

**Examen convocatoria Junio**

TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN

**Grado en Ingeniería de Sistemas Audiovisuales**

Apellidos.....

Nombre.....

Nº de matrícula o DNI.....

Grupo.....

Firma

**TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN**

TEORÍA (Puntos: 4/10)

Tiempo total: 3 horas.

No escriba en las zonas con recuadro grueso

	Nº	
Apellidos.....	1	
Nombre.....	2	
Nº de matrícula o DNI..... Grupo.....	T	

**T1.-** Una constelación unidimensional  $N=1$  con  $M=4$  se transmite por un canal AWGN con d.e.p.  $N_0/2=1$ . La constelación tiene la siguiente representación:

$$\mathbf{a}_1=[-3] \quad \mathbf{a}_2=[-1] \quad \mathbf{a}_3=[2] \quad \mathbf{a}_4=[5]$$

y la distribución de probabilidades de los símbolos es  $P(\mathbf{a}_1)=0.2$ ,  $P(\mathbf{a}_2)=0.3$ ,  $P(\mathbf{a}_3)=0.25$  y  $P(\mathbf{a}_4)=0.25$ .

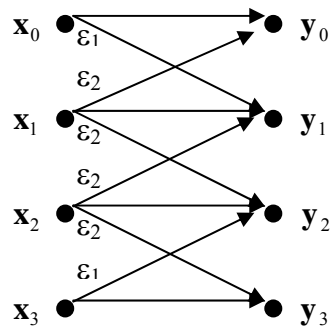
- a) Obtenga la energía media de la constelación.
- b) Calcule las regiones de decisión óptimas y obtenga la probabilidad de error de forma exacta. No es válida la solución aplicando la cota de la unión.
- c) Obtenga la probabilidad de error si no se utilizan las regiones óptimas:

$$I_{a1}=(-\infty,-2) \quad I_{a2}=(-2,0) \quad I_{a3}=(0,2.5) \quad I_{a4}=(2.5,\infty)$$

---

(1,5 puntos)

T2.-Sea el siguiente canal digital:

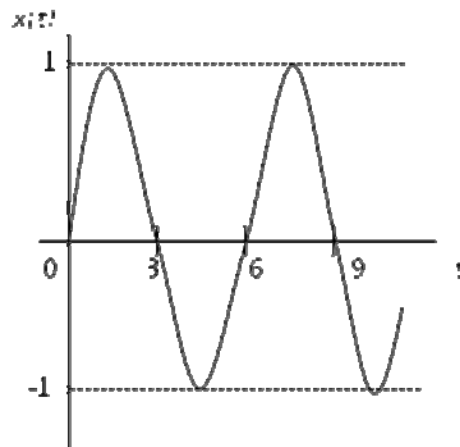


- Calcule las probabilidades a la entrada y la entropía a la entrada en función de un único parámetro  $p=P(x_0)$ , si sabemos que la distribución, al igual que el canal, es simétrica ( $P(x_0)=P(x_3)$  y  $P(x_1)=P(x_2)$ ).
- Si  $p=1/4$ ,  $\epsilon_1=1/4$ ,  $\epsilon_2=1/4$ , calcule las probabilidades y la entropía a la salida.
- Con los mismos valores del punto anterior, calcule  $H(Y|X)$  e  $I(X,Y)$ .
- Dada una constelación unidimensional de 4 símbolos, con coordenadas -3,-1,1 y 3 respectivamente, ¿podría modelarse el canal digital como el mostrado en la Figura? Razone la respuesta.

---

(1,5 puntos)

**T3.**-Sea un modulador AM con un índice de modulación  $a=0.1$  y otro modulador con  $a=0.9$ , con los que se pretende modular una señal  $x(t)$ . En la Figura se muestra un fragmento de  $x(t)$ .



Si la señal portadora tiene una frecuencia muy superior a  $x(t)$ , dibuje la forma que tendría la señal modulada, así como su espectro, para ambos índices de modulación. Los dibujos no tienen que ser exactos, pero deben dejar claro el efecto del índice de modulación.

---

(1 punto)

**TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN**  
**PROBLEMAS (Puntos: 6/10)**  
 Tiempo total: 3 horas

No escriba en las zonas con recuadro grueso

	Nº	
Apellidos.....	1	
Nombre.....	2	
Nº de matrícula o DNI..... Grupo.....	T	

**P1.-** Sea  $X(t)$  un proceso estocástico estacionario y ergódico en sentido amplio, de media  $E\{X(t)\}=1$  y función de autocorrelación  $R_X(t+\tau, t)=\cos\left(\frac{2\pi}{3}\tau\right)+\cos(6\pi\tau)$ . Otro proceso estocástico diferente,  $Y(t)$ , se define en función de  $X(t)$  como:

$$Y(t) = X(t) + At$$

siendo  $A$  una variable aleatoria gaussiana de media 0 y varianza 1, independiente de  $X(t)$ .

- a) Calcule la media y la función de autocorrelación de  $Y(t)$ . ¿Es  $Y(t)$  estacionario en sentido amplio? ¿Y ergódico en la media? En cada caso, justifique la respuesta.
- b) Calcule la densidad espectral de potencia del proceso  $X(t)$ .
- c) Si el proceso  $X(t)$  atraviesa un sistema LTI con respuesta al impulso

$$h(t) = \begin{cases} e^{-2t} & t \geq 0 \\ 0 & \text{resto} \end{cases}$$

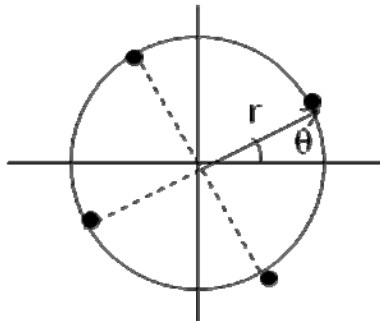
calcule la media del proceso estocástico a la salida,  $X'(t)$ .

NOTA:  $TF\{\cos(at)\} = \pi[\delta(\omega - a) + \delta(\omega + a)]$

---

(3 puntos)

**P2.-** Se diseña un sistema de comunicaciones digitales con una constelación con símbolos equiprobables como se muestra en la figura, donde  $\theta = 30^\circ$ :



- Calcular la probabilidad media de error de símbolo  $P_e$  exacta, en función de  $r$  y  $N_0$ . Determinar la energía media por símbolo  $E_s$ , y a partir de ella, indique la expresión anterior de  $P_e$  en función de  $\sqrt{E_s/N_0}$ .
- Sabiendo que la asignación de dígitos binarios a los distintos símbolos se realiza con codificación Gray, obtener la tasa binaria de error BER aproximada.
- Determinar la probabilidad media de error de símbolo  $P_e$  empleando la cota de la unión. No realice ninguna aproximación en el cálculo de dicha cota
- Si  $\theta = 45^\circ$ , ¿cómo se verán afectados los cálculos de los apartados anteriores? Indique el valor de  $P_e$ , tanto exacto como aproximado con la cota de la unión, en este caso.

---

(3 puntos)

