

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	10
ESTADO DEL ARTE	10
OBJETIVOS	12
ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	13
 Parte I. Sellado Invisible de Imágenes con marcas de Agua.	
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE SELLADO DIGITAL CON MARCAS DE AGUA.....	16
1.1 INTRODUCCIÓN	16
1.2 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA	16
1.3 CONCEPTOS FUNDAMENTALES	18
1.3.1 <i>Sellado con marcas de agua. Justificación y alcance.</i>	18
1.3.2 <i>Esteganografía y encriptación.</i>	19
1.3.3 <i>Analogías con sistema de comunicaciones.</i>	20
1.4 CONCLUSIONES	20
CAPÍTULO 2: TÉCNICAS DE INSERCIÓN DE MARCAS DE AGUA.....	22
2.1 INTRODUCCIÓN.	22
2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE INSERCIÓN DE MARCAS DE AGUA.	23
2.2.1 <i>Técnicas de sellado aplicadas a imágenes estáticas. Características.</i>	24
2.3 GENERACIÓN E INSERCIÓN DE MARCAS DE AGUA.....	23
2.3.1 <i>Generación de marcas de agua</i>	24
2.3.2 <i>Inserción de marcas de agua</i>	26
2.3.2.1 <i>Dominios espaciales y transformados de la imagen</i>	26
2.3.2.2 <i>Reglas de inserción</i>	27
2.3.2.2.1 <i>Reglas de inserción de marcas de agua</i>	27
2.3.3 <i>Características del sistema visual humano (HVS). Modelo HVS</i>	29
2.3.3.1 <i>Nivel Periférico</i>	30
2.3.3.2 <i>Nivel Central</i>	32
2.3 CONCLUSIONES	32
CAPÍTULO 3. ATAQUES EN SISTEMAS DE SELLADO DIGITAL CON MARCAS DE AGUA.....	35
3.1 INTRODUCCIÓN	35

3.2 DEFINICIÓN GENERAL. CONCEPTOS RELACIONADOS	35
3.3 ATAQUES POSIBLES EN MARCAS DE AGUA.....	36
3.3.1 <i>Clasificación de ataques básicos</i>	36
3.3.1.1 Ataques clase A.....	38
3.3.1.1.1 Ataques clase A-1	38
3.3.1.1.2 Ataques clase A-2.....	44
3.3.1.2 Ataques clase B.....	44
3.3.1.2.1 Ataques de “hacking” o “cracking”	44
3.3.1.2.2 Ataques que modifican el hardware (“Hardware Tampering”).....	45
3.4 BANCOS DE PRUEBA. ATAQUES COMERCIALES	46
3.4.1 <i>Stirmark</i>	46
3.4.2 <i>Optimark</i>	48
3.4.3 <i>Certimark</i>	50
3.5 DISCUSIÓN Y PROPUESTA DE CONTRAMEDIDAS.....	51
3.5.1 <i>Contramedidas frente a ataques básicos</i>	51
3.5.1.1 Contramedidas básicas frente a ataques basados en estimación.....	53
3.5.1.1.1 Condición de espectro de potencia.....	53
3.5.1.1.2 Función de visibilidad de ruido.....	54
3.6 CONCLUSIONES	55
CAPÍTULO 4. DETECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA MARCA	56
4.1 INTRODUCCIÓN	56
4.2 ANALOGÍAS ENTRE LOS SISTEMAS DE SELLADO DIGITAL Y LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES.....	56
4.3 ESTRUCTURA GENERAL DE UN DETECTOR/EXTRACTOR DE MARCAS DE AGUA.....	59
4.3.1 <i>Detector de marcas de agua</i>	60
4.3.2 <i>Métodos de extracción de marcas de agua empleados</i>	63
4.3.3 <i>Sincronización</i>	63
4.4 CONCLUSIONES.....	65
 Parte II. Análisis de Componentes Independientes	
CAPÍTULO 5. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES INDEPENDIENTES.	67
5.1 INTRODUCCIÓN	67
5.2 REPRESENTACIÓN LINEAL DE DATOS DE DIMENSIÓN MÚLTIPLE. CONTEXTO ESTADÍSTICO..	67
5.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ICA.....	68
5.3.1 <i>Definición</i>	68

5.3.2 Ambigüedad del análisis ICA	70
5.3.3 Separabilidad e identificabilidad ciega. Unicidad	70
5.3.4 Información de segundo orden. Blanqueado y rotación.....	73
5.3.5 El Análisis de Componentes Principales	73
5.4.5.1 Solución.....	74
5.3.6 Búsqueda de las componentes independientes.....	75
5.3.6.1 Decorrelación y no gaussianidad.....	75
5.3.6.1.1 La estimación de las componentes independientes necesita estadísticos de orden superior.....	77
5.3.6.2 Medidas de la no-Gaussianidad y la independencia	78
5.3.6.2.1 La kurtosis	78
5.3.6.2.2 Información y entropía	78
5.3.6.2.2.1 ICA mediante minimización de la Información mutua	80
5.4 CONCLUSIONES	81

Parte III. Algoritmos en dominios DCT y DWT de la imagen

CAPÍTULO 6. ALGORITMOS IMPLEMENTADOS.....	84
6.1 INTRODUCCIÓN	84
6.2 ALGORITMOS EN DOMINIOS TRANSFORMADOS DE LA IMAGEN. DESCRIPCIÓN.....	84
6.2.1 Algoritmos en el dominio DCT de la imagen.....	84
6.2.1.1 Algoritmo 1. Dominio DCT no basado en bloques	84
6.2.1.1.1 Descripción.....	84
6.2.1.1.2 Proceso de inserción de la marca de agua.....	85
6.2.1.1.3 Proceso de detección/recuperación de la marca de agua.....	88
6.2.1.2 Algoritmo 2. Dominio DCT completo y marca de agua en 2D	91
6.2.1.2.1 Descripción.....	91
6.2.1.2.2 Proceso de inserción de la marca de agua.....	92
6.2.1.2.3 Proceso de detección/recuperación de la marca de agua.....	94
6.2.2 Algoritmos basados en dominios DWT y DCT de la imagen.....	97
6.2.2.1 Algoritmo 3. Dominio Wavelet y DCT de la imagen aproximada	98
6.2.2.1.1 Descripción.....	98
6.2.2.1.2 Descripción proceso de inserción de la marca de agua	98
6.2.2.1.3 Descripción del proceso de detección/recuperación de la marca de agua	100
6.2.2.2 Algoritmo 4. Dominio Wavelet y DCT con marca de agua en 2D.....	102

6.2.2.2.1 Descripción.....	102
6.2.3 <i>Resumen</i>	103
6.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS	103
6.3.1 <i>Test de detección de la marca de agua. Justificación de su elección</i>	108
6.4 RESULTADOS Y COMPARACIÓN ENTRE ALGORITMOS	108
6.4.1 <i>Parámetros de experimentación</i>	109
6.4.2 <i>Transparencia</i>	110
6.4.2.1 Proceso de selección de los parámetros de inserción	111
6.4.2.2 Valores de la PSNR según parámetros de inserción seleccionados.....	112
6.4.3 <i>Robustez</i>	113
6.4.3.1 Resultados generales. Promediado	114
6.4.3.1.1 Algoritmo 1. Dominio DCT de la imagen y marca de agua unidimensional	115
6.4.3.1.2 Algoritmo 2. Dominio DCT de la imagen y marca de agua ensanchada.....	116
6.4.3.1.3 Algoritmo 3. Dominio DWT y DCT de la imagen y marca de agua unidimensional	117
6.4.3.1.4 Algoritmo 4. Dominio DWT y DCT de la imagen y marca de agua ensanchada.....	119
6.4.3.2 Comparación de resultados promedio	119
6.4.4 <i>Eficiencia Computacional</i>	121
6.4.5 <i>Comparación con algoritmo base en [Liu03]</i>	122
6.5 CONCLUSIONES.....	124

Parte IV. Conclusiones

CONCLUSIONES.....	131
PROPUESTA DE MEJORAS.....	132

Parte V. Anexos

ANEXO I. TRANSFORMADA WAVELET	135
I.1 INTRODUCCIÓN.....	135
I.2 LIMITACIONES DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER	136
<i>I.2.1 Análisis de Fourier de señales no estacionarias</i>	138
I.3 LA TRANSFORMADA WAVELET CONTINUA	140
I.4 LA TRANSFORMADA WAVELET BIDIMENSIONAL	143
ANEXO II. TRANSFORMADA DISCRETA DEL COSENO (DCT)	146
II.1 INTRODUCCIÓN	146
II.2 TRANSFORMADA DCT DE UNA DIMENSIÓN.....	146
II.3 TRANSFORMADA DCT EN DOS DIMENSIÓN	148

II.4 CONCLUSIONES.....	148
ANEXO III. MÉTRICAS DE CALIDAD VISUAL	149
III.1 MÉTRICAS BASADAS EN PÍXELES	149
ANEXO IV. STIRMARK 3.1	153
IV.1 ASPECTOS GENERALES.....	153
IV.2 VERSIÓN 3.1	153
IV.2.1 Opciones de línea de comandos.....	153
ANEXO V. PRUEBAS DE ROBUSTEZ REALIZADAS A LOS	
ALGORITMOS.RESULTADOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
V.1 ATAQUE DE FILTRADO DE MEDIANA.....	156
V.1.1 Algoritmos 1 y 3	156
V.1.2 Algoritmos 2 y 4	159
V.2 ATAQUE FMLR.....	159
V.2.1 Algoritmos 1 y 3	159
V.2.2 Algoritmos 2 y 4	161
V.3 ATAQUE DE BORRADO SIMÉTRICO/ASIMÉTRICO DE FILAS/COLUMNAS.....	161
V.3.1 Algoritmos 1 y 3	162
V.3.2 Algoritmos 2 y 4	163
V.4 ATAQUE DE DESPLAZAMIENTO LINEAL GENERAL.....	164
V.4.1 Algoritmos 1 y 3	164
V.4.2 Algoritmos 2 y 4	165
V.5 ATAQUE DE CAMBIO EN LA RELACIÓN DE ASPECTO.....	166
V.5.1 Algoritmos 1 y 3	166
V.5.2 Algoritmos 2 y 4	168
V.6 ATAQUE DE ROTACIÓN DE LA IMAGEN	169
V.6.1 Algoritmos 1 y 3	169
V.6.2 Algoritmos 2 y 4	171
V.7 ATAQUE DE ESCALADO DE LA IMAGEN	172
V.7.1 Algoritmos 1 y 3	172
V.7.2 Algoritmos 2 y 4	174
V.8 ATAQUE SHEARING	175
V.8.1 Algoritmos 1 y 3	175
V.8.2 Algoritmos 2 y 4	177
V.9 ATAQUE DE FILTRADO GAUSSIANO	178
V.9.1 Algoritmos 1 y 3	178
V.9.2 Algoritmos 2 y 4	178
V.10 ATAQUE DE FILTRADO SHARP.....	179
V.10.1 Algoritmos 1 y 3	179

<i>V.10.2 Algoritmos 2 y 4</i>	180
V.11 ATAQUE STIRMARK	180
<i>V.11.1 Algoritmos 1 y 3</i>	180
<i>V.11.2 Algoritmos 2 y 4</i>	181
V.12 ATAQUE DE COMPRESIÓN JPEG	181
<i>V.12.1 Algoritmos 1 y 3</i>	182
<i>V.12.2 Algoritmos 2 y 4</i>	182
V.13 ATAQUE DE CORTADO DE PARTE DE LA IMAGEN	185
<i>V.13.1 Algoritmos 1 y 3</i>	185
<i>V.13.2 Algoritmos 2 y 4</i>	188
BIBLIOGRAFÍA	190