

## SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACION

### SOLUCIÓN Examen. 2º parcial. 23/Mayo/2015.

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

#### SELECCIÓN MÚLTIPLE (2 Puntos)

Las respuestas correctas suman 0.4 puntos y las incorrectas restan 0.13 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. El estándar DAB/DAB+:

a.	Es un estándar de emisión de televisión analógica.	c.	Es un estándar de emisión de televisión digital.
b.	Es un estándar de emisión de radio analógica.	d.	Es un estándar de emisión de radio digital.

2. El modelo de canal denominado F1 Ricean:

a.	Se usa para describir la recepción en exteriores de edificios o en interiores para equipos fijos, en sistemas de radiodifusión.	c.	Se utiliza para simular la recepción en antenas situadas en tejados o cubiertas de edificios en sistemas de radiodifusión.
b.	Se usa para describir la recepción en redes SFN, en sistemas de radiodifusión	d.	Ninguna de las anteriores es correcta.

3. El Margen bruto (*Gross Margin*) en un sistema de radiocomunicaciones del servicio fijo

a.	Se denomina también margen selectivo ( <i>selective margin</i> )	c.	Se denomina también ganancia del sistema ( <i>System Gain</i> )
b.	Se denomina también margen de ruido térmico ( <i>thermal noise margin</i> )	d.	Ninguna de las anteriores es correcta.

4. El sistema de transmisión de televisión digital terrestre DVB-T:

a.	Emplea dos codificadores concatenados: Reed Solomon y Viterbi.	c.	Utiliza una modulación OFDM con 8 portadoras.
b.	Utiliza modulaciones QPSK, 16QAM, 64QAM y 128QAM.	d.	Ninguna de las anteriores es correcta.

5. Un RNC (*Radio Network Controller*) es un elemento de la red de acceso radio de:

a.	Un sistema GSM (2G).	c.	Un sistema UMTS (3G).
b.	Un sistema LTE.	d.	Ninguna de las anteriores es correcta.

# TEORÍA

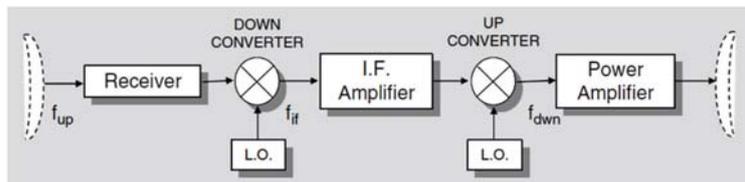
## Pregunta 1 (1 punto)

Dibujar el diagrama de bloques básico de la carga útil en el segmento espacial (payload) de:

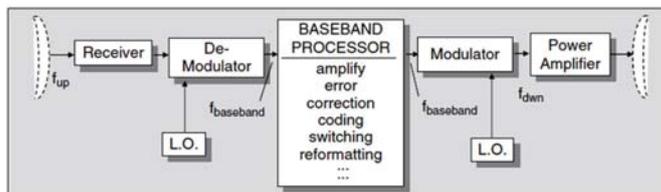
- Un sistema vía satélite con traslación en frecuencia (Frequency Translation)
- Un sistema vía satélite con procesamiento a bordo (On-board processing)

Indicar el nombre de cada bloque y describir brevemente la funcionalidad de cada bloque

Frequency Translation:



On-board processing:



# PROBLEMAS

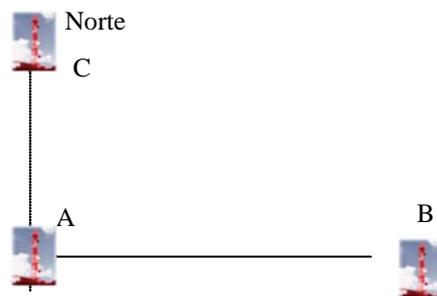
## Problema 1 (3.5 puntos)

Un operador de radiocomunicaciones dispone de dos radioenlaces bidireccionales para conectar la estación A con las estaciones B y C, con las siguientes características:

Parámetro	Radioenlace A-B	Radioenlace A-C
Ángulo del trayecto de los radioenlaces	La dirección del radioenlace desde A hasta B tiene un acimut de 90° (Este) respecto del Norte	La dirección del radioenlace desde A hasta C está en la dirección Norte (tiene un acimut de 0° respecto del Norte)
Tipo de antenas	Ver diagrama de radiación	
Pérdidas por desapuntamiento de las antenas	Las antenas de un mismo radioenlace se encuentran perfectamente apuntadas, sin ninguna pérdida	
Distancias entre antenas	5 km	3 km
Velocidad binaria (Mbps) de la trama de radio	155 Mbit/s	
Potencia de salida del transmisor (dBm)	0 dBm < P <sub>t</sub> < 35 dBm	0 dBm < P <sub>t</sub> < 35 dBm
Modulación	64QAM	
Polarización	H	
Pérdidas en los elementos de acoplo de transmisor a antena (dB)	2 dB	
Pérdidas en los elementos de acoplo de antena a receptor (dB)	2 dB	
Frecuencia	Los dos radioenlaces usan el mismo radiocanal con un plan de asignación a dos frecuencias. La recepción en la Estación A se hace en la semibanda inferior, con frecuencia portadora (frecuencia central) del radiocanal de 15 GHz. La separación dúplex es de 500 MHz	
Altura de las antenas	Todas las antenas se encuentran a la misma altura sobre el nivel de mar, 100 metros	
Umbral del receptor	BER=10 <sup>-3</sup> : -65 dBm BER=10 <sup>-6</sup> : -60 dBm	
Factor de Roll-Off del filtro de coseno alzado del receptor	0,8	
Atenuación debida a gases	0,15 dB/km	
Atenuación debida a vegetación	2 dB	

Los valores de la envolvente del diagrama de radiación horizontal de las antenas utilizadas se dan en la tabla. El diagrama es simétrico para ángulos negativos respecto del eje de la antena.

Angelua	Irabazia
0°	35 dBi
0° < θ ≤ 0,5°	34 dBi
0,5° < θ ≤ 1°	33 dBi
1° < θ ≤ 1,5°	32 dBi
1,5° < θ ≤ 3°	27 dBi
3° < θ ≤ 15°	20 dBi
15° < θ ≤ 60°	12 dBi
60° < θ ≤ 80°	6 dBi
80° < θ ≤ 100°	12 dBi
100° < θ ≤ 150°	6 dBi
150° < θ ≤ 180°	8 dBi





Se pide:

- Ancho de canalización mínima que se puede utilizar en los radioenlaces A-B y A-C.
- Calcular la interferencia en la estación A producida por el radioenlace C-A, medida a la entrada del receptor del radioenlace B-A, en mW, suponiendo que en el vano C-A las pérdidas de propagación variables con el tiempo son despreciables y el transmisor de C transmite con la menor PIRE posible.
- Sabiendo que a la entrada del receptor A se recibe una potencia igual al umbral de  $10^{-3}$  y las pérdidas de propagación variables en el tiempo son de 20 dB, calcular:
  - La potencia transmitida en B
  - La ganancia del sistema (System Gain) en el radioenlace A-B para el umbral de recepción de  $10^{-6}$  bajo dichas condiciones.

### Problema 2 (3.5 puntos)

Un operador de comunicaciones móviles dispone de una celda excitada en un extremo, con las siguientes características:

Parámetro	Enlace Ascendente <i>Uplink</i>	Enlace Descendente <i>Downlink</i>
Frecuencia	2600 MHz	
Ancho de banda del canal	10 MHz	
Potencia a la salida del transmisor	$21 \text{ dBm} \leq P_t \leq 23 \text{ dBm}$	20 dBm
Pérdidas en los elementos de acoplamiento y cables	1 dB	1 dB
Ganancia de la antena transmisora	-3 dBi	21 dBi
Ganancia de la antena receptora	21 dBi	-3 dBi
Pérdidas en cables y elementos en el receptor	1 dB	1 dB
Relación S/N (SNR) objetivo en el receptor	6 dB	-----
Densidad espectral de ruido en el receptor	-174 dBm/Hz	-----
Sensibilidad del receptor	-----	-99,5 dBm
Margen de interferencia	8 dB	
Margen de desvanecimiento	10 dB	
Otros márgenes de planificación del sistema	0 dB	

El sistema se puede considerar que es limitado por ruido.

Las pérdidas de propagación en el trayecto (Path Loss) para el sistema en cuestión se modelan con el modelo Hata COST 231, utilizando la siguiente expresión:

$$L_{PATH}(d) \text{ (dB)} = 145,7 + 35,74 \cdot \log d, \text{ siendo } d \text{ la distancia del enlace en km.}$$

Se pide:

- Calcular la PIRE (medida en miliwatios) que debe emitir el terminal de usuario para que el enlace bidireccional esté completamente equilibrado, es decir sea simétrico, con la misma distancia máxima de cobertura en el enlace ascendente y descendente.
- La PIRE resultante ¿puede ser obtenida utilizando los equipos especificados en la tabla? Razonar la respuesta.
- ¿Cuál sería bajo esas condiciones la distancia máxima de cobertura?



## PROBLEMAS

### Problema 1 (3.5 puntos)

a) (0,7 p.)

$$B_{RF} = (1 + \alpha) V_b \frac{1}{\log_2 M}$$

Siendo:

- $\alpha = 0,8$
- $V_b$ : Velocidad binaria de la señal moduladora (a la salida del multiplexor de radio. (Velocidad binaria de la trama de radio) = 155 Mbit/s
- $M$ =Número de estados de modulación: 64QAM = 64

$B_{RF} = 46,5$  MHz. El ancho de banda del radiocanal debe ser  $\geq 46,5$  MHz.

b) (1,4 p.)

Balance del enlace C-A: Potencia recibida en el receptor de B-A procedente de B-A:

$$P_{RI_{CA\text{ en }BA}} (dBm) = P_{TC} - L_{TT_{CA}} + G_{T_{CA}} - L_{bfs_{C-A}} + G_{R_{BA\phi_{C-A}}} - L_{bfijas_{C-A}} - L_{TR_{BA}}$$

$P_{TC}$  = Potencia mínima posible transmitida en el enlace C-A = 0 dBm

$L_{TT_{BA}} = L_{TT_{CA}} = 2$  dB

$G_{T_{CA}}$  = Ganancia de la antena transmisora del enlace C-A: En C apuntando a A = 25 dBi  
(La antena en C apunta hacia A en la dirección de máxima ganancia.)

$$L_{bfs_{C-A}} = 20 \log \left( \frac{4\pi x}{\lambda} \right)$$

$x$  = distancia enlace C-A = 3 km

$f$  = 15,0 GHz

$L_{bfs_{C-A}} = 125,5$  dB

$L_{BFijas_{C-A}} = 2$  dB +  $0,15 \times 3$  dB = 2,45 dB

$G_{R_{BA\phi_{C-A}}}$  es la ganancia de antena receptora del enlace deseado B-A en la estación A, en la dirección de llegada del rayo C-A.

La señal interferente C-A entra en la antena de A que apunta hacia B (antena que corresponde al radioenlace deseado B-A), en una dirección que forma un ángulo  $\phi_{C-A} = 90^\circ$  con la dirección de apuntamiento de la antena B-A.

Por consiguiente  $G_{R_{BA\phi_{C-A}}} = 12$  dBi

Operando

$$P_{RI_{CA\text{ en }BA}} (dBm) = -84,95 \text{ dBm}$$

$$P_{RI_{CA\text{ en }BA}} (dBm) = 3,19 \times 10^{-9} \text{ mw.}$$

c)

c.1) (0,9 p.)

Solución:

$$P_T (dBm) = T_{h3} + L_{TT} - G_T + L_{bfs} - G_R + L_{bfijas} + L_{bvariables} + L_{TR}$$



$$T_{h3} = -65 \text{ dBm}; \quad L_{TT} = L_{TR} = 2 \text{ dB}; \quad G_T = G_R = 35 \text{ dBi}$$

$$L_{bfs} = 20 \log \left( \frac{4\pi x}{\lambda} \right)$$

$$x = \text{distancia enlace B-A} = 5 \text{ km}; \quad f = 15,0 \text{ GHz}$$

$$L_{bfs} = 129,94 \text{ dB}$$

$$L_{BFijas} = 2 \text{ dB} + 0,15 \times 5 \text{ dB} = 2,45 \text{ dB}$$

$$L_{b \text{ variables}} = 20 \text{ dB}$$

Operando:

$$P_T = 21,69 \text{ dBm} \quad (0 \text{ dBm} < 21,69 \text{ dBm} < 35 \text{ dBm})$$

c.2) (0,5 p.)

Solución:

$$GS_6 = P_t - T_{h6}$$

$$T_{h6} = -60 \text{ dBm}$$

$$GS_6 = 81,69 \text{ dB}$$

### Problema 2 (3.5 puntos)

a) (2,0 p.)

Solución:

Enlace descendente:

$$P_S \text{ (dBm)} = EIRP \text{ (dBm)} - L_{PATH} \text{ (d)} \text{ (dB)} - MARGIN \text{ (dB)} + G_{RX} \text{ (dBi)} - L_{TRX} \text{ (dB)}$$

$$L_{PATH} \text{ (d)} = EIRP - P_S - MARGIN + G_{RX} - L_{TRX}$$

Ptx dBm	20
Ltt dB	1
Gtx dBi	21
Grx dBi	-3

Ltr dB	1
P <sub>s</sub> dBm	-99,5
Margins dB	18
Lpath (d) dB	117,5

Enlace ascendente:

$$P_S \text{ (dBm)} = EIRP \text{ (dBm)} - L_{PATH} \text{ (d)} \text{ (dB)} - MARGIN \text{ (dB)} + G_{RX} \text{ (dBi)} - L_{TRX} \text{ (dB)}$$

$$EIRP = P_S + L_{PATH} \text{ (d)} + MARGIN - G_{RX} + L_{TRX}$$

$$P_S \text{ (dBm)} = (S/N)_{objetivo} \text{ (dB)} + N \text{ (dBm)}$$

$$N \text{ (dBm)} = \text{Densidad espectral de ruido} \text{ (dBm/Hz)} + B \text{ (dBHz)}$$

Densidad de ruido (dBm/Hz)	-174
B (dBHz)	70



N: Potencia de ruido (dBm)	-104
----------------------------	------

S/N obj dB	6
------------	---

Lpath (d)	117,5	Gtx dBi	-3
Ltt dB	1	Grx dBi	21

Ltr dB	1
PS dBm	-98
Margins dB	18

**Ptx dBm**                    **21,5**  
PIRE (dBm)                17,5  
**pire (mw)**                **56,2341325**

b) (0,75 p.)

Solución:        Sí;         $21 \text{ dBm} \leq 21,5 \text{ dBm} \leq 23 \text{ dBm}$

c) (0,75 p.)

Solución:         $L_{PATH}(d) (dB) = 145,7 + 35,74 \cdot \log d$

$d = 0,1625 \text{ km} = 162,5 \text{ m}.$