

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Conceptos Básicos de Ecografía y Procesamiento Digital de Imágenes</b>	<b>4</b>
2.1. Ecografía : Principios de la Formación de Imágenes de Ultrasonido . . . . .	4
2.1.1. Fundamentos y Etapas de la formación de Imágenes de Ultrasonido .	4
2.1.2. Estudio de Caso: Taote, primer ecógrafo ultra portátil y de bajo costo diseñado en Chile . . . . .	8
2.1.3. El problema del ruido <i>speckle</i> en ecografía . . . . .	10
2.2. Procesamiento Digital para Mejora de Imágenes . . . . .	12
2.2.1. Conceptos y Herramientas Matemáticas Básicas . . . . .	13
2.2.2. Operadores de Histograma . . . . .	14
2.2.3. Operadores Locales para el tratamiento de ruido. . . . .	15
2.2.4. Realce de Bordes . . . . .	17
2.2.5. Operadores Multi-Imagen . . . . .	19
2.3. Diseño de Circuitos Digitales y Tecnología FPGA . . . . .	21
<b>3. Estado del Arte en Técnicas de Reducción de Ruido Speckle</b>	<b>22</b>
3.1. Propiedades Físicas y Estadísticas del Ruido Speckle . . . . .	22
3.2. Operadores Lineales . . . . .	23
3.3. Operadores No Lineales . . . . .	25
3.4. Híbridos basados en <i>Expansión de Región</i> . . . . .	27
3.5. Algoritmos Orientados a Implementación en FPGA . . . . .	28
3.6. Métricas de Calidad de Imagen . . . . .	29
<b>4. Metodología de Diseño e Implementación de Etapas para Realzar Imágenes</b>	<b>32</b>
4.1. Descripción de las actividades y plataformas de desarrollo . . . . .	32
4.2. Evaluación y Validación de Técnicas de Reducción de Speckle . . . . .	33
4.3. Diseño de Circuitos Digitales Básicos Para Procesamiento y Realce de Imágenes	43
<b>5. Resultados y Discusiones</b>	<b>50</b>
5.1. Imágenes Procesadas en Taote . . . . .	50
5.2. Métricas de Evaluación sobre Imágenes Resultantes . . . . .	53
5.3. Evaluación Médica del Resultado . . . . .	59
<b>6. Conclusiones y Trabajo Futuro</b>	<b>60</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>63</b>

# Índice de Tablas

4.1. Desempeño en imagen de control de técnicas con ventana de $3 \times 3$ . . . . .	36
4.2. Desempeño en imagen de control de técnicas con ventana de $5 \times 5$ . . . . .	37
4.3. Desempeño promedio de técnicas para ventana de $3 \times 3$ . . . . .	39
4.4. Desempeño promedio de técnicas para ventana de $5 \times 5$ . . . . .	40
5.1. Desempeño en imagen de control de técnicas con ventana de $3 \times 3$ . . . . .	57
5.2. Desempeño en imagen de control de técnicas con ventana de $5 \times 5$ . . . . .	58

# Índice de Ilustraciones

1.1. Equipos de Ecografía. . . . .	1
1.2. Médico utilizando <i>Taote</i> como herramienta de diagnóstico. . . . .	2
1.3. Diseño de <i>Taote</i> en 2017. . . . .	3
2.1. Generación de imágenes por envío y recepción ondas. . . . .	5
2.2. Distintos tipos de transductores. . . . .	5
2.3. Generación de líneas de scan en ecografía [1]. . . . .	6
2.4. Conversión de scan. . . . .	8
2.5. Muestras, Imagen y Proceso de Ecografía en <i>Taote</i> . . . . .	10
2.6. Ruido Speckle. . . . .	11
2.7. Operadores de Histograma. . . . .	16
2.8. Operadores locales para suprimir ruido. . . . .	18
2.9. Realce de bordes. . . . .	20
3.1. Filtro Mediana Multi-etapa [21]. . . . .	27
3.2. Efectos de Transformación mediante ARGF [8]. . . . .	28
3.3. Arquitectura Operador mediana [11]. . . . .	29
4.1. Imágenes de prueba para simulación de pruebas. . . . .	34
4.2. Imágenes de control con ruido speckle ( $\sigma^2 = 0,01$ ). . . . .	38
4.3. Procesamiento sobre Ecografía Abdominal con kernel $3 \times 3$ . . . . .	41
4.4. Procesamiento sobre Ecografía Abdominal con kernel $5 \times 5$ . . . . .	42
4.5. Esquema de circuitos para buffer de 1, 3 y 5 líneas. . . . .	44
4.6. Esquema de circuitos para filtro mediana de 3 y 9 elementos. . . . .	45
4.7. Esquema de circuito para mediana multietapa. . . . .	46
4.8. Esquema de circuito para promedio de 8 elementos. . . . .	47
4.9. Esquema de circuito para operador lineal. . . . .	47
4.10. Esquema de circuito para filtro mixto. . . . .	48
4.11. Esquema de circuito de Post Procesamiento. . . . .	49
5.1. Imágenes con Procesamiento sobre Ecografía de Phantom con kernel $3 \times 3$ . . . . .	51
5.2. Imágenes con Procesamiento sobre Ecografía Abdominal con kernel $3 \times 3$ . . . . .	52
5.3. Imágenes con Procesamiento sobre Ecografía de Phantom con kernel $5 \times 5$ . . . . .	54
5.4. Imágenes con Procesamiento sobre Ecografía Abdominal con kernel $5 \times 5$ . . . . .	55
6.1. Comparación de ecografías de <i>Taote</i> y Philips iU22 . . . . .	62