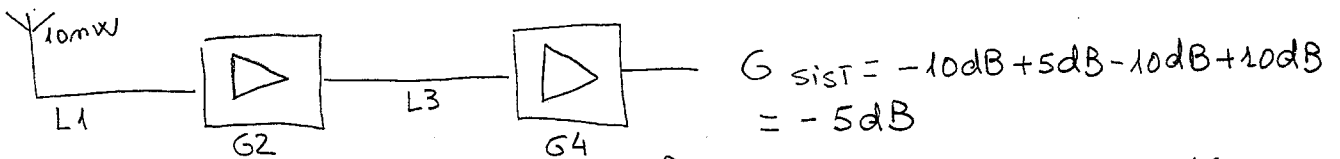


## PROBLEMAS RESUELTOS DE RADIOCOMUNICACION

1º.- Un sistema de transmisión de señales está formado por dos etapas amplificadoras conectadas en cascada. Sean  $L1 = -10$  dB,  $G2 = 5$  dB,  $L3 = -10$  dB y  $G4 = 10$  dB las ganancias de cada una de las etapas.

- Obtener la potencia de la señal de salida (en mW) para una señal de entrada de 10mW.
- Referir el resultado del apartado anterior a unidades dBm.
- Repetir el apartado anterior refiriéndose a unidades dBW.



a)  $-5 \text{ dB} = 10 \log P \Rightarrow \log P = \frac{-5 \text{ dB}}{10} = -0,5$ ;  $P = \text{antilog} -0,5 = 0,316$

$\frac{P_s}{P_e} = 0,316 \Rightarrow P_s = 0,316 \cdot 10 \text{ mW} = 3,16 \text{ mW}$

b)  $P_{\text{sal}} = 3,16 \text{ mW}$ ;  $\text{dBm} = 10 \log 3,16 = 4,99 \approx 5 \text{ dBm}$

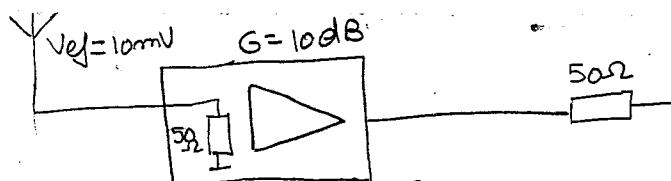
o  $P_{\text{sal}} = 10 \text{ dBm} - 10 \text{ dBm} + 5 \text{ dBm} - 10 \text{ dBm} + 10 \text{ dBm} = 5 \text{ dBm}$

c)  $\text{dBW} = 10 \log 3,16 \cdot 10^{-3} = -25 \text{ dBW}$  o  $\text{dBW} = 10 \cdot \log 10 \cdot 10^{-3} = -20 \text{ dBW}$

$P_{\text{sal}} = -20 \text{ dBW} - 10 \text{ dB} + 5 \text{ dB} - 10 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = -25 \text{ dBW}$

2º.- El amplificador de un sistema de comunicaciones tiene una ganancia en potencia de 10 dB e impedancias de entrada y salida iguales a 50 ohmios.

- Obtener la tensión de salida para una entrada de 10 mVef.
- Referir el resultado anterior a unidades dBV.
- Potencia a la entrada y a la salida para una señal en unidades dBW.



a)  $P_{\text{entr}} = \frac{V_{\text{ef}}^2}{R} = \frac{(10 \cdot 10^{-3})^2}{50} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ W}$ ;  $\text{dBW} = 10 \log 2 \cdot 10^{-6} = -56,9 \text{ dBW}$

$P_{\text{sal}} \text{ dBW} = -56,9 \text{ dBW} + 10 \text{ dB} = -46,9 \text{ dBW}$

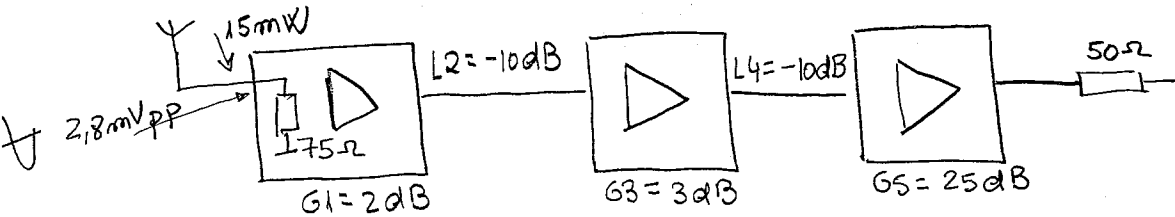
a)  $-46,9 \text{ dBW} = 10 \log P \Rightarrow \log P = \frac{-46,9}{10} = -4,69$ ;  $P = \text{antilog}^{-5} -4,69 = 2,04 \cdot 10^{-5}$

$V_{\text{sal}} = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{2,04 \cdot 10^{-5} \times 50} = 0,031 \text{ V} = 31,9 \text{ mV}$

b)  $\text{dBV} = 20 \log 0,031 = 29,9 \text{ dBV}$

3°.- Un sistema de recepción de señal está formado por dos etapas amplificadoras y atenuadoras conectadas en cascada desde la antena receptora. Si las ganancias de cada una de las etapas son  $G_1=2\text{dB}$ ,  $L_2=-10\text{dB}$ ,  $G_3=3\text{dB}$ ,  $L_4=-10\text{dB}$  y  $G_5=25\text{dB}$ , calcular:

- Potencia de la señal de salida (en mW) para una señal de entrada de 15 mW.
- Si a la entrada tenemos una señal senoidal de 2,8mVpp, calcular la tensión a la salida suponiendo que las impedancias equivalentes de entrada y salida son de 75 ohmios y 50 ohmios respectivamente.
- Potencia a la salida en dBm y dBW para esta señal de entrada.



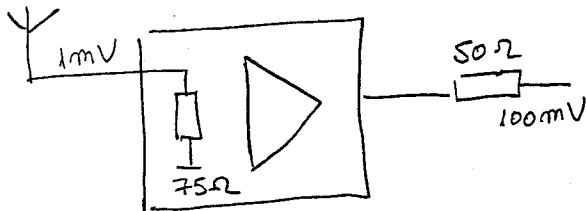
a)  $\text{dBm entr} = 10 \lg 15 = 11,76 \text{ dBm}$   
 $P_{\text{sal}} = 11,76 \text{ dBm} + 2\text{dB} - 10\text{dB} + 3\text{dB} - 10\text{dB} + 25\text{dB} = 21,76 \text{ dBm}$   
 $21,76 \text{ dBm} = 10 \lg P \Rightarrow \lg P = \frac{21,76}{10} = 2,176 \Rightarrow P = \text{anti} \lg 2,176 = 150 \text{ mW}$

c)  $P_{\text{sal}} \text{ dBm} = 21,76 \text{ dBm}$ ;  $P_{\text{sal}} \text{ dBW} = 10 \lg 150 \cdot 10^{-3} = -8,23 \text{ dBW}$

b)  $V_{\text{ef}} = \frac{2,8 \cdot 10^{-3}}{2\sqrt{2}} = 9,9 \cdot 10^{-4} \text{ V}_{\text{ef}}$ ;  $P_{\text{efi}} = \frac{(9,9 \cdot 10^{-4})^2}{75} = 1,30 \cdot 10^{-8} \text{ W}$   
 $\text{dBW} = 10 \lg 1,30 \cdot 10^{-8} = -78,8 \text{ dBW}$   
 $P_{\text{sal}} = -78,8 \text{ dBW} + 2\text{dB} - 10\text{dB} + 3\text{dB} - 10\text{dB} + 25\text{dB} = -68,8 \text{ dBW}$   
 $-68,8 \text{ dBW} = 10 \lg P \Rightarrow \lg P = \frac{-68,8}{10} = -6,88 \Rightarrow P = \text{anti} \lg -6,88 = 1,31 \cdot 10^{-7} \text{ W}$   
 $V = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{1,31 \cdot 10^{-7} \cdot 50} = 2,56 \cdot 10^{-3} \text{ V} = 2,56 \text{ mV}$

4°.- El amplificador de RF a la entrada de un sistema de comunicaciones recibe una señal senoidal de la antena de amplitud 1mV. Si se desea obtener una amplitud de la señal a la salida del mismo de 100mV, calcular:

- Ganancia en tensión del amplificador en dB
- Ganancia en potencia del amplificador en función de la ganancia en tensión expresada en dB.
- Si la impedancia de entrada es de 75 ohmios y la de salida 50 ohmios, calcular la ganancia de potencia en dB del amplificador.



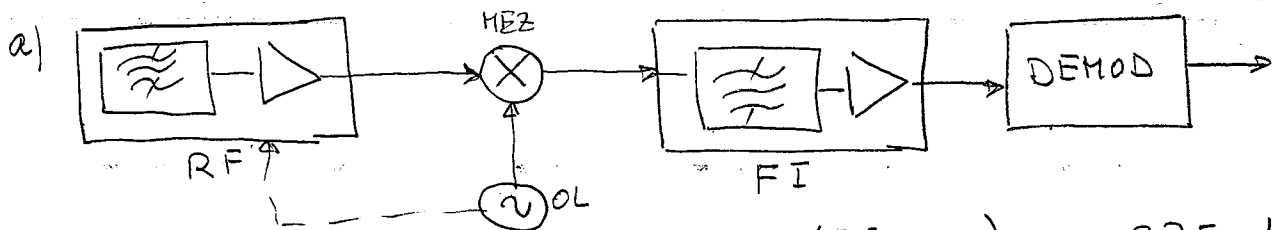
a)  $G_V = \frac{100}{1} = 100$   
 $\text{dB} = 20 \lg 100 = 40 \text{ dB}$

b)  $G_P = 10 \lg 100 = 20 \text{ dB}$

c)  $P_{\text{entr}} = \frac{V_{\text{ef}}^2}{R} = \frac{(1 \cdot 10^{-3})^2}{75} = 1,33 \cdot 10^{-8} \text{ W}$ ;  $\text{dBW}_{\text{entr}} = 10 \lg 1,33 \cdot 10^{-8} = -78,7 \text{ dBW}$   
 $P_{\text{sal}} = \frac{V_{\text{ef}}^2}{R} = \frac{(100 \cdot 10^{-3})^2}{50} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ W}$ ;  $\text{dBW}_{\text{sal}} = 10 \lg 2 \cdot 10^{-4} = -37 \text{ dBW}$   
 $G_P = -78,7 + 37 = 41 \text{ dB}$

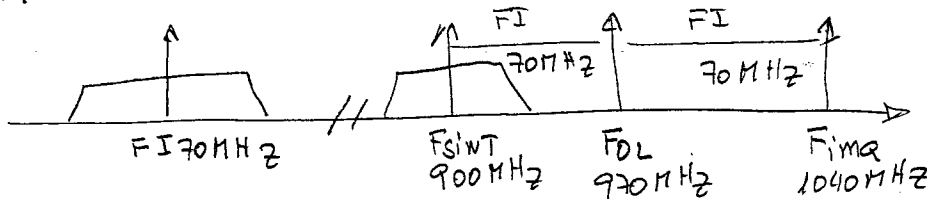
5°.- Se requiere transmitir por un cable de 100 mt una señal que en banda base (moduladora) ocupa 5 MHz de ancho de banda mediante una modulación de FM de una portadora de 900MHz con una desviación de frecuencia pico a pico de 7,5 MHz. El cable tiene un coeficiente de atenuación  $\alpha=0,25$  dB/mt a 900 MHz. En el extremo del cable hay un receptor superheterodino con conversión de frecuencias y un demodulador de FM.

- Dibujar un diagrama de bloques de un receptor del tipo descrito en el enunciado.
- Calcular el ancho de banda de la señal de FM
- Calcular la frecuencia del oscilador local si se emplea una FI=70 MHz y se quiere que la frecuencia imagen esté por encima de la de sintonía. Dibujar la posición de frecuencias en el espectro.
- Ancho de banda máximo de la etapa de radiofrecuencia.
- Si solo es posible emplear filtros con  $Q < 5$ , justifique si es necesario o no un receptor con doble conversión, y en caso de serlo calcule el valor de la segunda FI (considere que en ancho de banda del canal es el mismo calculado anteriormente).
- Determinar el nivel de la señal recibida al extremo del cable si se emite con un nivel de 30 dBm
- Determinar la ganancia total del sistema de recepción si se precisa que en la entrada del demodulador haya un nivel de -10dBW



b) SEGUN CARLSON  $B = 2 \left( \Delta F + F_{max} \right) = 2 \left( \frac{7,5}{2} + 5 \right) = 2 \times 8,75 = 17,5 \text{ MHz}$

c)  $FI = 70 \text{ MHz}$ ;  $F_{OL} = F_{SINT} + FI = 900 \text{ MHz} + 70 \text{ MHz} = 970 \text{ MHz}$   
 $F_{ima} = F_{SINT} + 2FI = 900 \text{ MHz} + 140 \text{ MHz} = 1040 \text{ MHz}$



d)  $B_{RF} \geq 4FI = 4 \times 70 = 280 \text{ MHz}$

e) En FI  $Q_{FI} = \frac{FI}{B_{FH}} = \frac{70 \text{ MHz}}{17,5 \text{ MHz}} = 4$  como  $Q < 5$  podemos emplear una sola etapa de FI.

f) Perd. cable =  $0,25 \text{ dB/m} \times 100 \text{ mt} = 25 \text{ dB}$

Nivel extr cable =  $P_{en} \text{ dBm} - P_{cable} \text{ dB} = 30 \text{ dBm} - 25 \text{ dB} = 5 \text{ dBm}$

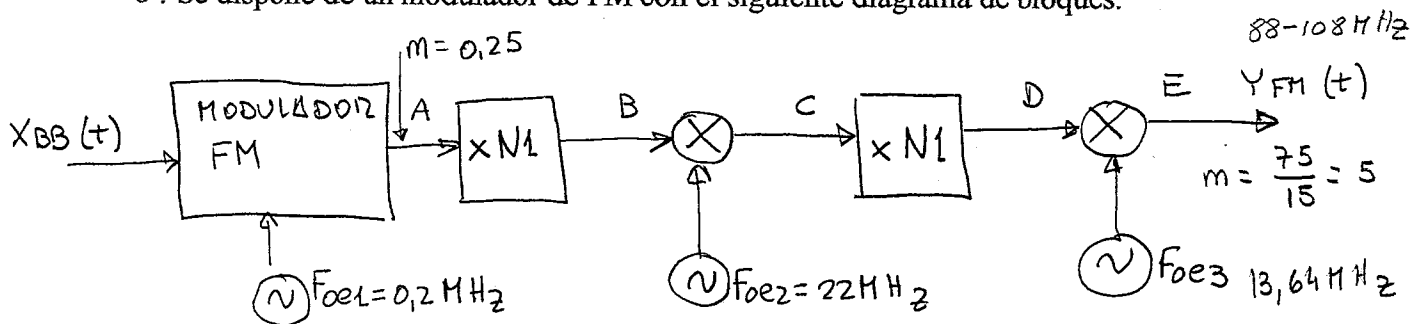
$5 \text{ dBm} = 10 \log P \Rightarrow \log P = \frac{5}{10} = 0,5 \Rightarrow P = \text{antilog } 0,5 = 3,16 \text{ mW} = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ W}$

$\text{dBW} = 10 \log P \Rightarrow 10 \log 3,16 \cdot 10^{-3} = -25 \text{ dBW}$

g)  $G_T = P_{demo} \text{ dBW} - \text{Nivel extr. cable} = -10 \text{ dBW} - (-25 \text{ dBW}) = 15 \text{ dB}$

ó  $G_T = \frac{P_{demod}}{P_{recibida}}$ ;  $-10 \text{ dBW} = 0,1 \text{ W}$ ;  $-25 \text{ dBW} = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ W}$   
 $G_T = \frac{0,1}{3,16 \cdot 10^{-3}} = 31,64 \text{ W} \Rightarrow \text{dB} = 10 \log P = 10 \log 31,64 = 15 \text{ dB}$

6º.-Se dispone de un modulador de FM con el siguiente diagrama de bloques:



Como moduladora se emplea una señal musical con un margen de frecuencias entre 30 Hz y 15 KHz. Se desea que a la salida del modulador la frecuencia de portadora sea de 108 MHz y la desviación máxima de frecuencia de 75 KHz.

a) Calcular el valor de los multiplicadores de frecuencia  $N_1$  y del oscilador local  $F_{oe3}$ , para cumplir los requisitos del enunciado. Suponer que siempre se realizan subconversiones de frecuencias y que solamente debe existir una inversión de bandas de la señal modulada.

b) Calcular el valor del ancho de banda de la señal de FM en el punto E.

$$a) 0,25 \cdot N_1 \cdot N_1 = 5 \Rightarrow N_1^2 = \frac{5}{0,25} = 20 \Rightarrow N_1 = \sqrt{20} = 4,47$$

$$\text{en B tenemos } 0,2 \text{ MHz} \times 4,47 = 0,894 \text{ MHz}$$

$$\text{en C } 22 \text{ MHz} - 0,894 \text{ MHz} = 21,11 \text{ MHz}$$

$$\text{en D } 21,11 \text{ MHz} \times 4,47 = 94,36 \text{ MHz}$$

$$\text{Para que no haya inver. } F_{oe3} = F_D - F_E = 94,36 - 108 = -13,64 \text{ MHz} = 13,64 \text{ MHz}$$

$$b) m = \frac{\Delta F}{f_{max}} \Rightarrow \Delta F = m \cdot f_{max}$$

$$\Delta F_A = 0,25 \cdot 15.000 = 3750 \text{ Hz}$$

$$\Delta F_C = 3750 \text{ Hz} \times 4,47 = 16.762,5 \text{ Hz}$$

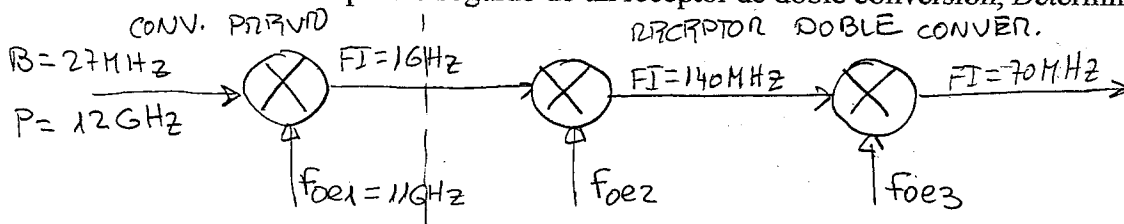
$$\Delta F_E = 16.762,5 \times 4,47 = 75.000 \text{ Hz}$$

$$B_A = 2 (\Delta F_A + f_{max}) = 2 (3750 + 15.000) = 37,5 \text{ kHz}$$

$$B_C = 2 (\Delta F_C + f_{max}) = 2 (16.762,5 + 15.000) = 63,5 \text{ kHz}$$

$$B_E = 2 (\Delta F_E + f_{max}) = 2 (75.000 + 15.000) = 180 \text{ kHz}$$

8°.-Se recibe por satélite una portadora de 12 GHz con un ancho de banda de 27 MHz. Se usa un conversor previo seguido de un receptor de doble conversión, Determinar:



- Frecuencia local mínima del conversor previo para una FI= 1GHz.
- Si la FI primera del receptor de doble conversión es de 140 MHz con espectro sin invertir, calcular la frecuencia imagen para dicho receptor.
- Q mínimo del filtro de RF
- Frecuencia local fija del segundo conversor para una FI final(segunda) de 70 MHz.
- Q del filtro de la segunda FI.
- De todo el canal de 27 MHz sintonizado, solo 22 MHz corresponden a la señal de video. Esta es una FM a partir de una banda base de 6 MHz. Indique la desviación pico a pico máxima que se puede usar en el demodulador.
- Las mejoras por modulación y preacentuación suman 18 dB. Se quiere obtener una relación señal /ruido de 38 dB a la salida. Sabiendo que la figura de ruido del sistema receptor es de 5 dB y la Tante. De 290°K ¿Cuál debería ser la potencia recibida de la señal?

a) SIN INVERSION  $f_{oe1} = f_{RF} - f_I = 12 - 1 = 11 \text{ GHz}$

b) SIN INVERSION  $f_I = f_{RF} - f_{oe2}$  ;  $f_{IMAG} = f_{RF} - 2f_I = 1 \text{ GHz} - 0,28 \text{ GHz}$   
 $= 0,720 \text{ GHz} = 720 \text{ MHz}$

c)  $Q \geq \frac{f_{RF}}{B} \geq \frac{f_{RF}}{4f_I} = \frac{1 \text{ GHz}}{4 \cdot 140 \cdot 10^3} = 1,8$  EL FACTOR DE RECHAZO

ALA FRRP. IMAGEN ES:

$$\rho = \frac{f_{RF}}{f_{IMA}} - \frac{f_{IMA}}{f_{RF}} = \frac{1000 \text{ MHz}}{720 \text{ MHz}} - \frac{720 \text{ MHz}}{1000 \text{ MHz}} = 1,38 - 0,72 = 0,66$$

$$IFRR = \sqrt{1 + (Q^2 \cdot \rho^2)} = \sqrt{1 + (1,8^2 \cdot 0,66^2)} = 1,55$$

$$dB = 20 \log 1,55 = 20 \times 0,191 = 3,82 \text{ dB}$$

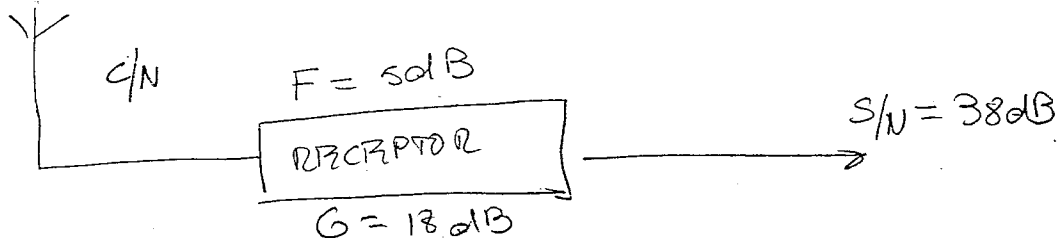
d) SIN INVERSION  $f_{I2} = f_{I1} - f_{oe3} \Rightarrow f_{oe3} = f_{I1} - f_{I2} = 140 - 70 = 70 \text{ MHz}$

e)  $Q = \frac{f_{I2}}{B} = \frac{70 \text{ MHz}}{27 \text{ MHz}} = 2,6$

f)  $B_{FM} = 2(\Delta F + f_{max}) = 22 \text{ MHz} = 2 \cdot 6 \text{ MHz} + 2\Delta F \Rightarrow 22 \text{ MHz} = 12 \text{ MHz} + 2\Delta F$   
 $\Rightarrow 2\Delta F = 22 \text{ MHz} - 12 \text{ MHz} \Rightarrow 2\Delta F = 10 \text{ MHz} \Rightarrow \Delta F = \frac{10}{2} = 5 \text{ MHz}$   
 $\Rightarrow \Delta F_{pp} = \pm 5 \text{ MHz} = 10 \text{ MHz}$

SIGUE POR DETRAS

g)



$$\frac{C}{N} = \frac{S}{N} - G_{\text{recep}} = 38 - 18 = 20 \text{ dB}$$

$$T_{\text{emp sist}} = T_0 (F - 1) = 290^\circ \text{K} (3,16 - 1) = 626,4^\circ \text{K}$$

$$F = 10^{\frac{5}{10}} = 10^{0,5} = 3,16$$

$$P_{\text{ruido entrada}} = (T_{\text{ante}} + T_{\text{equi}}) K \cdot B = (290^\circ \text{K} + 626,4^\circ \text{K}) \cdot 1,38 \cdot 10^{-8} \cdot 22 \cdot 10^6 = 2,78 \cdot 10^{-13} \text{ W}$$

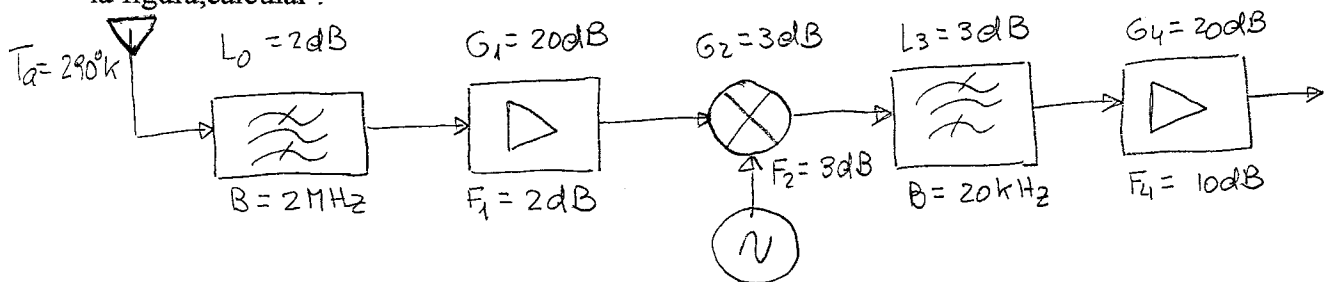
$$\text{dBW} = 10 \log 2,78 \cdot 10^{-13} = -125,6 \text{ dBW}$$

$$P_{\text{potencia } C} = \frac{C}{N} + P_{\text{ruido entr}} = 20 \text{ dB} - 125,6 \text{ dBW} = -105,6 \text{ dBW}$$

$$\text{En dBm} ; \text{dBm} = 10 \log 2,78 \cdot 10^{-13} \cdot 10^3 = -95,5 \text{ dBm}$$

$$C = 20 - 95,5 = -75,5 \text{ dBm}$$

12°.- Se desea instalar un transmisor de ondas métricas para radiodifusión de FM estéreo (88-108 MHz), cuya zona de cobertura es urbana (valor mediano de intensidad de campo, medido a 10 mt por encima del terreno, no inferior a 66 dBu, según la Red 412 del ITU-R), de 20 Km de radio alrededor del emplazamiento. El sistema radiante es una antena dipolo en  $\lambda/2$  y está situado en el extremo de un mástil de 15 mt de altura, erigido en un montículo de 135 mt. La emisora está situada en la base de la torre, uniéndose al transmisor con la antena mediante un cable coaxial cuya pérdida a la frecuencia de trabajo es de 0,7 dB/mt, las pérdidas en conectores se estiman en 0,5 dB. Si la ondulación del terreno se estima en 50 mt, la antena receptora tiene 10 mt de altura y 0dB de ganancia (rendimiento = 100%), y el sistema receptor obedece al esquema de la figura, calcular:



- a) Potencia suministrada por el transmisor (rendimiento = 90%)  
 b) Relación C/N para un receptor, situado en el límite del área de servicio, para la frecuencia más alta.

a) En la recomendación Rec UIT-R 370 se propone:

$$E = E_c + P - \Delta h + h_r + L + D$$

En este problema  $\Delta h = 50 \text{ mt} = 0$ ;  $h_r = 10 \text{ mt} = 0$ ;  $L = 50\%$  valor mediano = 0, y  $D = 0$  porque no se tienen datos disponibles. Queale.

$E = E_c + P$  donde  $P$  es el PRD en dBK

$E = E_c + \text{PRD (dBK)}$  de las curvas sacamos para

$$h_t = 135 + 15 = 150 \text{ mts y } 20 \text{ km}; E_c = 64 \text{ dBu}$$

$$\text{PRD} = E - E_c = 66 - 64 = 2 \text{ dBK como}$$

$$\text{PRD} = P_T + G_T - \Delta t_e; A_{te} = L_{tt} + L_{at} \text{ entonces:}$$

$$P_T = \text{PRD} + L_{tt} + L_{at} - G_t = 2 + (0,17 \times 15) + (0,5 \times 2) - 0 = 5,55 \text{ dBm}$$

b) La potencia recibida se pone en función del campo:

$$P_r = E - 20 \times \log_{10}(f \text{ MHz}) - 77,2 + G_r$$

$$P_r = 66 \text{ dBu} - 20 \log_{10}(108 \text{ MHz}) - 77,2 + 0 = -47 \text{ dBm}$$

Para calcular el ruido hace falta calcular primero la figure de ruido del sistema.

$$F_s = F_a + F_r - 1 \quad \text{si } T_a = T_0 \text{ entonces } F_s = F_r$$

$$F_r = F_1 + (F_2 - 1/g_1) + (F_3 - 1/g_1 g_2) + (F_4 - 1/g_1 g_2 g_3) + (F_5 - 1/g_1 g_2 g_3 g_4)$$

$$F_1 = 10 = 10 = 1,58 ; \quad g_1 = \text{antilog} \frac{-2}{10} = 0,630$$

$$F_2 = 10 = 10 = 1,58 ; \quad g_2 = \text{antilog} \frac{20}{10} = 100$$

$$F_3 = 10 = 10 = 1,99 ; \quad g_3 = \text{antilog} \frac{3}{10} = 1,99$$

$$F_4 = 10 = 10 = 1,99 ; \quad g_4 = \text{antilog} \frac{-3}{10} = 0,501$$

$$F_5 = 10 = 10 = 10 ; \quad g_5 = \text{antilog} \frac{20}{10} = 100$$

$$F_r = 1,58 + \left( \frac{1,58 - 1}{0,630} \right) + \left( \frac{1,99 - 1}{0,630 \times 100} \right) + \left( \frac{1,99 - 1}{0,630 \times 100 \times 1,99} \right) + \left( \frac{10 - 1}{0,630 \times 100 \times 1,99 \times 10} \right)$$

$$= 1,58 + 0,926 + 0,0157 + 7,921 \cdot 10^{-3} + 0,143 = 2,67$$

$$F_r = 10 \lg 2,67 = 4,27 \text{ dB}$$

Y el ruido es:

$$\text{Nivel ruido a la entrada} = k (T_{\text{ante}} + T_{\text{siste}}) \cdot B$$

$$T_{\text{siste}} = T_0 (F_r - 1) = 290^\circ \text{K} (2,67 - 1) = 486,04^\circ \text{K}$$

$$T_{\text{ante}} = 290^\circ \text{K}$$

$$N_{\text{ruido entr}} = 1,38 \cdot 10^{-23} (290^\circ \text{K} + 486,04) \cdot 2 \cdot 10^3 = 2,14 \cdot 10^{-16} \text{ W}$$

$$\text{dBW} = 10 \lg 2,14 \cdot 10^{-16} = -156,6 \text{ dBW}$$

$$\text{dBm} = 10 \lg 2,14 \cdot 10^{-13} = -126,6 \text{ dBm}$$

$$\frac{C}{N} \text{ dBm} = P_r - N = -47 \text{ dBm} - (-126,6) = -47 \text{ dBm} + 126,6 =$$

$$N \text{ dBm} = 79,6 \text{ dBm}$$



15°.- Una emisora de radiodifusión de FM, en 100MHz, radia un PARRA igual a 10KW. La altura efectiva de la antena es 37,5m. Se supone un receptor con antena situada a la altura de referencia de 10m y condiciones estándar (50% ubicaciones, 50% tiempo, Ah=50m.)

Se desea servir una zona circular de radio R=20Km en área rural. El campo mínimo utilizable es  $E_{mu}=54\text{dBu}$ .

Se pide:

- 1) Calcular la pérdida básica de propagación a 20Km.
- 2) Indicar si es o no viable la cobertura deseada.
- 3) ¿Podría darse servicio a más del 50% de ubicaciones?

1°.- Pérdida básica en el espacio libre.

$$L_{bf} = 92,45 + 20 \log f (\text{GHz}) + 20 \log d (\text{km}) = 92,45 + 20 \log 100 \cdot 10^3 + 20 \log 20 = 92,45 + 20 + 26 = \underline{98,45 \text{ dB}} \text{ ó también.}$$

$$L_{bf} = 32,5 + 20 \log f (\text{MHz}) + 20 \log d (\text{km}) = 32,5 + 20 \log 100 + 20 \log 20 = 32,5 + 40 + 26 = \underline{98,5 \text{ dB}}$$

Se lee en las curvas de la Rec 370 la diferencia de intensidad de campo  $E_c \text{ dB}\mu\text{V/m}$  entre  $h=37,5\text{m}$  y la del espacio libre y es  $E_{c h=37,5} \approx 50 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  y  $E_{c \text{ esp. libre}} \approx 80 \text{ dB}\mu\text{V/m}$  luego la diferencia  $L_{ex} = 80 - 50 = 30 \text{ dB}\mu\text{V/m}$

Pérdida en exceso = Atenuación de campo

$$L_b = L_{bf} + L_{ex} = 98,5 \text{ dB} + 30 \text{ dB} = \underline{128,5 \text{ dB}}$$

2°.-  $E = E_{\text{curvas}} + \text{PARRA}$  ;  $E_{\text{curvas}} = 51 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ . ← FÓRMULA REC 370 NORMALIZADA.

$$(\text{PARRA}) = 10 \log 10 = 10 \text{ dB KW}$$

$$E = 51 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = 61 \text{ dB} > 54 \text{ dB} \text{ luego es viable.}$$

3°.- Hay un margen igual a  $61 - 54 = 7 \text{ dB}$  luego sí podría darse servicio.

16°.- Se considera una estación de radiodifusión DAB destinada a prestar servicio en un área urbana de 10 Km de radio, sobre un terreno de  $\Delta h=50m$ . El equipo transmisor tiene una potencia de 5 KW y se conectará a una antena a través de un cable coaxial de 25m de longitud con una pérdida unitaria de 0,05 dB/m. La altura efectiva de la antena es de 37,5 m. Como modelo de propagación se utilizarán las curvas de la Rec.370 para tierra, con una atenuación adicional de 24 dB para su aplicación al medio urbano.

1) Calcular la ganancia de antena (dBi) del transmisor.

2) Supuesto otro transmisor cocanal de PRA = 20 dBKW con una antena de altura efectiva 75m, calcular a que distancia mínima deberá estar el transmisor deseado para que cumpla la relación de protección en el borde de la zona de cobertura del transmisor deseado. Se supone que el trayecto interferente discurre por área rural con  $\Delta h=50m$ .

1°.- Campo mínimo utilizable  $E_{mu} = 58 dBu = E_c \left( \frac{km}{10} \right) + (PRA) - 24$  Aten. adicional  
↑ ↑  
curvas

PRA =  $58 dB_{\mu V/m} - E_c dB_{\mu V/m} + 24 dB = 58 - 63 + 24 = 19 dBKW$

como tambien  $PRA = P_t (dB) + G_d (dB) - A_t \text{ cable } (dB)$

$PRA = 10 \log 5kW + G_i - 2,15 - (25m \cdot 0,05) = 19 dBKW$

$19 dBKW = 6,98 + G_i - 2,15 - 1,25$

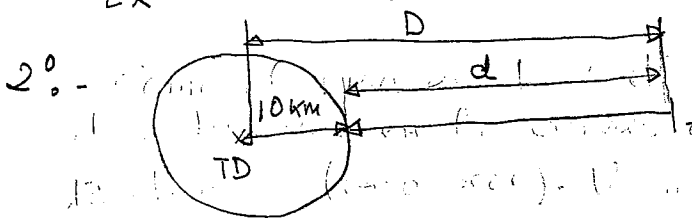
$G_i = 19 - 6,98 + 2,15 + 1,25 = \underline{15,42 dB}$

o tambien:

$PRA = P_{tx} + G_{tx} - A_{tx}$

$19 dBKW = 6,98 dB + G_{tx} - 1,25 dB$

$G_{tx} = 19 - 6,98 + 1,25 = \underline{13,27 dB}$  con más error  
 no tiene en cuenta los 2,15 dB de ganancia del dipolo con respecto a la isotropica.



RELACION DE PROTECCION =  $E - E_I \Rightarrow E_I = E - REL. PROT.$   
↑ ↑  
campo de la emisora (36 dB en FM)  
campo interferente

$E_I = 58 dB_{\mu V/m} - 36 dB = 22 dB$

$E_I = E_c + PRA \Rightarrow E_c = E_I - PRA = 22 dB_{\mu V/m} - 20 dBKW =$

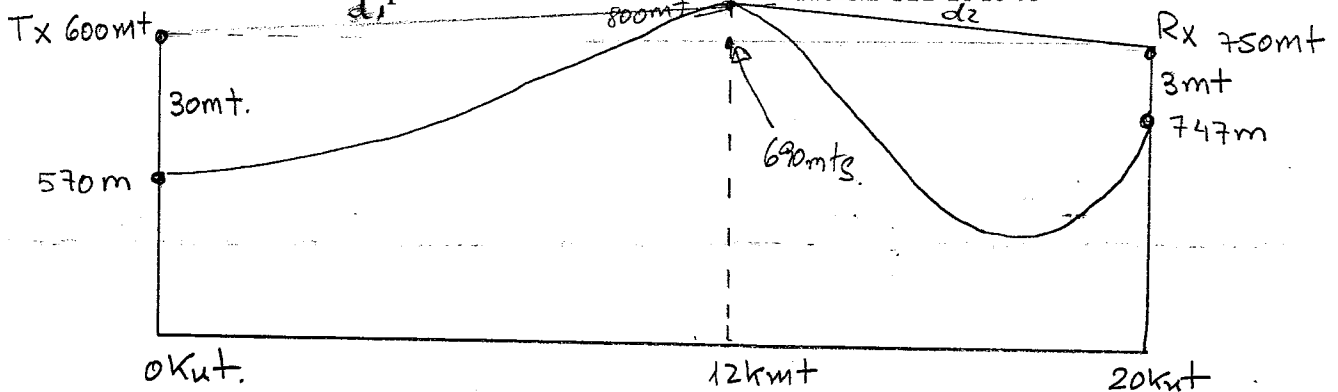
$= 2 dB_{\mu V/m}$  con  $E_c = 2 dB_{\mu V/m}$  y  $h = 75m$ . mirando en las curvas 1% tiempo  $d = 380 km$ . luego  $D = 380 + 10 = \underline{390 km}$

21º.-Un transmisor de radiodifusión digital DAB que funciona en la frecuencia portadora  $F=220$  MHz, utiliza una antena de 2 dBi de ganancia con un diagrama omnidireccional en el plano horizontal, y situada a una altura sobre el suelo  $h_t=30$  m. La cota del terreno a pie de antena es  $c=570$  m, y la altura media del terreno, a lo largo de un radial, entre 3 y 15 Km del transmisor al receptor, es  $h_m=562,5$  m. La antena está unida al transmisor por un acable coaxial de 35m de longitud, con una atenuación unitaria  $=0,04$  dB/m.

Se desea estudiar la recepción en un receptor móvil ubicado en un autobús. La altura de la antena del receptor es  $h_r=3$  m. El vehículo está parado en un punto a 20 Km del transmisor, cuya cota geográfica es de 747 m. En la figura se representa el perfil del terreno para la línea radial del transmisor al receptor. El entorno de dicho punto es de tipo rural.

Calcule la potencia en W, del transmisor para dar servicio al receptor con calidad DAB.

Se utilizarán las curvas de procedimientos de la Recomendación UIT-R 1546



1º.- Altura efectiva de la antena transmisora:

$$h_{ef} = h_t + cota - h_m = 30 + 570 - 562,5 = \underline{37,5 \text{ mts.}}$$

2º) Interpolación con la Frecuencia: (PARA 220 MHz)

Mirando en las curvas Rec 370 para  $h_{ef} = 37,5$  mts y una distancia de 20 km.

a 100 MHz  $E_{c1} = 49 \text{ dB}_{\mu\text{V}}/\text{m}$

a 600 MHz  $E_{c2} = 46 \text{ dB}_{\mu\text{V}}/\text{m}$  para interpolar

$$E = E_{c2} + \frac{(E_{c1} - E_{c2}) \log(F/100)}{\log\left(\frac{F_{c2}}{F_{c1}}\right)} = 46 + \frac{(49 - 46) \cdot \log\left(\frac{220}{100}\right)}{\log\left(\frac{600}{100}\right)} =$$

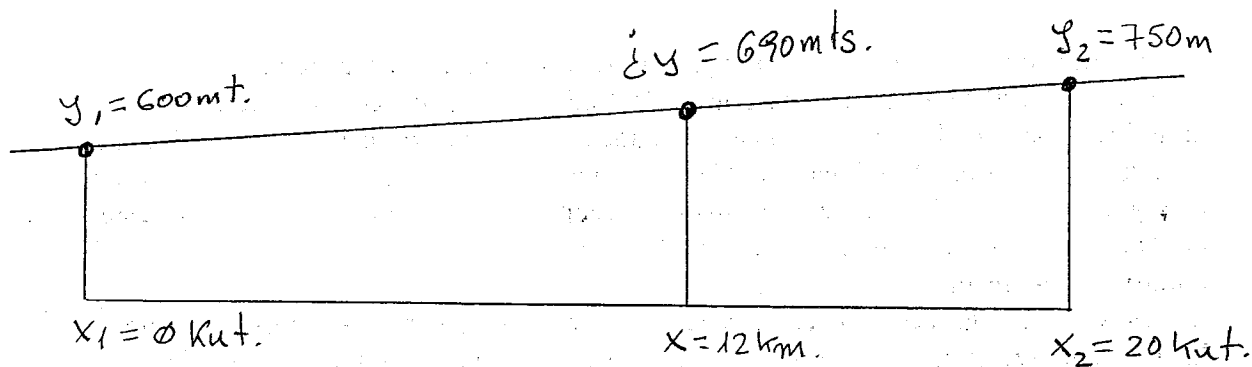
$$= 46 + \frac{1,02}{0,778} = \underline{47,3 \text{ dB}_{\mu\text{V}}/\text{m}}$$

3.- Corrección por altura de la antena del receptor:

(altura de referencia  $h_a = 10$  mt. en zona rural)

$$h_r = \frac{c}{6} 20 \log \frac{h_r}{10} \text{ donde } c=4; h_r = \frac{4}{6} \cdot 20 \log \frac{3}{10} = \underline{-6,97 \text{ dB}}$$

4.º - Corrección por despejamiento del terreno:



$$\frac{y - y_2}{y_1 - y_2} = \frac{x - x_2}{x_1 - x_2} ; \quad \frac{y - 750}{600 - 750} = \frac{12000 - 20000}{0 - 20000} \Rightarrow \frac{y - 750}{-150} = \frac{-8000}{-20000}$$

$$\Rightarrow -20000y + 1500000 = 1200000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -20000y = 1200000 - 1500000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -20000y = -1380000 \Rightarrow y = \frac{-1380000}{-20000} = 690$$

luego el obstáculo supera al rayo en:

$$800 \text{ m} - 690 \text{ m} = 110 \text{ m}$$

El despejamiento es:  $h = \text{altura del obstáculo} - \text{cota del rayo}$   
 $= 800 \text{ m} - 690 \text{ m} = \underline{110 \text{ m}}$

5.º - Cálculo de pérdida por difracción:

$$v = 2,58 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{F \cdot d}{d_1 \cdot d_2}} \cdot h \quad \text{siendo } d_1 = 12 \text{ km y } d_2 = 8 \text{ km}$$

$$v = 2,58 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{220 \cdot 20}{96}} \times 110 = 2,58 \cdot 10^{-3} \times 6,77 \times 110 = \underline{1,92}$$

$$L(x) = 6,9 + 20 \log \left( \sqrt{(v - 0,1)^2 + 1} + v - 0,1 \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6,9 + 20 \log \left( \sqrt{(1,92 - 0,1)^2 + 1} + 1,92 - 0,1 \right) = 6,9 + 20 \log 3,98 =$$

$$= 6,9 + 11,8 = \underline{18,7 \text{ dB}}$$

## SIGUE PROBLEMA 21

6°.- Cálculo del campo final con las correcciones para 1 kW PRS.

$$E_{\text{final}} = E_{\text{para } 220\text{MHz}} - \text{Correc. por altura} - \text{Correc por difrac.}$$

$$E_{\text{fi}} = 47,3 - 6,97 - 18,7 = \underline{21,63 \text{ dB}\mu\text{V/m.}}$$

7°.- Campo necesario según norma DAB:

$$E_{\text{neces}} = 35 \text{ dB}\mu\text{V/m.}$$

8°.- Corrección de PRA.:

$$E_{\text{neces}} - E_{\text{final}} = 35 - 21,63 = \underline{13,37 \text{ dB kW}}$$

$$P = \text{antilog} \frac{13,37}{10} = \underline{21,72 \text{ kW}} = \underline{21720 \text{ W}}$$

$$10 \log 21720 = \underline{43,36 \text{ dBW}}$$

9°.- Cálculo de la potencia del transmisor:

$$P_{\text{tran}} = P_{\text{calculada PRS}} + \text{Perdidas} \leftarrow G_{\text{antena}}$$

$$G_{\text{an. antena}} \quad G_d = G_i - 2,15 = 2 - 2,15 = \underline{-0,15 \text{ dB}}$$

$$\text{Pérdida en cables} = 35 \text{ mt} \times 0,04 = \underline{1,4 \text{ dB}}$$

$$P_{\text{ot. trans}} = 43,36 \text{ dBW} + 1,4 + 0,15 = \underline{44,91 \text{ dBW}}$$

$$P_0 = \text{antilog} \frac{44,91 \text{ dBW}}{10} = \underline{30.974 \text{ W}} \approx \underline{31 \text{ kW}}$$

22°. Un transmisor de radiodifusión de FM tiene una impedancia de salida resistiva  $R_g = 50 \text{ Ohm}$ . Se conecta a un sistema radiante (cable alimentador + conjunto de antena) cuya impedancia es también resistiva e igual a  $60 \text{ ohm}$ . La pérdida del cable es  $1,5 \text{ dB}$  y la ganancia de la antena es de  $10 \text{ dBd}$ . En pruebas con carga adaptada, se ha medido una potencia de salida del transmisor de  $5 \text{ kW}$ . Calcular la PIRE de emisión, en  $\text{dBW}$ .

1°. Cálculo del coeficiente de reflexión:

$$\Gamma = \frac{R_g - R_L}{R_g + R_L} = \frac{50 - 60}{50 + 60} = \frac{-10}{110} = -0,5$$

2°. Cálculo de la potencia entregada a la antena:

$$P_{\text{ent. ant.}} = P_{\text{dispon. transmi}} \times (1 - |\Gamma|^2)$$

$$P_{\text{ent. ant.}} = 5 \text{ kW} \times (1 - (0,5)^2) = 5 \times 0,75 = \underline{3,75 \text{ kW}}$$

3°. Cálculo del PIRE:

$$\text{PIRE} = 10 \log P_{\text{ent. ant.}} - \Delta_{\text{t. cable}} + G_{\text{ante. (dBd)}}$$

$$\text{PIRE} = 10 \log 3750 \text{ W} - 1,5 + 10 + 1,5 = 35,74$$

$$\Rightarrow 35,74 - 1,5 + 10 + 1,5 = \underline{45,74 \text{ dBW}}$$

24°.-Se constituye un enlace radioelectrico del modo siguiente:

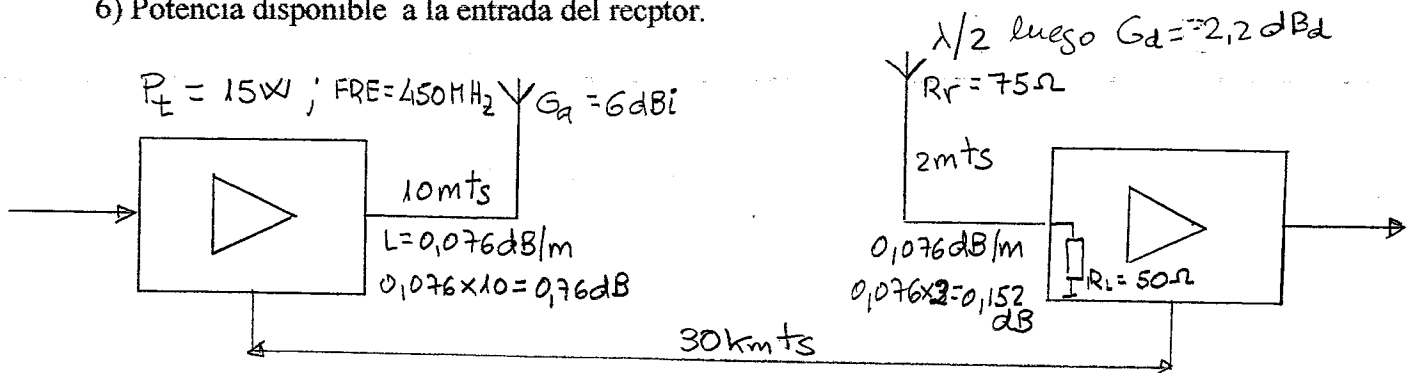
Transmisor de 15 W unido a una antena de 10 m de cable de coaxial de 0,076 dB/m de atenuación. Antena transmisora de rendimiento 90% y ganacia igual a 6dBi. La longitud del enlace es de 30 Km y su frecuencia de trabajo  $F= 450$  MHz.

El media de propagación produce una atenuación de campo igual a 20 dB.

La antena receptora es un dipolo de  $\lambda/2$  con resistencia de 75 Ohm y está unida a un receptor a través de 2 m. De cable de las mismas características que el transmisor.

Se pide:

- 1) Potencia radiada aparente del transmisor.
- 2) Pérdida básica de propagación
- 3) Intensidad de campo en el receptor.
- 4) Pérdida del sistema.
- 5) Area efectiva de la antena receptora.
- 6) Potencia disponible a la entrada del receptor.



1° -  $PRA = P_t - A_{te} + G_d$

$$P_t \text{ (dBW)} = 10 \log 15 = 11,76 \text{ dBW}$$

$$PRA = 11,76 - 0,76 + (6 - 2,2) = \underline{14,8 \text{ dBW}}$$

2° -  $A_t \text{ esp. libre} = 32,45 + 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log d \text{ (Kmt)}$

$$L_b = 32,45 + 20 \log 450 + 20 \log 30 = 32,45 + 53 + 29,54 = 114,99 \text{ dB} \approx \underline{115 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 135 \text{ dB}}$$

3° - De la ecuación entre <sup>200</sup> pérdida y <sup>200</sup> intensidad de campo

$$L_b = PRA \text{ (dBW)} - E \text{ (dBu)} + 20 \log f \text{ (MHz)} + 109,4$$

$$E \text{ (dBu)} = PRA - L_b + 20 \log f \text{ (MHz)} + 109,4 =$$

$$= 14,8 \text{ dBW} - 135 + 20 \log 450 + 109,4 = 14,8 - 135 + 53 + 109,4 = \underline{42,2 \text{ dBu}}$$

$$4^{\circ} - \text{Per. siste} = L_b + A_{t. \text{ cables}}$$

$$\text{Perd. sist} = 135 + 0,76 + 0,152 = \underline{135,91 \text{ dB}}$$

$$5^{\circ} - \text{Seq}_f = \frac{\lambda^2 g_r}{4\pi} \quad \text{ó} \quad \frac{30 \pi l_{ef}^2}{R_r}$$

$$\lambda = \frac{300}{450} = 0,6$$

$$l_{ef} = \frac{\lambda}{\pi} \frac{\sqrt{R_r g_r}}{\sqrt{120}} = \frac{0,6}{3,14} \frac{\sqrt{75 \times 1,65}}{\sqrt{120}} = 0,215 \text{ mt.}$$

$$g_r = 10 \stackrel{6 \text{ m}/10}{=} 10 \stackrel{2,2/10}{=} 10 \stackrel{0,22}{=} 1,65$$

$$\text{Seq}_f = \frac{(0,6)^2 \cdot 1,65}{12,56} = \frac{0,733}{12,56} = \underline{0,058} \quad \text{ó}$$

$$\text{Seq}_f = \frac{30 \times 3,14 \times 0,215^2}{75} = \frac{4,35}{75} = \underline{0,058}$$

6<sup>o</sup> -

$$P_r (\text{dBm}) = E_{\text{dB}\mu\text{V/m}} - 20 \lg F (\text{MHz}) - 77,2 + G_r - A_{\text{cable}}$$

$$P_r = 42,2 - 53 - 77,2 + 2,2 = -85,9 \text{ dBm} \approx \underline{-86 \text{ dBm}}$$

$$P (\text{mw}) = \text{antilog} \frac{-86}{10} = \underline{2,53 \cdot 10^{-9} \text{ mw}}$$



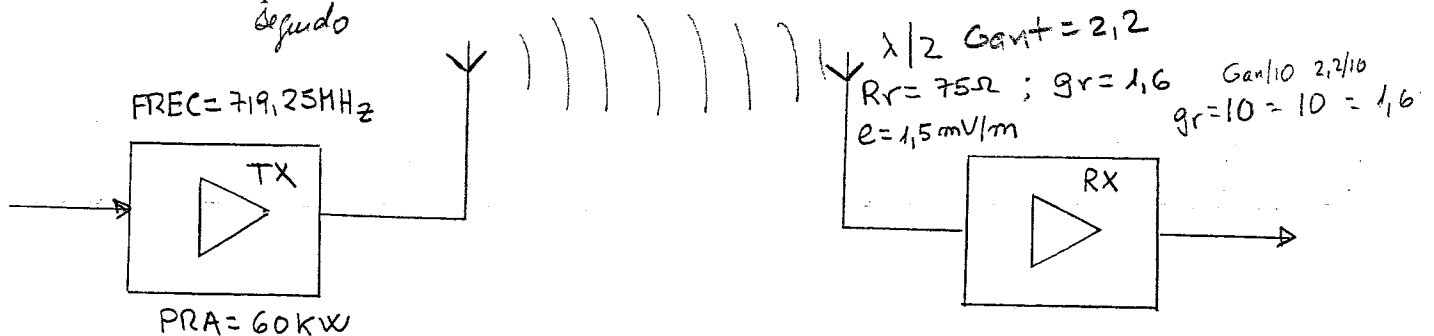
25°. En un sistema de transmisión de televisión, se utilizan equipos y antenas que producen una PRA de 60 KW. En condiciones de ausencia de interferencia, el campo mínimo necesario en recepción para una calidad de imagen normal, es de 1,5 mV/m. Se radia el canal 52 (frecuencia portadora de video 719,25 MHz). El medio de transmisión es homogéneo y la pérdida básica de propagación puede expresarse mediante la función:

$$L_b(\text{dB}) = 91,5 + 32,6 \cdot \log d(\text{Km})$$

Se supone que la antena receptora es un dipolo  $\lambda/2$ , con impedancia interna resistiva de 75 Ohm, existiendo adaptación de impedancias.

1) Calcular la potencia de recepción y la distancia de cobertura del transmisor.

2) Suponga que hay otro transmisor análogo situado a 240 Km del anterior y que la planificación exige una relación de protección de 28 dB. Calcular el ~~control~~ <sup>control</sup> de cobertura del ~~primer~~ <sup>segundo</sup> transmisor.



$$1^\circ - P_{\text{rec}}(\text{dBW}) = E(\text{dB}\mu\text{V/m}) - 20 \log F(\text{MHz}) - 107,2 + G_{\text{rec}}$$

$$E = 20 \log 1,5 \cdot 10^3 = 63,52 \text{ dB}\mu\text{V/m}$$

$$P_{\text{rec}} = 63 \text{ dB}\mu\text{V} - 20 \log 719,25 - 107,2 + 2,2 =$$

$$= 63 - 57,13 - 107,2 + 2,2 = \underline{-99,13 \text{ dBW}}$$

$$P_{\text{ot}}(\text{W}) = \text{antilog} \frac{-99,13}{10} = \underline{1,22 \cdot 10^{-10} \text{ W} = 1,22 \cdot 10^{-7} \text{ mW}}$$

$$10 \log 1,22 \cdot 10^{-7} \text{ mW} = \underline{-69,13 \text{ dBm}}$$

Calculo de  $L_b$ ; como  $L_b = P_{\text{RA}}(\text{dBW}) - E(\text{dB}\mu\text{V}) + 20 \log F(\text{MHz}) + 109,4$

$$P_{\text{RA}}(\text{dBW}) = 10 \log 60.000 = \underline{47,78 \text{ dBW}}$$

$$L_b = P_{\text{RA}}(\text{dBW}) - E(\text{dB}\mu\text{V/m}) + 20 \log F(\text{MHz}) + 109,4$$

$$L_b = 47,78 - 63,52 + 57,13 + 109,4 = \underline{147,7 \text{ dB}} \text{ como}$$

$$L_b = 91,5 + 32,6 \cdot \log d \Rightarrow 147,7 = 91,5 + 32,6 \cdot \log d \Rightarrow$$

$$147,7 - 91,5 = 32,6 \cdot \log d \Rightarrow \log d = \frac{147,7 - 91,5}{32,6} = 1,72 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = \text{antilog} 1,72 = 52,9 \approx 53 \text{ km}$$

2º - Como el campo del 1º transmisor

$$E_{dB\mu V/m} = E_c (dB\mu V/m) + P_{20} (dBKW) \text{ entonces:}$$

CURVAS - REC. 370

$$E_c (dB\mu V/m) = E_{dB\mu V/m} - P_{20} (dBKW) = 63,52 dB\mu V/m - 17,78 dBKW = \underline{45,22 dB\mu V/m}$$

$$P_{20} dBKW = 10 \log 60 KW = \underline{17,78}$$

Como la relación de protección  $R_p = E_{1^\circ Transmisor} (dB\mu V/m) - E_{interf. 2^\circ Transmisor}$

$$E_{interf.} = E \text{ del } 2^\circ \text{ transmisor} = E (dB\mu V/m)_{2^\circ Trans} - R_p =$$

$$\Rightarrow 63,52 dB\mu V/m - 28 dB = \underline{35 dB\mu V/m} \text{ entonces:}$$

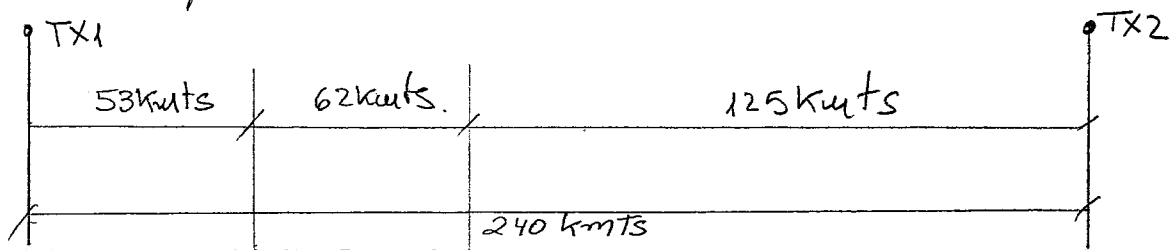
$$E_{interf.} = E_{2^\circ Transmisor} = E_c (dB\mu V/m)_{2^\circ Trans} + P_{20} 2^\circ Trans.$$

$$35 dB\mu V/m = E_c (dB\mu V/m)_{2^\circ Trans} + 17,78 dBKW \Rightarrow$$

$$E_c (dB\mu V/m)_{2^\circ Trans} = -17,78 dBKW + 35 dB\mu V/m = \underline{17,22 dB\mu V/m}$$

Como el 1º transmisor tiene una cobertura de 53 kmts y una  $E_c = 45,22 dB\mu V/m$ , de las tablas sacamos  $h_{ef} \approx 450 mts$ .

Entonces si  $E_c$  del 2º transmisor es  $17,22 dB\mu V/m$  y  $h_{ef} \approx 450 mts$  de las curvas sacamos que la distancia que cubre el 2º transmisor es de  $\approx \underline{125 kmts}$



29°.- Se tiene un sistema receptor de radiodifusión de audio con modulación de frecuencia y calidad comercial estéreo cuyo BW = 356 KHz y la frecuencia de portadora es de 101.6 MHz. La composición de la señal estéreo (dos canales L y R de 15 KHz) proporciona una señal BB de 53 KHz.

La recepción se realiza con un receptor heterodino y una antena monopolo caracterizada por una  $T_{ant} = 200^\circ K$ . Se exige una calidad de ( S/N ) de 70 dB a la entrada del demodulador.

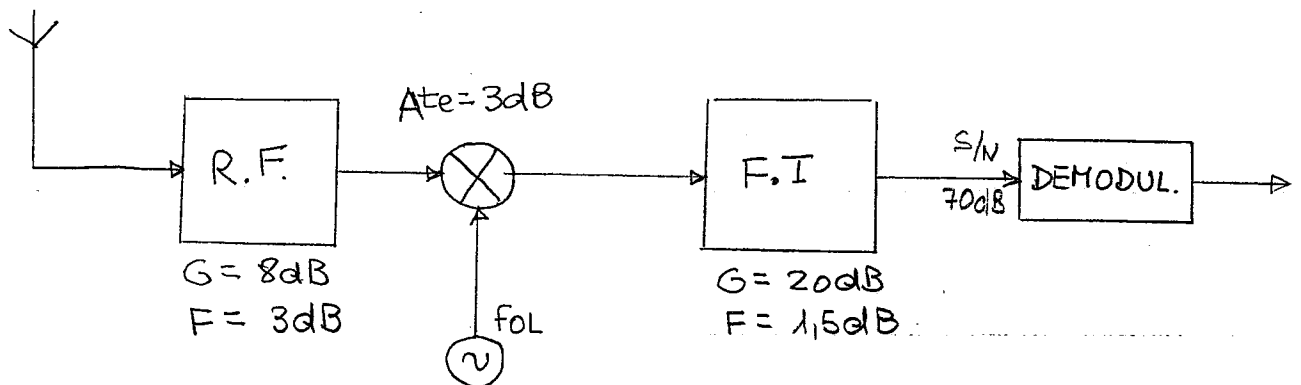
Se pide:

1.- La desviación de frecuencia de la modulación FM

2.- La sensibilidad del demodulador.

3.- La señal recibida mínima a la salida de la antena.

Considerando  $T_0 = 290^\circ K$ ,  $K = 1,38 \cdot 10^{-23} J/^\circ K$



1.-  $BW_{FM} = 2 (\Delta f + f_{m \max})$

$$\Delta f = \frac{BW_{FM}}{2} - f_{m \max} = \frac{356 \text{ kHz}}{2} - 53 \text{ kHz} = 75 \text{ kHz}$$

2.-  $S/N = S(\text{dB}) - N(\text{dB})$

$$n_{sis} = k \left( \overbrace{T_{ant} + T_r}^{T_{sist.}} \right) \cdot B \cdot g_{sist.}$$

$$T_r = t_{RF} + \frac{t_{mez}}{g_{RF}} + \frac{t_{FI}}{g_{RF} \cdot g_{mez}}$$

$$t_{RF} = t_0 (f_{RF} - 1) ; f_{RF} = 10^{\frac{F/10}{3/10}} = 10^{\frac{0,3}{10}} = 2$$

$$g_{RF} = 10^{\frac{G/10}{8/10}} = 10^{\frac{0,8}{10}} = 6,3 \text{ ó } g_{RF} = \text{antilog} \frac{8}{10} = 6,3$$

$$t_{RF} = 290 (2 - 1) = 290^\circ K$$

$$t_{mez} = t_0 (f_{mez} - 1) ; f_{mez} = 10^{\frac{F/10}{3/10}} = 10^{\frac{0,3}{10}} = 2$$

$$g_{mez} = \text{antilog} \frac{6}{10} = \text{antilog} \frac{-3}{10} = 0,5$$

$$t_{mez} = 290 (2 - 1) = 290^\circ K$$

$$t_{FI} = t_0 (f_{FI} - 1); \quad f_{FI} = \frac{F_{10}}{G_{10}} = \frac{1,5/10}{20/10} = \frac{0,15}{2} = 1,4$$

$$g_{FI} = 10 = 10 = 10 = 100 \quad \text{ó} \quad g_{FI} = g_{mez} \cdot \frac{20}{10} = 100$$

$$t_{FI} = 290 (1,4 - 1) = \underline{116^\circ K}$$

$$t_r = 290 + \frac{290}{6,3} + \frac{116}{6,3 \times 0,5} = 290 + 46 + 36,8 = \underline{372,8^\circ K}$$

$$g_{sist} = g_{RF} \cdot g_{mez} \cdot g_{FI} = 6,3 \times 0,5 \times 100 = \underline{315}$$

$$n_{sist} = 1,38 \cdot 10^{-23} \times (200 + 372,8) \times 256 \cdot 10^3 \times 315 = \underline{6,37 \cdot 10^{-13} W}$$

$$N = 10 \log n_{r} = 10 \log 6,37 \cdot 10^{-13} = \underline{-122 \text{ dBW}}$$

como  $\frac{S}{N} = S(\text{dB}) - N(\text{dB})$  despejando S tenemos:

$$S(\text{dB}) = \frac{S}{N}(\text{dB}) + N(\text{dB}) = 70 + (-122) = \underline{-52 \text{ dBW}}$$

3.- Sensibilidad (S) = Señal antena +  $G_{RF}$  +  $G_{mez}$  +  $G_{FI}$

$$\text{Señal antena} = S - G_{RF} - G_{mez} - G_{FI}$$

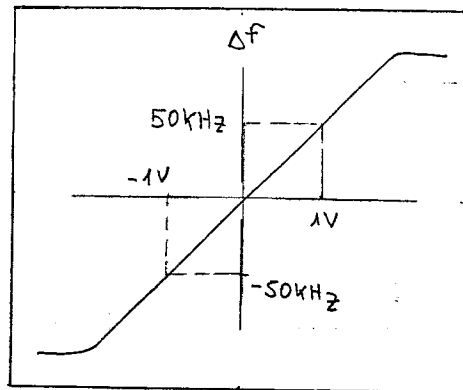
$$\text{Señal antena} = -52 - 8 - (-3) - 20 = -52 - 8 + 3 - 20 =$$

$$= \underline{-77 \text{ dBW}}$$

32°.-La figura corresponde a un modulador de FM que se va a usar para una emisión de FM comercial estéreo según normativa.

Se pide:

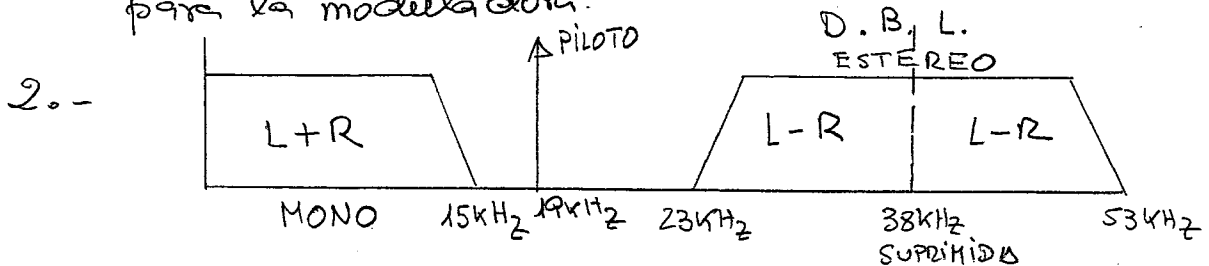
- 1.- Indicar la amplitud máxima de la señal moduladora que deberá introducirse en el modulador.
- 2.- Dibujar con detalle el espectro de la señal BB, indicando qué información contiene cada parte y el tipo de modulación si existe.
- 3.- El ancho de banda total que se requeriría en la emisión si no existiera un ancho de banda limitado por normativa.



1.- Como en FM comercial  $\Delta f_{pp} = 150\text{kHz} = \pm 75\text{kHz}$

$$\begin{matrix} 50\text{kHz} & \longrightarrow & 1\text{V} \\ 75\text{kHz} & \longrightarrow & x \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} 50\text{kHz} \\ 75\text{kHz} \end{matrix}} \right\} x = \frac{75}{50} = 1,5\text{V}$$

entonces  $\pm 75\text{kHz}$  necesita  $\pm 1,5\text{V}$  de amplitud para la moduladora.



3.-

$$BW_{FM} = 2(\Delta f + f_{u\max}) = 2 \times 75 + 2 \times 53 = \underline{256\text{kHz}}$$

69°.- Si una onda modulada de 20V cambia de amplitud +- 5V, determinar el coeficiente de modulación y porcentaje de modulación (A.M.)

$$m = \frac{E_m}{E_c} = \frac{5V}{20V} = 0,25 \quad ; \quad \%m = 25\%$$

70°.- Para un voltaje de envolvente máximo positivo de 12 V y una amplitud de envolvente mínima positiva de 4 V, determinar el coeficiente de modulación y el porcentaje de modulación.

$$V_{max} = 12V \quad ; \quad V_{min} = 4V$$

$$E_m = \frac{V_{max} - V_{min}}{2} = \frac{12 - 4}{2} = \frac{8}{2} = 4V$$

$$E_c = \frac{V_{max} + V_{min}}{2} = \frac{12 + 4}{2} = \frac{16}{2} = 8V$$

$$m = \frac{E_m}{E_c} = \frac{4}{8} = 0,2 \quad ; \quad \%m = 20\% \quad \acute{o}$$

$$m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}} = \frac{12 - 4}{12 + 4} = \frac{8}{16} = 0,2 \Rightarrow 20\%$$

71°.- Para una envolvente con +V máx = 40V y +V mín = 10V, determinar:

1.- Amplitud de la portadora no modulada

2.- Cambio pico en la amplitud de la onda modulada

3.- Coeficiente de modulación y porcentaje de modulación.

$$1.- E_c = \frac{V_{max} + V_{min}}{2} = \frac{40 + 10}{2} = \frac{50}{2} = 25V$$

$$2.- V_{pp} = 2 V_{max} = 2 \times 40 = 80V_{pp}$$

$$3.- m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}} = \frac{40 - 10}{40 + 10} = \frac{30}{50} = 0,6$$

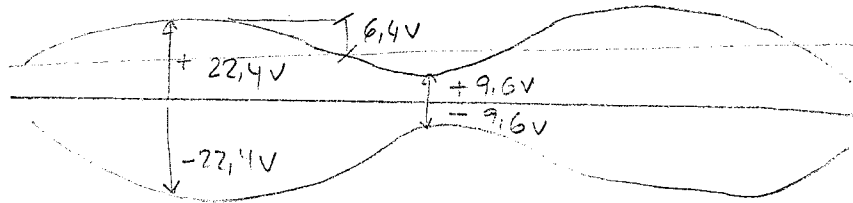
$$m \% = 60\%$$

72°.- Para una amplitud de la portadora no modulada de 16 V y un coeficiente de modulación  $M=0,4$ , determinar las amplitudes de la portadora modulada y frecuencias laterales.

Trazar la envolvente, señalando todos los voltajes pertinentes.

$$m = \frac{E_m}{E_c} ; E_m = m \cdot E_c = 0,4 \cdot 16 = 6,4 \text{ V}$$

$$V_{BLS} = \frac{E_m}{2} = \frac{6,4}{2} = 3,2 \text{ V}$$

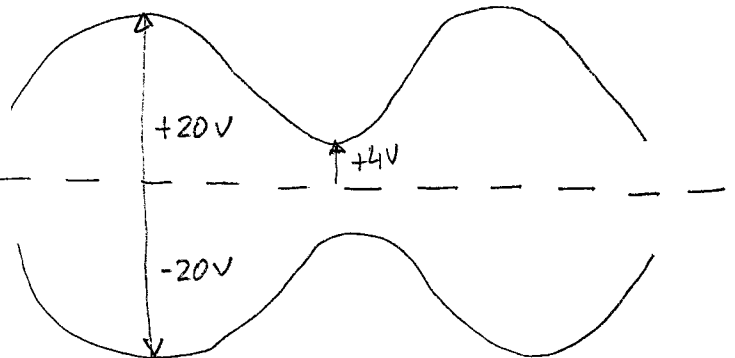


$$V_{max} = E_c + E_m = 16 + 6,4 = 22,4 \text{ V}$$

$$V_{min} = E_c - E_m = 16 - 6,4 = 9,6 \text{ V}$$

73°.- Para la envolvente de AM mostrada determinar:

- 1.- Amplitud pico de las frecuencias laterales superior e inferior
- 2.- Amplitud pico de la portadora
- 3.- Cambio pico en la amplitud de la envolvente
- 4.- Coeficiente de modulación
- 5.- Porcentaje de modulación.



$$1.- V_{BL} = \frac{E_m}{2} = \frac{V_{max} - V_{min}}{4} = \frac{20 - 4}{4} = \frac{16}{4} = 4 \text{ V}$$

$$2.- E_c = \frac{V_{max} + V_{min}}{2} = \frac{20 + 4}{2} = \frac{24}{2} = 12 \text{ V}$$

$$3.- E_m = \frac{V_{max} - V_{min}}{2} = \frac{20 - 4}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ V}$$

$$4.- m = \frac{E_m}{E_c} = \frac{8}{12} = 0,6$$

$$5.- \% m = 66\%$$

74°.- Una entrada a un modulador de AM DSBFC es una portadora de 800 kHz con una amplitud de 40 v. La segunda es una señal modulante de 25 KHz, cuya amplitud es suficiente para producir un cambio de  $\pm 10V$  en la amplitud de la envolvente.  
Determinar:

- 1.- Frecuencias laterales superior e inferior
- 2.- Coeficiente de modulación y porcentaje de modulación
- 3.- Amplitudes pico positivas máxima y mínima de la envolvente
- 4.- Dibujar el espectro de salida.

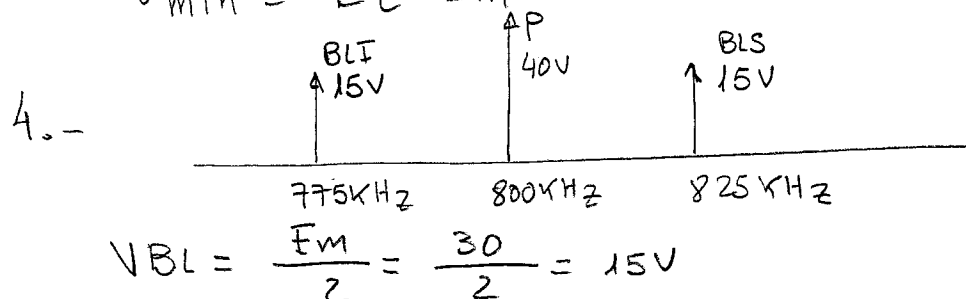
$$1.- \text{BLS} = \text{Port} + \text{Modu} = 800 + 25 = 825 \text{ kHz}$$

$$\text{BLI} = \text{Port} - \text{Modu} = 800 - 25 = 775 \text{ kHz}$$

$$2.- m = \frac{E_m}{E_c} = \frac{10}{40} = 0,25 \quad \%m = 25\%$$

$$3.- V_{\text{max}} = E_c + E_m = 40 + 10 = 50V$$

$$V_{\text{min}} = E_c - E_m = 40 - 10 = 30V$$



75°.- Para un coeficiente de modulación  $m=0,2$  y una potencia de portadora  $P=1000W$ , determinar:

- 1.- Potencia de la banda lateral
- 2.- Potencia total transmitida

$$1.- P_{\text{BL}} = \frac{m^2 \cdot P_{\text{port}}}{4} = \frac{0,2^2 \cdot 1000}{4} = 10W$$

$$2.- P_{\text{total}} = P_{\text{port}} + \frac{m^2 \cdot P_{\text{port}}}{2} = 1000 + \frac{0,2^2 \cdot 1000}{2} =$$

$$= 1000 + 20 = 1020W \quad \text{ó}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{port}} \times \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) = 1000 + \left(1 + \frac{0,2^2}{2}\right) = 1000 \times 1,2 = 1020W$$



76°.- Para una onda AM DSBFC con un voltaje de portadora no modulada de 25 V y una resistencia de carga de 50 ohm determinar:

1.- Potencia de la portadora no modulada

2.- Potencia de la portadora modulada y las frecuencias laterales superior e inferior para un coeficiente de modulación  $m=0,6$

$$1.- P_c = \frac{E_c^2}{2R} = \frac{25^2}{2 \times 50} = \frac{625}{100} = 6,25 \text{ W}$$

2.- Si  $m=0,6$

$$P_{\text{port modul}} = P_{\text{port no modul}} = 6,25 \text{ W}$$

$$P_{BL} = \frac{m^2 \cdot P_{\text{port}}}{4} = \frac{0,6^2 \cdot 6,25}{4} = 0,5625 \text{ W}$$

77°.- Para el patrón trapezoidal mostrado, determinar:

1.- Coeficiente de modulación

2.- Porcentaje de modulación

3.- Amplitud de la portadora

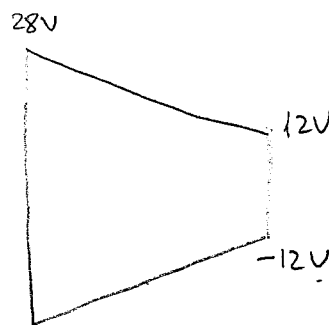
4.- Amplitudes de las frecuencias laterales superior e inferior.

$$1.- m = \frac{28 - 12}{28 + 12} = \frac{16}{40} = 0,4$$

$$2.- \% m = 40\%$$

$$3.- E_c = \frac{V_{\text{max}} + V_{\text{min}}}{2} = \frac{28 + 12}{2} = 20 \text{ V}$$

$$4.- V_{BL} = \frac{V_{\text{max}} - V_{\text{min}}}{4} = \frac{28 - 12}{4} = \frac{16}{4} = 4 \text{ V}$$



78°.- Para un modulador de AM con una frecuencia portadora de  $f_c = 200$  KHz y una frecuencia máxima de la señal modulante de 10 KHz. Determinar :

- 1.- Límites de la frecuencia para las bandas laterales superior e inferior
- 2.- Frecuencias laterales superior e inferior producidas cuando la señal modulante es de 7 KHz
- 3.- Ancho de banda para la frecuencia máxima de la señal modulante
- 4.- Dibujar el espectro de salida

1.-  $BLS = 200 + 10 = 210 \text{ KHz}$

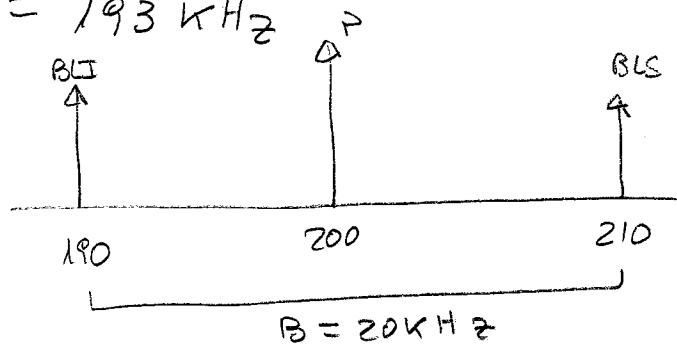
$BLI = 200 - 10 = 190 \text{ KHz}$

2.-  $BLS = 200 + 7 = 207 \text{ KHz}$

$BLI = 200 - 7 = 193 \text{ KHz}$

3.-  $B = 20 \text{ KHz}$

4..



79°.- Si un modulador de frecuencia produce 5 KHz de desviación de frecuencia, para una señal modulante de 10 V, determinar la sensibilidad de desviación. ¿Cuánta desviación de frecuencia se produce para una señal modulante de 2 V?

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{kHz}}{\text{V}} = \frac{5}{10} = 0,5$$

$$\begin{aligned} \text{Desviación de Frecuencia con 2V es } \Delta F &= \text{Sensibilidad} \times 2 = \\ &= 0,5 \times 2 = 1 \text{ kHz} \end{aligned}$$

80°.- Determinar:

- 1.- Desviación de frecuencia de pico
- 2.- Oscilación de la portadora.
- 3.- Índice de modulación.

Para un modulador de FM con sensibilidad de desviación  $K = 4 \text{ KHz/V}$  y una señal modulante  $V_m(t) = 10 \sin(2\pi \cdot 2000t)$ . ¿Cuál es la desviación de frecuencia pico producida si la señal modulante se duplicara en amplitud?

1.- Desviación de Frecuencia de pico

$$\Delta F = \text{Sensibilidad} \times V = \frac{4 \text{ kHz}}{1 \text{ V}} \cdot 10 \text{ V} = 40 \text{ kHz}$$

2.- Oscilación de la portadora  $\pm \Delta F = \pm 40 \text{ kHz}$

$$3.- m = \frac{\Delta F}{F_m} = \frac{40 \text{ kHz}}{2 \text{ kHz}} = 20 \text{ kHz}$$

4.- Si se duplica la amplitud de la moduladora pasa a ser 20V

$$\Delta F = \frac{4 \text{ kHz}}{1} \cdot 20 = 80 \text{ kHz}$$

81°.- Determinar el porcentaje de modulación para una estación de radiodifusión de televisión, con una desviación de frecuencia máxima  $\Delta f = 50 \text{ KHz}$ , cuando la señal modulante produce 40 KHz de desviación de frecuencia en la antena. ¿Cuánta desviación se requiere para alcanzar el 100% modulación de la portadora?.

$$\Delta f_{\max} = 50 \text{ KHz} \quad V_{\text{mod}} \text{ produce } 40 \text{ KHz de desviación en la antena}$$

$$\% m = \frac{\Delta f_{\text{real}}}{\Delta f_{\max}} = \frac{40 \text{ KHz}}{50 \text{ KHz}} = 0,8 \times 100 = 80\%$$

Para alcanzar el 100% se requieren 50 KHz de desviación.

82°.- Para un modulador de FM con un índice de modulación  $m = 2$ , la señal modulante  $V_m(t) = V_m \sin(2\pi \cdot 2000t)$  y una portadora no modulada  $V_c(t) = 8 \sin(2\pi \cdot 800 \text{ kt})$  Determinar:

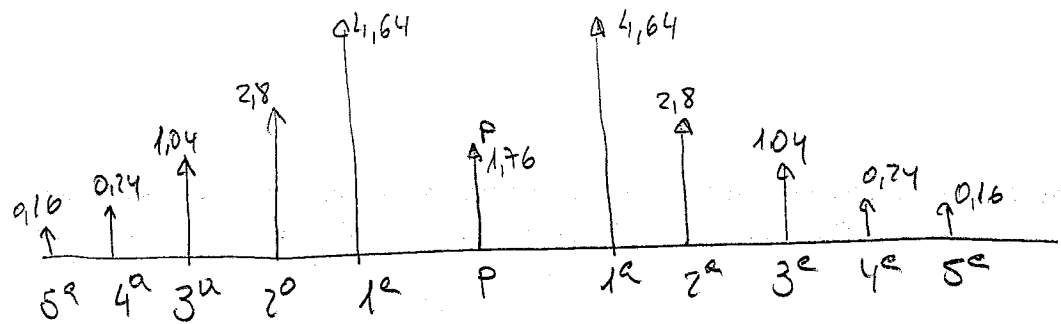
- 1.- El número de conjunto de bandas laterales significativas.
- 2.- Determinar sus amplitudes
- 3.- Dibujar el espectro de frecuencias mostrando las amplitudes relativas de las bandas laterales
- 4.- Determinar el ancho de banda
- 5.- Determinar el ancho de banda si la amplitud de la señal modulante se incrementa por un factor de 2,5

1 -  $m = 2$  luego el n° de BLS, s útiles según Bessel son 5 ó  $L = 2mF + 2 = 6$

2.- Portadora es  $0,22 \times 8 = 1,76 \text{ V}$

1° BL	"	$0,58 \times 8 = 4,64 \text{ V}$
2° BL	"	$0,35 \times 8 = 2,8 \text{ V}$
3° BL	"	$0,13 \times 8 = 1,04 \text{ V}$
4° BL	"	$0,03 \times 8 = 0,24 \text{ V}$
5° BL	"	$0,02 \times 8 = 0,16 \text{ V}$

3.-



4.- Ancho de banda:

Segun Carson  $B = 2(\Delta F + F_{max}) = 2(4000 + 2000) =$   
 $= 12 \text{ kHz}$

$$\Delta F = m \cdot F_{max} = 2 \times 2000 = 4000 \text{ Hz}$$

Segun Bessel:

$$B = 2(n \times F_{m_{max}}) = 2(5 \times 2000) = 20 \text{ kHz}$$

5.- Si  $V_m$  produce un  $\Delta F = 4 \text{ kHz}$  entonces:

$$2,5 V_m \text{ produce } \Delta F = 2,5 \times 4 = 10 \text{ kHz}$$

entonces:

$$B = 2(10 \text{ kHz} + 2 \text{ kHz}) = 24 \text{ kHz}$$

Segun Bessel  $m = \frac{\Delta F}{F} = \frac{10 \text{ kHz}}{2 \text{ kHz}} = 5$  y

$$B = 2(8 \cdot 2000) = 32 \text{ kHz}$$

83°.- Para una señal de entrada dada, un transmisor de banda de radiodifusión de FM tiene una desviación de frecuencia  $\Delta f = 20$  KHz. Determinar la desviación de frecuencia si la amplitud de la señal modulante se incrementa por un factor de 2,5

$$\text{Si } V_m \text{ aumenta en } 2,5 \quad \Delta F = 2,5 \times 20 = 50 \text{ KHz}$$

84°.- Un transmisor de FM tiene una frecuencia de reposo  $f_c = 96$  MHz y una sensibilidad  $K = 4$  KHz/V. Determinar la desviación de frecuencia para una señal modulante  $V_m(t) = 8 \sin(2\pi \cdot 2000 t)$ . Determinar el índice de modulación.

$$\Delta F = m \cdot f_{\text{mod}} \quad \text{o} \quad \Delta F = \text{Sensibilidad} \cdot V$$

$$\Delta F = \frac{4 \text{ KHz}}{1 \text{ V}} \cdot 8 \text{ V} = 32 \text{ KHz}$$

$$m = \frac{\Delta F}{F} = \frac{32}{2} = 16 = 1600\%$$

85°.- Determinar la relación de desviación y ancho de banda, en el peor de los casos, para una señal de FM con una desviación de frecuencia máxima  $\Delta f = 25$  KHz y una máxima señal modulante  $f = 12,5$  KHz.

$$m = \frac{\Delta F}{f_{m \text{ max}}} = \frac{25}{12,5} = 2$$

$$\text{DR} = \frac{\Delta F}{F} = 2$$

$$\text{Segun Carson: } B = 2(\Delta F + f_{m \text{ max}}) = 2(25 + 12,5) = 75 \text{ KHz}$$

$$\text{" Bessel: } B = 2(n \cdot BL \cdot f_{m \text{ max}}) = 2(3 \cdot 12,5) = 75 \text{ KHz}$$

86°.- Para un modulador de FM con una desviación de frecuencia de 40 KHz y una frecuencia de señal modulante  $f_m = 10$  KHz, Determinar el ancho de banda utilizando la tabla de Bessel y la regla de Carson.

$$m = \frac{\Delta F}{F_m} = \frac{40}{10} = 4$$

Segun Carson:  $B = 2(\Delta F + f_m) = 2(40 + 10) = 100 \text{ kHz}$

ii Bessel:  $B = 2(n \cdot B_{LL} \cdot f_m) = 2(7 \times 10) = 140 \text{ kHz}$

87°.- Para un modulador de FM con una amplitud de portadora no modulada  $V_c = 20$  V, un índice de modulación  $m = 1$  y una carga  $R_l = 10$  ohm, determinar la potencia de la portadora modulada y cada banda lateral y trazar el espectro de potencia para la onda modulada.

$$P_{\text{por no mod}} = \frac{V_c^2}{2R} = \frac{20^2}{2 \times 10} = \frac{400}{20} = 20 \text{ W}$$

Si  $m = 1$  hay 3 BLS,s y sus valores son:

$$J_0 = 0,77 \times 20 = 15,4 \text{ V}$$

$$J_1 = 0,44 \times 20 = 8,8 \text{ V}$$

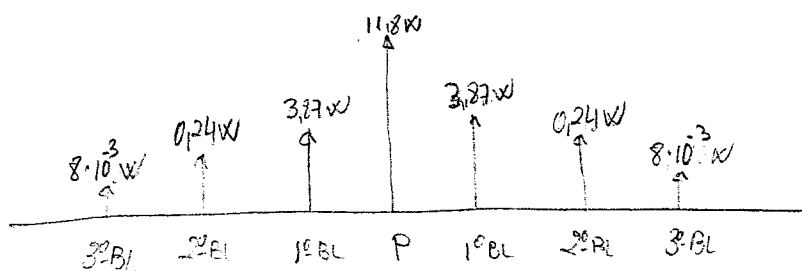
$$J_2 = 0,11 \times 20 = 2,2 \text{ V}$$

$$J_3 = 0,02 \times 20 = 0,4 \text{ V}$$

$$P_{\text{Tot}} = \frac{(15,4)^2 + 2(8,8)^2 + 2(2,2)^2 + 2(0,4)^2}{2 \times 10} =$$

$$= \frac{237,16 + 154,88 + 9,68 + 0,32}{20} = \frac{402,04}{20} = 20,10 \text{ W}$$

igual



88°.- Para una portadora con modulación angular  $V_c(t) = 2 \cos(2\pi \cdot 200 \text{ MHz } t)$ , con 50 KHz de desviación de frecuencia debido a la señal modulante y una señal de interferencia de frecuencia única  $V_n(t) = 0,5 \cos(2\pi \cdot 200,01 \text{ MHz } t)$ , determinar:

- 1.- La frecuencia de la señal de interferencia demodulada
- 2.- La desviación de frecuencia y de fase pico debida a la señal de interferencia
- 3.- La relación señal ruido a la salida del demodulador.

$$1. - F_{\text{interf}} = 200,01 - 200 = 0,1 \text{ MHz} = 100 \text{ kHz}$$

$$2. - \Delta\phi(\text{pico}) = \frac{V_n}{V_c} (\text{radianes}) = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ radianes}$$

$$\Delta F(\text{pico}) = \frac{V_n}{V_c} \times F_{\text{int}} = \frac{0,5 \times 100}{2} = 25 \text{ kHz}$$

$$3. - S/N = \frac{\Delta F \text{ debido a la señal}}{\Delta F \text{ debido al ruido}} = \frac{50 \text{ kHz}}{25 \text{ kHz}} = 2$$

$$\text{que en (dB)} = 20 \log 2 = 6 \text{ dB}$$