

I ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama general de un proceso de conversión A/D.	11
Figura 2.	Ejemplo de espectro de señal de voz, $fs=8$ kHz.	15
Figura 3.	Ejemplo de señal de voz en el dominio del tiempo.	16
Figura 4.	Ejemplo de señal de voz en el dominio del tiempo, con normalización de amplitud.	16
Figura 5.	Espectro de la señal de voz de la Figura 4.	17
Figura 6.	Ejemplo de señal de música en el dominio del tiempo.	18
Figura 7.	Espectro de la señal de música de la Figura 6.	18
Figura 8.	Espectro de la señal de voz de la Figura 4, re-muestreada a 1 kHz.	19
Figura 9.	Ejemplo de señal de voz con dos formas distintas de visualización.	20
Figura 10.	Ejemplo de señal de voz cuantizada a 8-bits.	21
Figura 11.	Ejemplo de señal de voz cuantizada a 6-bits.	22
Figura 12.	Ejemplo de señal de voz cuantizada a 3-bits.	22
Figura 13.	Ejemplo del efecto de re-cuantización de la señal de música a 8 bits y a 3 bits.	23
Figura 14.	Ejemplo de señal en el dominio discreto.	30
Figura 15.	Ejemplo de diagrama de bloques de un sistema discreto.	33
Figura 16.	Respuesta al impulso de un filtro de promedio causal, $M=11$.	38
Figura 17.	Respuesta al impulso de un filtro de promedio no causal, $M=11$.	39
Figura 18.	Señal senoidal sin ruido.	40
Figura 19.	Ruido aleatorio.	41

Figura 20.	Señal senoidal con ruido de fondo.	41
Figura 21.	Resultado de filtrar una señal senoidal ruidosa con un filtro de promedio: a) señal de entrada, b) señal filtrada con $M=7$, c) señal filtrada con $M=11$, d) señal filtrada con $M=111$.	42
Figura 22.	Magnitud de la respuesta en frecuencia de un filtro de promedio, $M=7$.	44
Figura 23.	Magnitud de la respuesta en frecuencia de un filtro de promedio, $M=31$.	45
Figura 24.	Magnitud de la respuesta en frecuencia de un filtro de promedio, $M=8$.	46
Figura 25.	Diagrama de bloques filtro Leaky.	48
Figura 26.	Diagrama de bloques filtro de promedio, $M=100$.	48
Figura 27.	Respuesta en frecuencia de un filtro análogo pasa-bajo ideal.	52
Figura 28.	Respuesta en frecuencia de un filtro análogo pasa-alto ideal.	52
Figura 29.	Respuesta en frecuencia de un filtro análogo pasa-banda ideal.	52
Figura 30.	Respuesta en frecuencia de un filtro análogo rechaza-banda ideal.	53
Figura 31.	Respuesta en frecuencia del filtro digital pasa-bajo ideal, valores en [rad/muestra].	53
Figura 32.	Espectro por truncamiento de h_n con $-5 \leq n \leq 5$.	55
Figura 33.	Espectro por truncamiento de h_n con $-20 \leq n \leq 20$.	55
Figura 34.	Muestreo en frecuencia del filtro análogo, $M=21$.	56
Figura 35.	Magnitud de la respuesta en frecuencia método muestreo en frecuencia, $M=21$.	58
Figura 36.	Muestreo en frecuencia del filtro análogo, $M=18$.	59
Figura 37.	Magnitud de la respuesta en frecuencia método muestreo en frecuencia, $M=18$.	61
Figura 38.	Diseño de filtros FIR utilizando el método de ventaneo.	63
Figura 39.	Ejemplos de ventanas, $M=50$: a) boxcar, b) hamming, c) blackman, d) hanning, e) triangular, f) tukey.	65

Figura 40.	Respuesta en frecuencia para M=50 de las ventanas: a) boxcar, b) hamming, c) blackman, d) hanning, e) triangular, f) tukey.	66
Figura 41.	Respuesta al impulso, hn, método de ventaneo, M=50: a) boxcar, b) hamming, c) blackman, d) hanning, e) triangular, f) tukey.	68
Figura 42.	Respuesta en frecuencia de filtros FIR diseñados con ventanas (escala logarítmica), M=50: a) boxcar, b) hamming, c) blackman, d) hanning, e) triangular, f) tukey.	69
Figura 43.	Respuesta en frecuencia de filtros FIR diseñados con ventanas (escala lineal), M=50: a) boxcar, b) hamming, c) blackman, d) hanning, e) triangular, f) tukey.	70
Figura 44.	Gráfica de polos y ceros filtro de promedio, para: a) M=2, b) M=3, c) M=4, d) M=5.	72
Figura 45.	Gráfica de polos y ceros, filtro pasa-bajos diseñado con la ventana hamming: a) M=2, b) M=4, c) M=6, d) M=8.	74
Figura 46.	Gráfica de polos y ceros, filtro pasa-altos diseñado con la ventana hamming: a) M=3, b) M=7, c) M=11, d) M=15.	75
Figura 47.	Gráfica de la señal I2nun .	79
Figura 48.	Gráfica de la señal -2nu-n-1 .	80
Figura 49.	Señal discreta: concepto de derivada.	82
Figura 50.	Respuesta en frecuencia filtro análogo pasa-alto, $\Omega_c=200\pi$ radseg .	85
Figura 51.	Respuesta en frecuencia filtro digital pasa-alto, $\omega_d=0.6$ rad muestra, $\zeta=1$.	86
Figura 52.	Gráfica de polos y ceros del filtro digital pasa-alto, $\omega_d=0.6$ rad muestra .	87
Figura 53.	Respuesta en frecuencia filtro análogo pasa-bajo, $\Omega_c=200\pi$ radseg .	88
Figura 54.	Respuesta en frecuencia filtro digital pasa-bajo, $\omega_d=0.133$ rad muestra, $\zeta=0.707$.	89
Figura 55.	Gráfica de polos y ceros del filtro digital pasa-bajo, $\omega_d=1.33$ rad muestra .	90
Figura 56.	Respuesta en frecuencia filtro análogo pasa-banda, $\Omega_r=200\pi$ radseg .	91

Figura 57.	Respuesta en frecuencia filtro digital pasa-banda, $\omega d=1.61$ rad-muestra, $Q=2$.	92
Figura 58.	Gráfica de polos y ceros del filtro digital pasa-banda, $\omega d=1.61$ radmuestra.	93
Figura 59.	Respuesta en frecuencia filtro análogo Butterworth, $\Omega c=100$ Hz y $N=2,4,6,8,10$.	96
Figura 60.	Respuesta en frecuencia filtro digital Butterworth, $\omega d=0.6$ rad-muestra y $N=2,4,6,8,10$.	97
Figura 61.	Gráfica de polos y ceros del filtro pasa pasa-bajo Butterworth digital, $\omega d=0.6$ radmuestra y $N=2,4,6,8,10$. Estrategia de diseño # 1.	98
Figura 62.	Respuesta en frecuencia filtro Butterworth digital pasa pasa-bajo, $\omega N=0.2$ y $N=2,4,6,8,10$. Estrategia de diseño #2.	100
Figura 63.	Gráfica de polos y ceros del filtro pasa pasa-bajo, $\omega N=0.2$ y $N=2,4,6,8,10$. Estrategia de diseño # 2.	101
Figura 64.	Señal en el dominio del tiempo, <i>xnoisen</i> .	102
Figura 65.	Espectro de <i>xnoisen</i> .	103
Figura 66.	Respuesta en frecuencia filtro análogo pasa-banda, $\Omega r=1000\pi$ radseg.	104
Figura 67.	Respuesta en frecuencia filtro digital pasa-banda, $\omega d=0.061$ radmuestra.	105
Figura 68.	Señal filtrada en el dominio del tiempo.	106
Figura 69.	Espectro de la señal filtrada.	106
Figura 70.	Ejemplo de imagen: a) BW, b) Escala de grises, c) Color. Fuente: repositorio personal de los autores.	108
Figura 71.	Ejemplo de imagen RGB: a) banda R, b) banda G, c) banda B. Fuente: repositorio personal de los autores.	109
Figura 72.	Ejemplo de imagen HSB: a) banda H, b) banda S, c) banda B. Fuente: repositorio personal de los autores.	109
Figura 73.	Logo de OpenCV.	110
Figura 74.	Imagen a color – foto playa.	110

Figura 75.	Imagen a escala de grises – foto playa.	111
Figura 76.	Imagen a blanco y negro – foto playa.	111
Figura 77.	Imagen canal H – foto playa.	112
Figura 78.	Imagen canal S – foto playa.	112
Figura 79.	Imagen canal V – foto playa.	112
Figura 80.	Imagen a color – foto mar. Fuente: repositorio personal de los autores.	113
Figura 81.	Imagen a escala de grises – foto mar.	114
Figura 82.	Histograma de la imagen a escala de grises – foto mar.	115
Figura 83.	Imagen ecualizada a escala de grises – foto mar.	115
Figura 84.	Histograma de la imagen ecualizada a escala de grises – foto mar.	116
Figura 85.	Histograma por banda de la imagen a color – foto mar.	117
Figura 86.	Imagen ecualizada a color – foto mar.	117
Figura 87.	Imagen a color – ruido gaussiano.	119
Figura 88.	Histograma por banda de la imagen a color – ruido gaussiano.	119
Figura 89.	Imagen a color – villa de leyva. Fuente: repositorio personal de los autores.	119
Figura 90.	Imagen a color con ruido gaussiano – villa de leyva.	120
Figura 91.	Imagen a color – ruido uniforme.	121
Figura 92.	Histograma por banda de la imagen a color – ruido uniforme.	121
Figura 93.	Imagen a color con ruido uniforme – villa de leyva.	122
Figura 94.	Imagen a color con ruido sal y pimienta, con $th=10$.	123
Figura 95.	Histograma por banda de la imagen a color – ruido sal y pimienta con $th=10$.	123
Figura 96.	Imagen a color con ruido sal y pimienta, con $th=200$.	124
Figura 97.	Histograma por banda de la imagen a color – ruido sal y pimienta con $th=200$.	124

Figura 98. Imagen a color con ruido sal y pimienta, th=200 – villa de ley-va.	124
Figura 99. Imagen de playa con tres tipos distintos de ruido: (a) sal y pi-mienta, (b) guassiano, (c) uniforme. Fuente: repositorio personal de los autores.	125
Figura 100. Filtro de promedio (5×5).	125
Figura 101. Imagen filtrada con filtro de promedio – ruido sal y pimienta.	126
Figura 102. Filtro gaussiano (5×5). Se ha encerrado en un recuadro rojo la posición central del filtro.	126
Figura 103. Imagen filtrada con filtro de gaussiano – ruido sal y pimienta.	127
Figura 104. Imagen filtrada con filtro de mediana – ruido sal y pimienta.	127
Figura 105. Imagen filtrada con filtro de promedio – ruido gaussia-no.	128
Figura 106. Imagen filtrada con filtro bilateral – ruido gaussiano.	128
Figura 107. Imagen y filtro para operación de convolución.	129
Figura 108. Imagen de entrada con borde.	129
Figura 109. Proceso de convolución: Paso 2. Se sombra en amarillo el píxel central de la imagen, para el paso correspondiente.	130
Figura 110. Proceso de convolución: paso 3. Se sombra en amarillo el píxel central de la imagen, para el paso correspondiente.	131
Figura 111. Pixel central en el proceso de convolución: barrido de la imagen de izquierda a derecha, y de arriba abajo.	131
Figura 112. Imagen filtrada.	132
Figura 113. Filtro Prewitt (3×3).	133
Figura 114. Filtro Sobel (3×3).	133
Figura 115. Filtro Laplaciano (3×3).	133
Figura 116. Imagen de entrada y detección de bordes con diferentes tipos de filtros. Fuente: repositorio personal de los autores.	137
Figura 117. Imagen con su respectiva DFT.	139
Figura 118. DCT de la imagen de la Figura 84.a.	141

