

Notas Importantes:

1. Los resultados no justificados, no serán tenidos en cuenta.
2. Los problemas se entregarán por separado, poniendo su nombre y apellidos en cada hoja, y numerándolas.
3. Un error conceptual grave, puede anular todo el problema.

Nota: Aproximar $Q(x) \cong \frac{1}{2} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}}$

Nota: Dos de las raíces de la ecuación $2.33x^3 - 7.41x^2 + 5.97x - 1 = 0$ son $x_1 = 0.2268$ y $x_2 = 0.9403$.

Problema 1 (70%)

Enunciado General: Un sistema de transmisión de datos utiliza una modulación PAM-4 {-3, -1, 1, 3}. La respuesta impulsional a la entrada del ecualizador es:

$$x(-1) = -0.3$$

$$x(0) = 0.9$$

$$x(1) = -0.4$$

- a) Suponga ahora que el sistema trabajara en un canal sin ruido. Los coeficientes del ecualizador que minimiza la DCM se corresponden con una de las tres ternas siguientes. Haga su elección, justificando el procedimiento seguido para su obtención. (**Nota:** Puede necesitar redondear en las operaciones finales para hacer su elección) **(0.5p)**

$$q_1(n) = (0.38, 1.58, 0.78)$$

$$q_2(n) = (0.38, 1.36, 0.48)$$

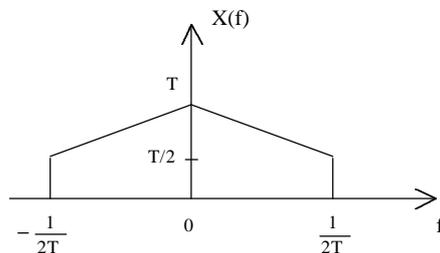
$$q_3(n) = (-0.38, 1.36, -0.48)$$

- b) Calcule en cuántos dBs se ha reducido la DCM. **(0.5p)**
- c) Bajo la misma suposición de ruido despreciable, si ahora se utiliza un ecualizador óptimo de tres coeficientes con iteración determinista, halle el valor al que se estabiliza el error cuadrático medio a la salida del ecualizador. Obtenga bajo qué condición dicho ecualizador se estabilizará. **(1.5p)**
- d) Ahora suponga que se utiliza una PAM-16 y que se obtiene la misma probabilidad de error en el símbolo que utilizando una QAM-64. Con QAM-64, el factor de *roll-off* es 0.25 y se mide una S/N en los instantes de muestreo igual a 25 dB. Utilizando PAM-16, se utiliza un canal de 6 kHz, transmitiendo a 32 kbps. ¿Cuál es la capacidad de dicho canal en bps.? **(1p)**
- e) Si se utilizara un ecualizador fraccionado, la velocidad de modulación fueran 2000 baudios y se utilizara un coseno alzado con exceso de banda del 35%, ¿cuál debería ser la frecuencia de muestreo? Haga un esquema de dicho ecualizador fraccionado si se implementa mediante un filtro FIR (*Finite Impulse Response*). Explique cómo se recuperan las muestras $z(n)$. **(0.5p)**

- f) Suponga ahora que el ecualizador utilizado fuera un ecualizador adaptativo estocástico de 3 coeficientes. Los coeficientes iniciales son $c^{(0)} = (0, 1, 0)$. Se dispone de una memoria a la entrada del ecualizador que va acumulando las muestras $y(n)$ que posteriormente van alimentando al ecualizador. El contenido de esta memoria es $(-2.5, 3.1, 1.4, -0.7, 1.2)$. Calcule el valor de los coeficientes del ecualizador tras una iteración, si el ecualizador trabaja en fase de seguimiento con Δ_v . Estime en función de las muestras almacenadas. **(0.5p)**
- g) En este caso, la secuencia de símbolos $a(n)$ emitidos se estima a partir de la secuencia de muestras $y[n]$ recibidas, mediante un estimador de secuencia de máxima verosimilitud (*MLSE*). En este caso, el ruido es *gaussiano* de media 0.2. Si la secuencia de muestras recibidas es 1.2, -3.4, a , 0.8, ¿cuál es el valor de a que hace que las secuencias de símbolos 1, -3 y -1, 1 sean iguales de verosímiles? **(1p)**
- h) Finalmente, nuestro sistema de transmisión de datos utiliza un circuito LFSR (*Linear Feedback Shift Register*) que trabaja en modo síncrono, como aleatorizador. El polinomio primitivo de conexiones es $c(D) = 1 + D^3 + D^5$ y el estado inicial es $p(D) = D$. Si la entrada al aleatorizador es 45 (notación octal, mayor peso a la izquierda) halle el valor de los símbolos PAM-4 que se entregan al canal. Suponga que se utiliza codificación de *Gray* en el mapeo a símbolos PAM-4. **(1p)**
- i) Dibuje el Diagrama de Enrejado para aplicar el algoritmo de Viterbi, en la decisión de máxima verosimilitud de secuencias de símbolos, para el sistema descrito en el Enunciado General del inicio. **(0.5p)**

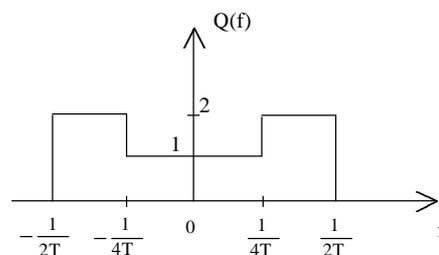
Problema 2 (30%)

Un sistema de Transmisión de Datos presenta la respuesta frecuencial $X(f)$ de la figura.



- a) Obtenga la distorsión cuadrático media. **(1p)**
- b) Obtenga la respuesta frecuencial del ecualizador forzador de ceros ideal. **(0.5p)**

A continuación, suponga que el sistema anterior se ecualiza mediante un filtro FIR cuya respuesta frecuencial $Q(f)$ es la representada en la siguiente figura.



- c) Calcule cuánto valdrá el factor de amplificación del ruido. **(0.5p)**
- d) Calcule la distorsión cuadrático media de pulso global ecualizado. Comente el resultado. **(1p)**