

Índice

Agradecimientos	I
Autoría	III
Índice	V
Resumen	X
Resumen (valenciano)	XII
Resumen (inglés)	XIV
Publicaciones	XVI
Lista de abreviaturas y símbolos	XIX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Contexto industrial de la tesis.....	3
1.2. Contexto del grupo de investigación de la tesis.....	4
1.3. Antecedentes.....	6
1.4. Fuentes.....	7
1.5. Justificación.....	8
1.6. Objetivos.....	9
1.7. Metodología.....	11
1.8. Estructura de la tesis.....	12
1.9. Medios utilizados.....	15
2. GRUPOS DE SIMETRÍA.....	17
2.1. Características visuales, formas y transformaciones geométricas.....	19
2.2. Grupos de Simetría.....	20
2.3. Grupos de Simetría Puntual.....	20
2.4. Grupos de Simetría de Frisos.....	22
2.5. Grupos de Simetría del Plano.....	23
2.5.1. Regiones Mínimas.....	30
2.6. Grupos de Simetría Cristalográficos.....	34
3. SISTEMA DE INFORMACIÓN. ANÁLISIS, RECONSTRUCCIÓN Y EDICIÓN.....	37
3.1. Metodología de Diseño.....	39
3.2. Sistema de información.....	41
3.3. Análisis.....	43
3.3.1. Espacio de trabajo de la imagen.....	45
3.3.2. Espacio de trabajo de los objetos.....	47
3.3.3. Espacio de trabajo de los motivos.....	47
3.3.4. Espacio de trabajo de la estructura.....	48
3.4. Reconstrucción.....	50
3.5. Tolerancias.....	51
3.6. Edición estructural. Regiones Mínimas (RM)	53
4. ESTADO DEL ARTE.....	57
4.1. Percepción visual.....	59
4.1.1. Formas y características visuales.....	60
4.1.2. Fondo y figura.....	63
4.2. Grupos de Simetría.....	64
4.2.1. Regiones mínimas.....	67
4.3. Proceso de imagen, Visión Artificial y Reconocimiento de Formas.....	70
4.3.1. Objetos.....	70
4.3.2. Motivos.....	72
4.3.3. Estructura.....	72
4.3.4. Edición estructural.....	73
4.3.5. Reconstrucción.....	73
4.4. Referencias globales.....	74
4.4.1. Herramientas de análisis de patrones repetitivos.....	75
4.4.2. Alicatados islámicos.....	76

5. DEFINICIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE INFORMACIÓN Y DE ALGORITMOS	
BÁSICOS	79
5.1. Unidades visuales básicas: objetos.....	82
5.1.1. Regiones.....	82
5.1.2. Contornos.....	84
5.1.3. Clases, representantes y ocurrencias.....	85
5.1.4. Orientaciones.....	87
5.1.5. Multiplicidad de orientaciones debidas a las simetrías.....	88
5.1.6. Estructura de datos de los objetos.....	89
5.2. Motivos.....	91
5.3. Estructura del patrón.....	92
5.4. Isometrías.....	94
5.4.1. Desplazamientos.....	94
5.4.2. Rotaciones.....	95
5.4.3. Ejes de simetría.....	97
5.5. Cálculo de intersecciones	100
5.5.1. Intersección de dos circunferencias	100
5.5.2. Intersección de dos rectas	101
5.6. Vector combinación lineal de otros dos vectores	102
6. OBJETOS. VECTORIZACIÓN, DISCRETIZACIÓN Y PROPIEDADES.....	105
6.1. Seguimiento de fronteras.....	108
6.2. Filtrado de fronteras.....	110
6.3. Aproximación de secuencias de píxeles mediante curvas de Bezier.....	112
6.3.1. División de una secuencia en dos.....	113
6.3.2. Planteamiento del sistema de ecuaciones en el caso general.....	113
6.3.3. Resolución del problema de mínimos cuadrados por Householder.....	115
6.3.4. Planteamiento del sistema para curvas que pasan por los extremos.....	116
6.3.5. Curvas de Bezier.....	118
6.4. Discretización de contornos.....	119
6.5. Discretización de regiones.....	120
6.6. Propiedades de los objetos.....	121
6.7. Ejemplo.....	124
7. CLASES DE OJBETOS. COMPARACIÓN Y SIMETRÍAS.....	127
7.1. Conceptos previos.....	129
7.1.1. Funciones.....	129
7.1.2. Normas.....	130
7.1.3. La transformada de Fourier.....	130
7.1.4. La Transformada rápida de Fourier (FFT)	131
7.2. Comparación de funciones paramétricas.....	131
7.2.1. Normalización/optimización de funciones para su comparación.....	132
7.2.2. Medidas de similitud.....	134
7.3. Operador propuesto de comparación de objetos.....	135
7.3.1. Obtención de funciones discretas y normalización.....	136
7.3.2. Comparación.....	139
7.4. Cálculo del grupo de simetría puntual de objetos.....	143
7.5. Formación de clases, representantes y ocurrencias.....	146
7.6. Ejemplo.....	149

8. MOTIVOS. AGRUPACIÓN DE OBJETOS.....	153
8.1. Fundamentos.....	155
8.2. Metodología.....	157
8.3. Criterio de agrupación por inclusión.....	158
8.4. Criterio de agrupación por cercanía.....	159
8.4.1. Búsqueda de parámetros.....	160
8.4.2. Función de cercanía.....	161
8.4.3. Ejemplo.....	163
8.5. Criterio de agrupación por cocircularidad.....	168
8.5.1. Arcos.....	168
8.5.2. Grupos cocirculares.....	169
8.6. Construcción del contorno del motivo.....	173
8.7. Criterio de agrupación con motivos: superposición.....	178
8.8. Ejemplos.....	179
9. CLASES DE MOTIVOS. COMPARACIÓN Y SIMETRÍAS.....	185
9.1. Determinación de objetos iguales de motivos diferentes.....	188
9.2. Sistema de referencia de motivos.....	189
9.3. Transformaciones geométricas entre objetos iguales de motivos diferentes.....	191
9.3.1. Información básica para el cálculo de isometrías.....	191
9.3.2. Traslaciones o desplazamientos.....	192
9.3.3. Rotaciones.....	193
9.3.4. Ejes de simetría.....	193
9.4. Comparación de isometrías.....	194
9.4.1. Traslaciones o desplazamientos.....	194
9.4.2. Rotaciones.....	194
9.4.3. Ejes de simetría.....	195
9.5. Promediado de isometrías.....	195
9.5.1. Traslaciones o desplazamientos.....	195
9.5.2. Rotaciones.....	195
9.5.3. Ejes de simetría.....	195
9.6. Comparación de motivos: constitución de clases.....	196
9.7. Composición de isometrías.....	198
9.8. Revisión de motivos divididos.....	204
9.9. Cálculo del grupo de simetría puntual de un motivo.....	205
9.10. Representantes y ocurrencias.....	209
9.11. Formación de motivos con objetos sueltos.....	211
9.12. Ejemplo.....	212
10. EL PARALELOGRAMO FUNDAMENTAL. LADOS Y GEOMETRÍA.....	217
10.1. Orientaciones y desplazamientos.....	220
10.2. Búsqueda de dos vectores base.....	224
10.3. Eliminación de desplazamientos no representativos.....	229
10.4. Elección del Paralelogramo Fundamental.....	231
10.5. Determinación de la geometría del Paralelogramo Fundamental.....	234
10.6. Parametrización del Paralelogramo Fundamental.....	237
10.7. Ejemplo.....	238
11. EL GRUPO DE SIMETRÍA DEL PLANO.....	241
11.1. Características de cada Grupo de Simetría del Plano.....	244
11.2. Jerarquía entre Grupos de Simetría del Plano.....	247
11.3. Ejes de Simetría.....	248
11.4. Centros de Rotación.....	256
11.4.1. Arcos.....	257
11.4.2. Centros de Rotación.....	257
11.5. Elección del Grupo de Simetría del Plano.....	263
11.6. Ejemplo.....	265

12. SITUACIÓN ESTÁNDAR DEL PARALELOGRAMO FUNDAMENTAL.	
SIMPLIFICACIÓN DEL PATRÓN.....	269
12.1. Situación de los Ejes de Simetría y de los Centros de Rotación en relación al Paralelogramo Fundamental.....	272
12.1.1. Ejes de Simetría.....	275
12.1.2. Centros de Rotación.....	279
12.2. Situación del PF en su posición estándar para Grupos de Simetría del Plano sin Centros de Rotación.....	281
12.3. Situación del PF en su posición estándar para Grupos de Simetría del Plano con Centros de Rotación.....	282
12.4. Simplificación del patrón.....	285
13. RECONSTRUCCIÓN. RESTITUCIÓN Y UNIFICACIÓN.....	291
13.1. Tipos de Reconstrucción.....	296
13.2. Restitución y Unificación.....	298
13.2.1. Cálculo de superposiciones y etiquetado de posiciones relativas.....	300
13.2.2. División en subclases y elección de contenido de posición relativa.....	301
13.2.3. Eliminación e inserción de elementos.....	303
13.3. Reconstrucción por motivos.....	305
13.4. Reconstrucción por el Paralelogramo Fundamental.....	307
13.4.1. Determinación de desplazamientos a emplear.....	307
13.4.2. División en subclases.....	310
13.4.3. Establecimiento de Posiciones Relativas y de Zonas.....	310
13.4.4. Búsqueda de huecos y realización de la reconstrucción.....	312
13.4.5. Expansión.....	314
13.5. Reconstrucción por el Grupo de Simetría del Plano.....	316
13.5.1. Clasificación de las isometrías del patrón.....	316
13.5.2. Determinación de ejes y centros propios y ajenos.....	319
13.5.3. Ejes y centros propios: comprobación del gsp.....	320
13.5.4. Ejes y centros ajenos: generación de ocurrencias para la reconstrucción.....	322
13.5.5. Agrupación de ocurrencias iguales.....	324
13.5.6. Cálculo de solapamientos de ocurrencias distintas y elección de ocurrencias.....	325
14. RECONSTRUCCIÓN. NORMALIZACIÓN.....	331
14.1. Normalización del Paralelogramo Fundamental.....	333
14.1.1. Determinación del parámetro de recorte en la dirección del eje X.....	336
14.1.2. Corrección de cada Paralelogramo Fundamental.....	337
14.1.3. Alineación de cada Paralelogramo Fundamental con las direcciones principales.....	341
14.1.4. Corrección de la posición y orientación de los objetos y motivos.....	341
14.2. Normalización de objetos.....	343
14.2.1. Discretización de objetos de la misma clase.....	345
14.2.2. Promediado de objetos de la misma clase.....	345
14.2.3. Promediado de las partes de un mismo objeto a partir de su gsp.....	346
14.2.4. Determinación de sectores que delimitan la parte mínima de los objetos para obtener los puntos frontera.....	349
14.2.5. Vectorización de la parte mínima de los contornos de los objetos.....	351
14.2.6. Replicado de curvas de contornos del sector visible para generar las curvas del resto de sectores.....	352
14.2.7. Formación de contornos completos.....	353
14.2.8. Aproximación por rectas (para un sector).....	354
14.2.9. Paralelismo y perpendicularidad.....	358
14.2.10. Aproximación avanzada por curvas.....	361
14.3. Normalización de motivos.....	361
14.4. Normalización del patrón.....	365

15. LA REGIÓN MÍNIMA. EDICIÓN ESTRUCTURAL.....	371
15.1. Edición básica basada en estructuras de Grupos de Simetría del Plano.....	373
15.2. Edición estructural basada en Regiones Mínimas.....	375
15.2.1. Fundamentos.....	377
15.2.2. Diagramas jerárquicos de Regiones Mínimas.....	379
15.2.3. Estudio de las Regiones Mínimas.....	383
15.2.4. Características de las Regiones Mínimas.....	389
15.2.5. Ejemplo con un patrón sintético.....	432
15.2.6. Ejemplo con un patrón real.....	435
16. EJEMPLOS.....	441
16.1. Ejemplo textil.....	444
16.2. Ejemplo cerámico.....	453
16.3. Ejemplo de embaldosado.....	463
16.4. Ejemplo tapa metálica.....	471
17. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y AMPLIACIONES.....	477
17.1. Resultados.....	479
17.1.1. Análisis de los ejemplos seleccionados.....	479
17.1.2. Grupos de Simetría del Plano obtenidos.....	484
17.2. Conclusiones.....	491
17.2.1. Aportaciones originales.....	493
17.2.2. Limitaciones.....	495
17.2.3. ¿Análisis automático? Parámetros y supresión de elementos.....	500
17.2.4. Opciones de usuario en la herramienta de análisis y reconstrucción.....	501
17.2.5. Parámetros.....	503
17.2.6. Etapas problemáticas.....	510
17.3. Ampliaciones.....	512
REFERENCIAS.....	517
ANEXO: PATRONES ANALIZADOS.....	A-1