

# 1. Ejercicios

## 1.1. QAM

1. Para un modulador 16-QAM con 20 Mbps de rapidez de entrada de bits ( $f_b$ ) y 100 MHz de frecuencia de portadora, determine el ancho de banda mínimo de banda bilateral de Nyquist,  $f_N$ , y los baudios. Trace el esquema del espectro de salida.
2. En el modulador 16-QAM de la figura 1, cambie el oscilador de referencia a  $\cos(\omega_c t)$  y determine las ecuaciones de salida con las siguientes condiciones de entrada I, I', Q y Q': 0000, 1111, 1010 y 0101.

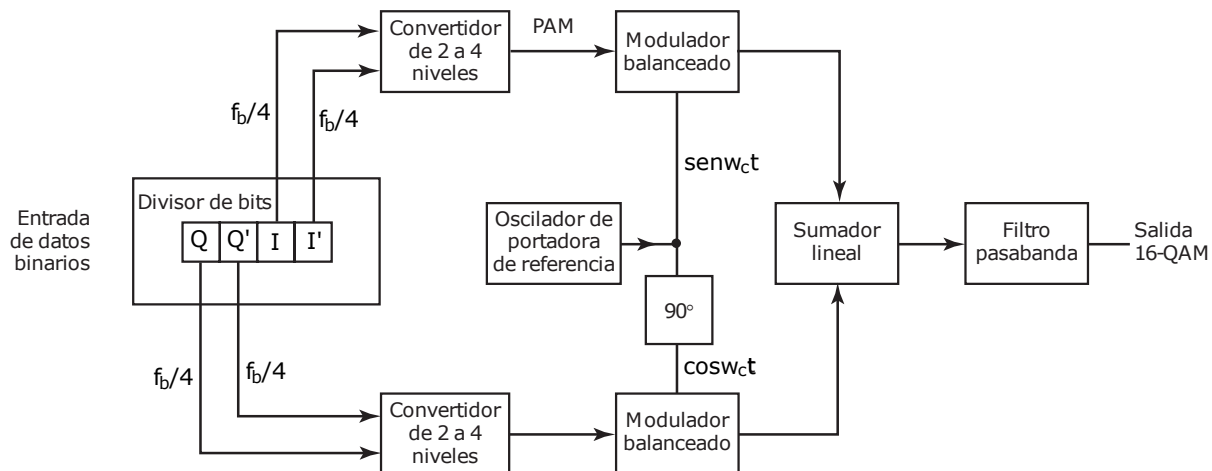


Figura 1: Modulador 16-QAM

## 1.2. Eficiencia de ancho de banda

1. Determine la eficiencia de ancho de banda en los siguiente moduladores
  - a) QPSK,  $f_b = 10$  Mbps.
  - b) 8-PSK,  $f_b = 21$  Mbps.
  - c) 16-QAM,  $f_b = 20$  Mbps.

## 1.3. Tasa de errores de bits

1. Para un sistema QPSK con parámetros:  $C = 10^{-13}$ W,  $f_b = 30$  kbps,  $N = 0,06 \times 10^{-15}$ W,  $B = 60$  kHz. Determinar
  - a) Potencia de la portadora, en dBm.
  - b) Potencia del ruido, en dBm.
  - c) Densidad de potencia del ruido, en dBm.
  - d) Energía por bit, en dBJ.
  - e) Relación de potencia de portadora a ruido.

*f)* Relación  $E_b/N_0$ .

2. Calcule el ancho mínimo de banda requerido para lograr una  $P(e)$  de  $10^{-6}$  para un sistema 8-PSK que funciona a 20 Mbps, con una relación de potencia de portadora a ruido de 11 dB.