{trama} = \frac{bits}{bps} = \frac{1000 \text{ bits}}{10 \cdot 10^6 \text{ bps}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ segundos}$$

El tiempo de envío será lo que tarda en transmitir los 1000 bits + el tiempo medio de propagación de la línea.

$$t_{envio} = t_{trama} + t_{propagacion_medio} = (1 \cdot 10^{-4}) + (5 \cdot 10^{-5}) = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ segundos}$$

b) Si dos estaciones consecutivas comienzan a transmitir exactamente al mismo tiempo, sus paquetes interfieren entre sí. Si cada estación transmisora monitoriza el bus durante la transmisión, ¿cuánto tiempo tardarán en darse cuenta de esta colisión?

Las dos estaciones están consecutivas por lo tanto solo las separa un Km.



Calculamos el tiempo en el que se produce la colisión, si las separa 1 Km y emiten al mismo tiempo la colisión será en 500 metros.

$$\tau = \frac{\text{distancia}}{\text{velocidad}_{\text{propagacion}}} = \frac{500 \text{ metros}}{2 \cdot 10^8} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ segundos}$$

Tarda en llegar la colisión al emisor 2τ por lo tanto:

$$2\tau = 5 \cdot 10^{-6} \text{ segundos}$$

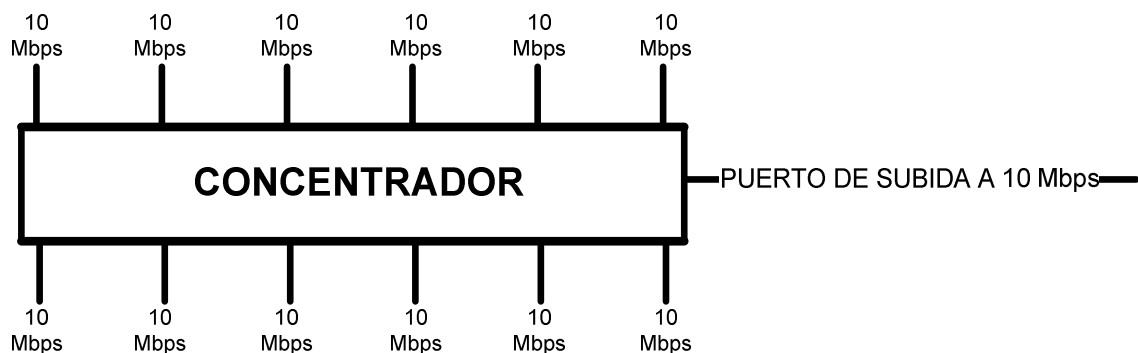
El tiempo que tardan en darse cuenta de la colisión es $5 \cdot 10^{-6}$ segundos.

c) **¿Cuántos bits habrán transmitido para entonces?**

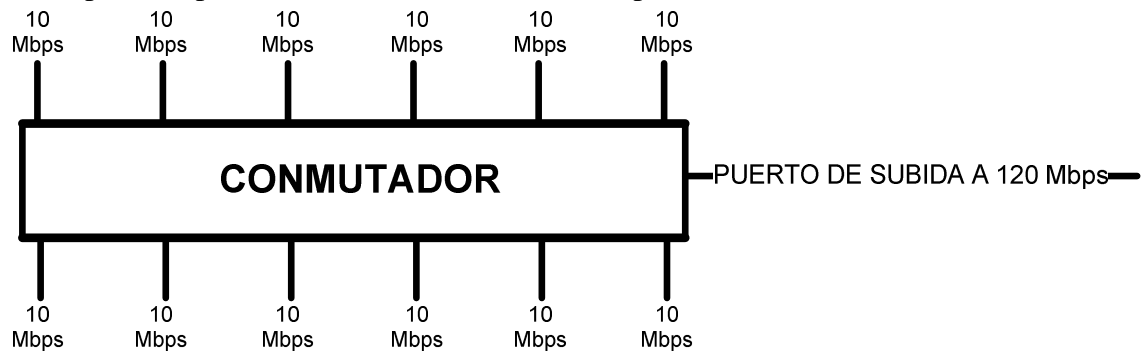
$$\text{Bits}_{\text{transmitidos}} = 2\tau \cdot R = (5 \cdot 10^{-6}) \cdot (10 \cdot 10^6) = 50 \text{ bits}$$

6. Si se dispone de un concentrador de 12 puertos a 10 Mbps y un conmutador de 12 puertos a 10 Mbps, ¿cuál será la velocidad máxima que necesitaremos en un nuevo puerto de subida para ambos equipos?

Concentrador: Puerto de subida de 10 Mbps, porque es un medio compartido y no va a generarse más tráfico entre todos los puertos que los 10 Mbps. El tráfico total generable es de 10 Mbps, por lo que en el peor caso todo el tráfico será de salida y por tanto nunca superior a 10 Mbps.



Conmutador: Puerto de subida de 120 Mbps, porque en el caso extremo las máquinas conectadas a cada puerto accederán a la máxima velocidad a la troncal, y como no interfieren entre sí, el valor de acceso a la troncal es de 12 puertos · 10Mbps, cada puerto consumiendo su velocidad para salida a la troncal.



7. s
8. s
9. Supón la transmisión de un fichero de un millón de caracteres. Calcula el tiempo total de transmisión del fichero para las siguientes dos redes LAN basadas en una topología en bus con dos estaciones separadas una distancia $D = 1$ km, velocidad de transmisión V , tamaño de paquete $P = 256$ bits (incluidos los 80 bits de cabecera). Cada paquete se confirma con un paquete de 88 bits antes de enviar el siguiente paquete.
 - a) $V = 1$ Mbps
 - b) $V = 10$ Mbps

HACERLO

10. Supón un puente con encaminamiento estático que une 3 redes de 5 estaciones cada una. Calcula las entradas que tendrá como mínimo y máximo la tabla de reenvío de ese puente.

HACERLO

11. s
12. ss
13. s
- 14.