



## SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION

### Examen Final. 2º parcial. 25/Junio/2015

Apellidos: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_

#### SELECCIÓN MÚLTIPLE (2 Puntos)

Las respuestas correctas suman 0.25 puntos y las incorrectas restan 0.08 puntos. Solo una respuesta se va a considerar correcta. En el caso de que creas que hay dos respuestas posibles, elige la que responda de forma más precisa a la pregunta.

Contesta marcando la opción correcta en esta misma hoja. No te olvides de poner el nombre

1. Si la directividad y la ganancia de una antena son iguales, podemos afirmar que :

a.	La antena no tiene pérdidas óhmicas.	c.	Es una antena isotrópica.
b.	Es una antena adaptada.	d.	Es una antena omnidireccional.

2. Para una señal de ancho de banda B, un receptor de figura de ruido F (f en lineal) genera una potencia de ruido, en dBm, igual a:

a.	$KTo(f-1)B$	c.	$10 \log[KTo(f-1)B]$
b.	$10 \log K + 10 \cdot \log [To(f-1)B] + 30$	d.	$10 \log (KFB \cdot 1000)$

K: constante de Boltzmann en J/K; To: Temperatura de referencia en K

3. La inscripción de una banda de frecuencias determinada para que sea utilizada por un servicio concreto de radiocomunicación en las condiciones especificadas recibe el nombre de:

a.	Asignación	c.	Adjudicación
b.	Espectro radioeléctrico	d.	Atribución

4. Los siguientes servicios no requieren de licencia (*unlicensed use*):

a.	Bluetooth, DRM y WiFi	c.	DAB y DRM
b.	WiFi y walkie-talkies	d.	Walkie-talkies y LTE

5. Si:

C = Potencia recibida a la entrada del receptor en dBW

$T_{h3}$  = Nivel umbral de potencia recibida para una tasa de error de  $10^{-3}$  en dBm.

$P_t$  = Potencia transmitida por el transmisor en dBm.

se cumple que la ganancia del sistema para una tasa de error de  $10^{-3}$ ,  $GS_3$  en dB, es:

a.	$GS_3 = C - T_{h3}$	c.	$GS_3 = P_t - T_{h3}$
b.	$GS_3 = C - T_{h3} - 30$	d.	Ninguna de las anteriores es correcta.

6. Las pérdidas por *shadowing* en un sistema móvil se caracterizan estadísticamente por una función que:

a.	Tiene variaciones rápidas en el tiempo para cortas distancias.	c.	Es independiente de la distancia entre el transmisor y el receptor .
b.	Es independiente de la posición específica (coordenadas x, y) en las que se localiza el receptor.	d.	Depende de la frecuencia de emisión.



7. En un sistema de transmisión de televisión digital terrestre DVB-T con canales de 8 MHz, se cumple que:

a.	La separación entre portadoras para el modo 8K es mayor que para el modo 2K.	c.	El número de portadoras utilizadas para el modo 8K es menor que para el modo 2K.
b.	La separación entre la primera y la última portadora para el modo 8K es la misma que para el modo 2K.	d.	Ninguna de las anteriores es correcta.

8. La banda de frecuencias Ka (Ka-band) usada en sistemas de comunicaciones vía satélite, comprende frecuencias que:

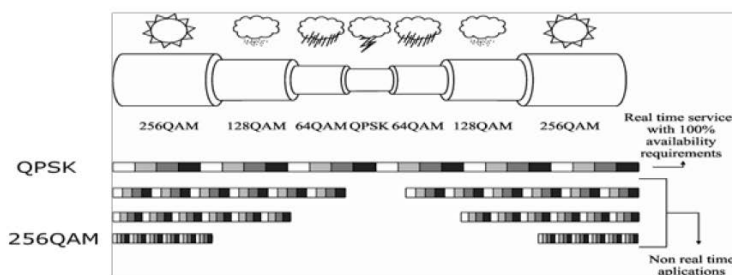
a.	Son inferiores a las de la banda X	c.	Son inferiores a las de la banda V
b.	Son inferiores a las de la banda Ku	d.	Ninguna de las anteriores es correcta.

## TEORIA

### Pregunta 1 (1 punto)

Explicar el funcionamiento básico del concepto de modulación adaptativa (*Adaptive Modulation*). Utilizar un esquema para explicar su funcionamiento en condiciones de propagación cambiantes.

Adaptive Modulation on varying propagation conditions



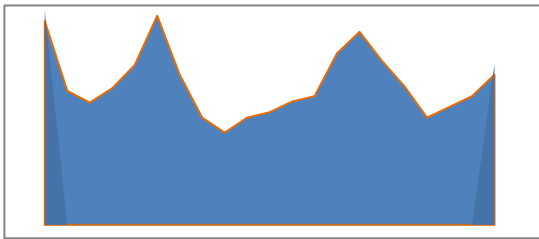
- Higher order modulations :
  - higher throughput
  - Higher threshold → lower margin
- Lower order modulations: lower throughput, lower threshold, higher margin



## PROBLEMAS

### Problema 1 (3.5 puntos)

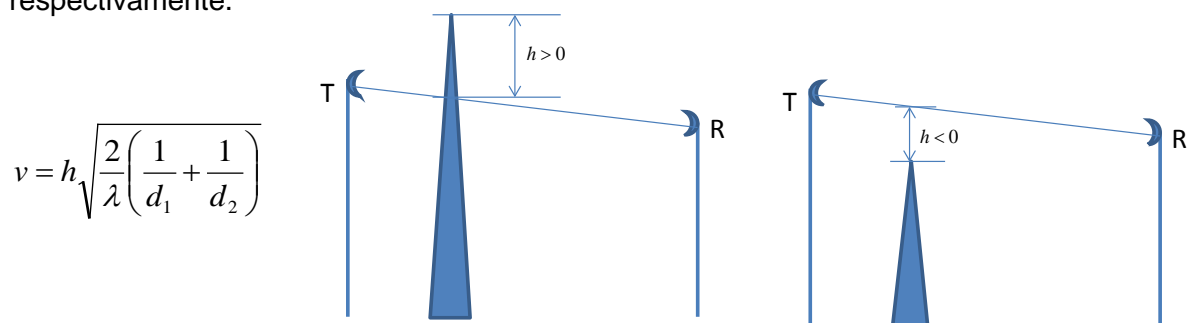
Se establece un radioenlace en un trayecto que presenta el perfil que se muestra en la figura. En la tabla se dan las cotas corregidas de los puntos más relevantes del trayecto y su distancia desde el punto en que se coloca el transmisor.



Distancia desde el transmisor (km)	Cota corregida (m)
0	1000 m (incluye altura de antena tx)
5	975 m
14	900 m
20	750 m (incluye altura de antena rx)

- 1) Calcular las pérdidas del trayecto de propagación sin considerar los obstáculos, suponiendo que existe visión directa entre antena transmisora y antena receptora. Realizar el cálculo para una señal de longitud de onda 1 metro. (0.25 puntos)
- 2) Sabiendo que en el punto que se encuentra a 14 km del transmisor, la cota sin corregir vale 895 m, se pide: (1.75 puntos)
  - a. El valor del parámetro K empleado para el cálculo de cotas corregidas
  - b. El radio ficticio de la tierra
  - c. El radio de curvatura del rayo
  - d. El valor del gradiente del coíndice (coíndice=radio refractivity).
  - e. ¿Para qué frecuencia el valor de la denominada flecha en dicho punto coincide con el radio del 1º elipsoide de Fresnel?

Existen varios métodos para el cálculo de las pérdidas por difracción cuando existen en el trayecto dos obstáculos en forma de filo de cuchillo como es el caso que nos ocupa. En todos ellos se emplean los parámetros  $v$  y  $h$  para el cálculo de las pérdidas debidas a un único obstáculo siendo  $d_1$  y  $d_2$  las distancias desde el obstáculo hasta el transmisor y el receptor respectivamente.



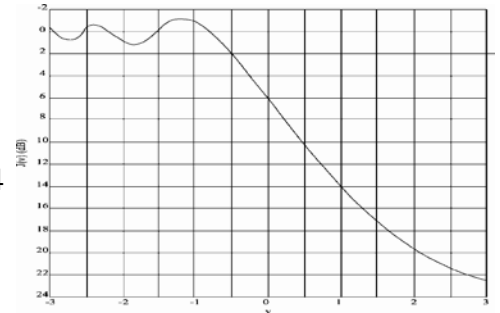
Las pérdidas pueden calcularse con las siguientes expresiones que dan valores similares a los de la gráfica.

$$L_D(v) = -20 \log [0.5 - 0.62v] \text{ dB} \quad -0.8 \leq v \leq 0$$

$$L_D(v) = -20 \log [0.5 e^{-0.95v}] \text{ dB} \quad 0 \leq v \leq 1$$

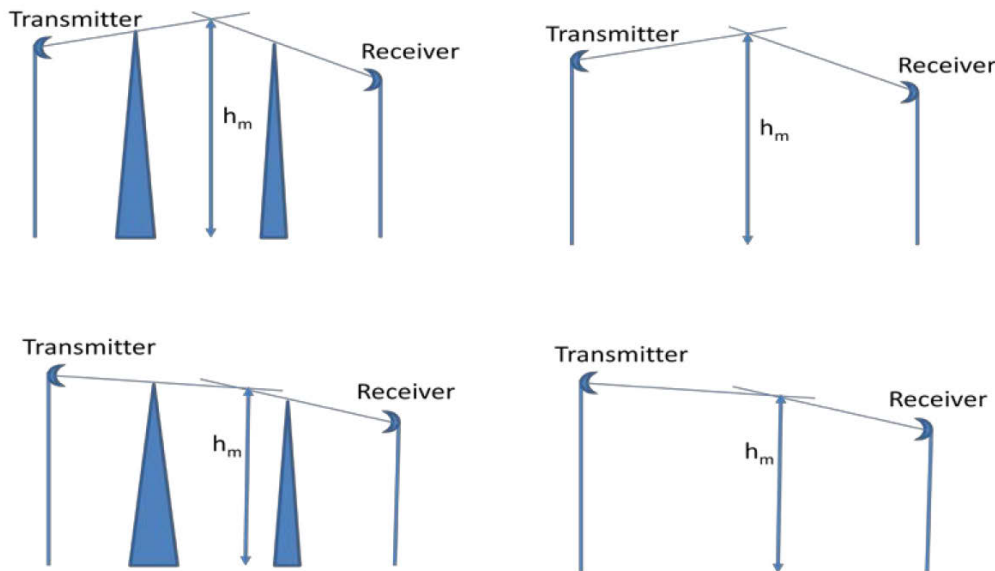
$$L_D(v) = -20 \log \left[ 0.4 - \sqrt{0.1184 - (0.38 - 0.1v)^2} \right] \text{ dB} \quad 1 \leq v \leq 2.4$$

$$L_D(v) = -20 \log \left[ \frac{0.225}{v} \right] \text{ dB} \quad 2.4 \leq v$$



- 3) Calcular para el radioenlace en cuestión y una frecuencia de 900 MHz, las pérdidas por difracción siguiendo el método de Bullington que se explica a continuación. (0.75 puntos)

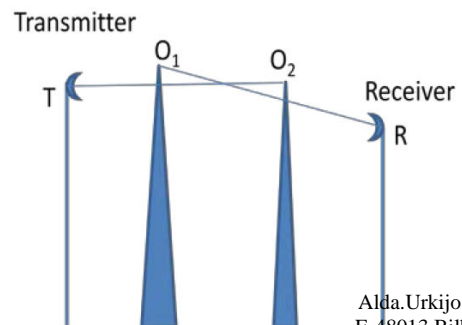
El Método de Bullington consiste en definir un nuevo obstáculo efectivo de altura  $h_m$  entre los dos obstáculos presentes como se presenta en las siguientes figuras para dos casos.



Una vez definido el nuevo obstáculo se obtienen los parámetros  $v$  y  $h$ , y se procede al cálculo de las pérdidas siguiendo como si de un único obstáculo se tratara.

- 4) Calcular para el radioenlace en cuestión y una frecuencia de 900 MHz, las pérdidas por difracción siguiendo el método de Epstein-Peterson que se explica a continuación. (0.75 puntos)

El método de Epstein-Peterson consiste en descomponer el problema. Se descompone el camino y se calculan las pérdidas por difracción en el camino  $TO_2$  y en el camino  $O_1R$ . Dichas pérdidas se suman para obtener las pérdidas totales.





## Problema 2 (3.5 puntos)

Se pretende establecer un enlace punto a punto unidireccional mediante el satélite geoestacionario HISPASAT 1C, entre las ciudades de Vitoria y Guadalajara. La capacidad contratada es de 100 Mbps entre ambos extremos. El satélite tiene una configuración con traslación en frecuencia (*Frequency translation*, FT).

La distancia que recorre la señal desde la estación terrena de Vitoria hasta la antena situada en el satélite, es de 38310.79 km. La distancia del satélite a la estación de Guadalajara es de 38130.9 km.

Los datos del sistema son:

- PIRE de la estación terrena en Vitoria: 10 Megawattios
- Frecuencia del enlace ascendente: 18 GHz
- Pérdidas adicionales a las de espacio libre totales, en un momento dado,  $t_1$ , en el enlace ascendente: 18.5 dB
- Figura de mérito del satélite (G/T): 14.5 dB/K
- PIRE del satélite: 55 dBW
- Frecuencia del enlace descendente: 11 GHz.
- Pérdidas adicionales a las de espacio libre totales, en  $t_1$ , en el enlace descendente: 20 dB
- Figura de mérito de la estación terrena de Guadalajara: 25 dB/K
- Constante de Boltzmann ( $10 \log K$ ): -228.6 dBW/K Hz

Se pide en función de los datos anteriores:

- a) Identificar qué parámetro de calidad de diseño del enlace, de entre los estudiados, se puede calcular con los datos anteriores. (1 punto)
- b) Calcular el valor del parámetro seleccionado para el enlace entre la estación terrena de Vitoria y el receptor del satélite en el instante  $t_1$ . (0.65 puntos)
- c) Calcular el valor del parámetro seleccionado para el enlace entre el satélite y la estación terrena de Guadalajara en el instante  $t_1$ . (0.65 puntos)
- d) Calcular el valor del parámetro seleccionado para el enlace entre el transmisor de la estación terrena de Vitoria y el receptor de la estación terrena de Guadalajara en el instante  $t_1$ . (1.2 puntos)



**PROBLEMA 1. SOLUCIÓN**

1)  $L_{FSL} = 20 \log \frac{4\pi d}{\lambda} = 20 \log \frac{4\pi \cdot 20000}{1} = 108 \text{ dB}$

2) flecha  $f(x) = 900 - 895 = 5 \text{ m}$

a.  $f(x) = \frac{x(d-x)}{2kR_o} \Rightarrow k = \frac{x(d-x)}{2f(x)R_o} = \frac{14000 \cdot 6000}{2 \cdot 5 \cdot 6371000} = 1.3185$

b.  $kR_o = 1.3185 \cdot 6371 \text{ km} = 8400 \text{ km}$

c.  $\frac{1}{kR_o} = \frac{1}{R_o} - \frac{1}{\rho} \Rightarrow \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R_o} - \frac{1}{kR_o} \Rightarrow \rho = \left[ \frac{1}{R_o} - \frac{1}{kR_o} \right]^{-1} = 26376 \text{ km}$

d.  $k = \frac{157}{157 + \Delta N} \Rightarrow \Delta N = \frac{157}{k} - 157 \approx -38 \frac{\text{Nunits}}{\text{km}}$

e.  $R_1 = \left[ \frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2} \right]^{\frac{1}{2}} = f(x) = 5 \Rightarrow \lambda = \frac{[f(x)]^2 (d_1 + d_2)}{d_1 d_2} = \frac{5^2 \cdot 20000}{14000 \cdot 6000} = 5.95 \cdot 10^{-3} \text{ m}$   
 $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{5.95 \cdot 10^{-3}} = 50.4 \text{ GHz}$

3) Bullington  $h_m = (937.5 - 843.75) = 93.75 \text{ m para } x = 12.5 \text{ km}$

$v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} = 93.75 \sqrt{\frac{2}{1/3} \left( \frac{1}{12500} + \frac{1}{7500} \right)} = 3.35 \Rightarrow L_D = -20 \log \frac{0.225}{v} = 23.46 \text{ dB}$

4) Epstein-Peterson

TO<sub>2</sub>  $h = 975 - 964.29 = 10.714 \text{ m}$

$v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} = 10.714 \sqrt{\frac{2}{1/3} \left( \frac{1}{5000} + \frac{1}{9000} \right)} = 0.46 \Rightarrow L_{D1} = -20 \log [0.5 \cdot e^{-0.95v}] = 9.84 \text{ dB}$

O<sub>1</sub>R  $h = 900 - 840 = 60 \text{ m}$

$v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} = 60 \sqrt{\frac{2}{1/3} \left( \frac{1}{9000} + \frac{1}{6000} \right)} = 2.4495 \Rightarrow L_{D2} = -20 \log \left[ \frac{0.225}{v} \right] = 20.7 \text{ dB}$

$L_D = L_{D1} + L_{D2} = 30. \text{ dB}$

**PROBLEMA 2. SOLUCIÓN**

a) C/No: Sí: Enlace ascendente:  $C/N_0 = \text{EIRP} - L_{FS} - L_{\text{total}} + G/T_{\text{satellite}} - 10 \log k$   
 Enlace descendente:  $C/N_0 = \text{EIRP}_{\text{SATELLITE}} - L_{FS} - L_{\text{total}} + G/T_{\text{Earth}} - 10 \log k$

Se dispone de todos los datos en el enlace ascendente y descendente

C/N: No. No se dispone del valor de ancho de banda R no es necesariamente el B. No se conoce CR ni Esquema de modulación

Eb/No: No. No se conoce el esquema de modulación.

b)  $C/N_0 = \text{EIRP} - L_{FS} - L_{\text{total}} + G/T_{\text{satellite}} - 10 \log k$

Operando, C/No ascendente = 85.38 dB

c)  $C/N_0 = \text{EIRP}_{\text{SATELLITE}} - L_{FS} - L_{\text{total}} + G/T_{\text{Earth}} - 10 \log k$

Operando, C/No descendente = 83.70dB

d)  $\left( \frac{c}{n_0} \right)_C \Big|_{\text{FT}} \approx \left( \frac{c}{n_0} \right)_U^{-1} + \left( \frac{c}{n_0} \right)_D^{-1}$

Operando, C/No Total = 81.45dB