

<b>Apellidos:</b>		 <b>Departamento de Ingeniería de Telecomunicación</b>
<b>Nombre:</b>		
<b>TEORIA DE LA COMUNICACIÓN</b>	<b>Grado Ing. Tecnologías Telecomunicación</b> <b>Grado Ing. Telemática</b>	
<b>Convocatoria Ordinaria I</b> <b>Fecha: 25 Enero 2018</b>	<b>2º Curso</b> <b>Duración: 2h 30min</b>	

**LEER IMPORTANTE**

- Sólo se tendrá en cuenta aquello escrito con **bolígrafo azul o negro**.
- Sólo se tendrá en cuenta lo que esté escrito **dentro del hueco** en la parte de **cuestiones**.
- Sólo se permite calculadora no programable. Una calculadora programable será retirada en el examen
- Respecto a la parte de problemas, la resolución de cada apartado ha de estar señalado obligatoriamente. Todo lo que esté enmarcado en un apartado pertenece a dicho apartado.
- Un alumno será expulsado del examen si consulta algún dispositivo electrónico o material no autorizado por el profesor de la asignatura.
- Se permite el uso de un formulario (dos caras A4, escrito a mano por el alumno). Un formulario no escrito a mano será eliminado. Un formulario con problemas resueltos es motivo de expulsión.
- Justifique razonadamente sus respuestas. No se considerarán válidas aquellas que, correctas numéricamente, no estén suficientemente justificadas.
- Para obtener la máxima puntuación del apartado, las soluciones ha de estar obligatoriamente en función de las variables proporcionadas en el enunciado y en su forma más simplificada junto con sus unidades adecuadas.

**CUESTIONES TEÓRICAS (S2): 10p**

- 1) Explique razonadamente si el canal de comunicaciones, con función de transferencia

$$H(f) = |H(f)| e^{j\phi(f)} = f \cdot e^{-j\frac{2}{3}\pi f}, \text{ presenta distorsión lineal de fase. (2.5p)}$$

- 2) Suponga que se recibe una señal AM en la que existe sobremodulación ( $m = 3.7$ ). Indique si a partir de la señal recibida se puede recuperar la señal moduladora. En caso negativo, explique razonadamente porqué no se puede recuperar la moduladora. En caso afirmativo, indique la solución que propone y represente su diagrama de bloques explicando cada bloque **(2.5p)**

3) Suponga que se diseña un sistema de comunicaciones digitales con un periodo de símbolo  $T$  igual a  $7\mu\text{s}$ . Debido a que la salida analógica  $s(t)$  del codificador de línea para un determinado símbolo se define mediante la expresión  $s(t) = 3u(t) - u(t-2) - 5u(t-4)$ ,  $0 \leq t \leq T$ .

A. Represente, sin ambigüedad en los ejes de abscisas y ordenadas, el filtro adaptado  $h(t)$  de la señal  $s(t)$ . Además, exprese matemáticamente el filtro adaptado en función de la salida del codificador de línea **(1.5p)**

B. Calcule la relación señal a ruido máxima  $\left(\frac{S}{N}\right)_{\sigma, \max}$  a la salida del filtro adaptado. La solución ha de ser expresada en  $dB$ . Asuma que la densidad espectral de ruido  $AWGN$  a la entrada del receptor es igual a  $\eta = 10^{-11} \frac{W}{Hz}$  **(1.5p)**

- 4) Suponiendo un sistema digital en el que existe un canal de comunicaciones limitado en banda, explique la diferencia principal que se observa en el comportamiento del sistema al modelar  $p(t)=h_t(t)*h_m(t)*h_r(t)$  mediante un filtro en coseno alzado (*RC, Raised cosine*) comparado con utilizar un filtro en raíz en coseno alzado (*RRC, Root Raised cosine*). Utilizar gráficas para mostrar el efecto observado. (2p)

**PROBLEMA 1: 4p**

Una empresa de comunicaciones pretende conectar dos ciudades separadas 160Km mediante un radioenlace digital *M-PSK* y *M-FSK* (de Sunde) para la transmisión de datos. Los parámetros del sistema de comunicación son los siguientes: régimen binario de transmisión:  $R_b=10\text{Mbps}$ ; amplitud de la señal en el transmisor:  $A_t = 5\text{V}$ ; atenuación de propagación del medio,  $A_p(\text{dB})=30+20\log_{10}(d(\text{Km}))$ , siendo la variable  $d$  es la distancia entre transmisor-receptor; densidad espectral de potencia de ruido a la entrada receptor:  $\eta/2=10^{-13}$  W/Hz. Se sabe que para que el servicio funcione se puede cometer un error por cada  $10^5$  bits transmitidos. Para ello se han elegido dos opciones: *M-PSK* y *M-FSK* cubriendo el enlace mediante regeneradores. Con este esquema se coloca un regenerador (transmisor-receptor) de señal a una distancia donde la *BER* es la máxima permitida.

NOTA:  $\text{erfc}(3.227) \approx \frac{1}{2} \cdot 10^{-5}$ ,  $\text{erfc}(3.123) \approx 10^{-5}$ ,  $\text{erfc}(3.016) \approx 2 \cdot 10^{-5}$ ,  
 $\text{erfc}(2.951) \approx 3 \cdot 10^{-5}$ ,  $\text{erfc}(2.904) \approx 4 \cdot 10^{-5}$ ,  $\text{erfc}(2.868) \approx 5 \cdot 10^{-5}$

En modulaciones *M-FSK*, tenga en cuenta el número  $k$  medio de bits erróneos por cada símbolo detectado erróneamente se define a continuación,

<i>M-FSK</i>	$M = 4$	$M = 8$
$k$	4/3	12/7

- Calcular el número de regeneradores necesarios utilizando *BPSK* (0.5p)
- Calcular el número de regeneradores necesarios utilizando *QPSK* (0.5p)
- Calcular el número de regeneradores necesarios utilizando *8PSK* (0.5p)
- Calcular el número de regeneradores necesarios utilizando *BFSK* (0.5p)
- Calcular el número de regeneradores necesarios utilizando *4FSK* (0.5p)
- Calcular el número de regeneradores necesarios utilizando *8FSK* (0.5p)
- Seleccione la opción más adecuada económicamente. Justifique su respuesta (0.5p)
- Seleccione la opción más adecuada desde un punto de vista de eficiencia espectral para maximizar el número de usuarios simultáneos mediante la transmisión por multiplexación por división en frecuencia. Justifique su respuesta (0.5p)

Equipo	Coste (€)
Regenerador digital	400
Tx-Rx <i>BPSK</i>	800
Tx-Rx <i>QPSK</i>	1000
Tx-Rx <i>8PSK</i>	1200
Tx-Rx <i>2FSK</i>	500
Tx-Rx <i>4FSK</i>	700
Tx-Rx <i>8FSK</i>	1000

**PROBLEMA 2: 3p**

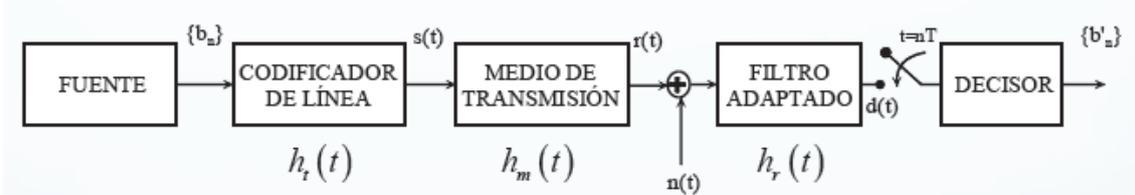
Dada la señal  $x(t) = A \cdot e^{-Bt} u(t)$ , ( $B > 0$ )

- a) Calcule el ancho de banda a 10dB ( $W_{10dB}$ ) (1.5p)
- b) Calcule el ancho de banda del 80% de la energía ( $W_{0.8}$ ) (1.5p)

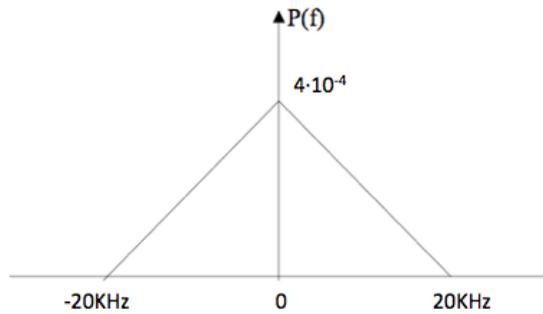
NOTA:  $f(x) = \arctg(u) \Rightarrow f'(x) = \frac{u'}{1+u^2}$

**PROBLEMA 3: 3p**

Suponga que una empresa se encuentra verificando el funcionamiento del siguiente sistema digital en banda base del cual se sabe que es limitado en banda.



El ingeniero responsable del análisis ha recibido el siguiente espectro el cual modela la respuesta impulsiva global  $p(f) = h_t(f) * h_m(f) * h_r(f)$  del sistema,



- a) Justificando la respuesta de manera gráfica en el dominio de la frecuencia, calcule la máxima velocidad de transmisión permitida para que ISI = 0 (2p)
- b) Utilizando la máxima velocidad de transmisión obtenida en el apartado anterior, exprese la ecuación matemática en el dominio de la frecuencia que consigue que ISI = 0 expresando  $P(f)$  como señal triangular y utilizando valores numéricos cuando sea posible (1p)