

## TABLA DE CONTENIDOS

	página
<b>Dedicatoria</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>Tabla de Contenidos</b>	<b>III</b>
<b>Indice de Figuras</b>	<b>VI</b>
<b>Indice de Algoritmos</b>	<b>VIII</b>
<b>Resumen</b>	<b>IX</b>
<b>Abstract</b>	<b>X</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto . . . . .	1
1.2. Áreas de aplicación . . . . .	3
1.3. Descripción del problema . . . . .	4
1.4. Hipótesis . . . . .	6
1.5. Objetivos . . . . .	7
1.5.1. Objetivo general . . . . .	7
1.5.2. Objetivos específicos . . . . .	7
1.6. Alcances . . . . .	8
<b>2. Marco de Referencia</b>	<b>9</b>
2.1. Arquitectura CUDA . . . . .	9
2.1.1. Flujo de procesamiento . . . . .	11
2.1.2. Memoria del Device . . . . .	13
2.1.3. Definiciones para la ejecución en CUDA . . . . .	16
2.1.4. Sincronización . . . . .	20
2.2. Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) . . . . .	22
2.2.1. Estructura . . . . .	22
2.2.2. Complejidad del algoritmo GLCM . . . . .	24

2.3.	Imágenes Hiperespectrales . . . . .	24
2.3.1.	Métodos de organización de Imágenes Hiperespectrales . . . . .	25
2.4.	Métricas para comparación de desempeño. . . . .	28
2.4.1.	Speed-up . . . . .	28
2.4.2.	Ley de Amdahl . . . . .	29
2.4.3.	Ley de Gustafson . . . . .	31
2.4.4.	Eficiencia . . . . .	31
<b>3.</b>	<b>Diseño</b>	<b>33</b>
3.1.	Diseño de las Pruebas . . . . .	33
3.2.	Diseño del Algoritmo Secuencial . . . . .	37
3.3.	Diseño del algoritmo Paralelo . . . . .	41
3.3.1.	Divide y vencerás . . . . .	41
3.3.2.	Estructura . . . . .	45
3.3.3.	Variables configurables . . . . .	47
<b>4.</b>	<b>Resultados</b>	<b>49</b>
4.1.	Imágenes con 256 niveles de grises . . . . .	49
4.1.1.	Correctitud de los resultados . . . . .	50
4.1.2.	Tiempos de ejecución . . . . .	50
4.1.3.	Speed-up . . . . .	53
4.1.4.	Eficiencia . . . . .	55
4.2.	Imágenes Hiperespectrales con 4096 niveles de reflectancia . . . . .	55
4.2.1.	Correctitud de los resultados . . . . .	56
4.2.2.	Tiempos de ejecución . . . . .	56
4.2.3.	Speed-up . . . . .	59
4.2.4.	Eficiencia . . . . .	61
4.3.	Imágenes de resolución fija con niveles de reflectancia variables . . . . .	61
4.3.1.	Correctitud de los resultados . . . . .	62
4.3.2.	Tiempos de ejecución . . . . .	62
4.3.3.	Speed-up . . . . .	65
4.3.4.	Eficiencia . . . . .	67
<b>5.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>69</b>
5.1.	Análisis de resultados . . . . .	70

5.2. Trabajos futuros . . . . .	74
<b>6. Glosario</b>	<b>76</b>
<b>7. Anexo A</b>	<b>79</b>
7.1. Evaluación del tipo de carga de datos . . . . .	79
7.1.1. Versión 1 . . . . .	79
7.1.2. Versión 2 . . . . .	79
7.1.3. Versión 3 . . . . .	79
7.1.4. Tablas de resultados . . . . .	80
<b>8. Anexo B</b>	<b>82</b>
8.1. Gráficos con tiempos de ejecución de los algoritmos <i>GLCM</i> . . . . .	82
8.1.1. Imágenes con 256 niveles de grises . . . . .	82
8.1.2. Imágenes con 4096 niveles de grises . . . . .	83
8.1.3. Imágenes con niveles de reflectancia variable . . . . .	83
<b>Bibliografía</b>	<b>84</b>

## INDICE DE FIGURAS

	página
2.1. <i>Arquitectura de una CPU y una GPU</i> . . . . .	10
2.2. <i>Arquitectura de una GPU que soporta CUDA.</i> . . . . .	11
2.3. <i>Ejemplo de fases en CUDA.</i> . . . . .	12
2.4. <i>Flujo de Procesamiento en CUDA</i> . . . . .	13
2.5. <i>Modelo de memoria en CUDA</i> . . . . .	15
2.6. <i>Ejemplo multidimensional de la organización de un Grid en CUDA</i> .	18
2.7. <i>Ejemplo de como se dividen los Block en warps.</i> . . . . .	19
2.8. <i>Ejemplo de como se construye la matriz GLCM, para 0 y D=1.</i> . . . .	23
2.9. <i>Direcciones en las cuales se realizará la búsqueda de la ocurrencia.</i> . .	23
2.10. <i>Composición de una imagen Hiperespectral.</i> . . . . .	25
2.11. <i>Ejemplo de una imagen de 3 bandas guardada en formato BIL.</i> . . . .	26
2.12. <i>Ejemplo de una imagen de 3 bandas guardada en formato BIP.</i> . . . .	27
2.13. <i>Ejemplo de una imagen de 3 bandas guardada en formato BSQ.</i> . . . .	28
2.14. <i>Representación gráfica de la ley de Amdahl.</i> . . . . .	30
3.1. <i>Imagen seleccionada para las pruebas con 256 niveles de grises.</i> . . . .	34
3.2. <i>Descripción de la división de una imagen para su procesamiento.</i> . . . .	42
3.3. <i>Ejemplo de como se solapan las matrices de cada bloque.</i> . . . . .	42
3.4. <i>Proceso para obtener GLCM en imágenes de mayor resolución.</i> . . . .	44
4.1. <i>Comportamiento de los tiempos de ejecución (256 niveles).</i> . . . . .	51
4.2. <i>Crecimiento del tiempo de ejecución, secuencial 1 (256 niveles).</i> . . . .	52
4.3. <i>Crecimiento del tiempo de ejecución, secuencial 2 (256 niveles).</i> . . . .	52
4.4. <i>Crecimiento del tiempo de ejecución, versión paralela (256 niveles).</i> . .	53
4.5. <i>Speed-up Intel core 2 duo y la versión paralela (256 niveles).</i> . . . . .	54
4.6. <i>Comportamiento de los tiempos de ejecución (4096 niveles).</i> . . . . .	57
4.7. <i>Crecimiento del tiempo de ejecución, secuencial 1 (4096 niveles).</i> . . . .	58
4.8. <i>Crecimiento del tiempo de ejecución, secuencial 2 (i7, 4096 niveles).</i> . .	58
4.9. <i>Crecimiento del tiempo de ejecución, versión paralela (4096 niveles).</i> . .	59
4.10. <i>Speed-up para la ejecución con 4096 niveles de reflectancia.</i> . . . . .	60
4.11. <i>Comportamiento de los tiempos de ejecución (niveles variables).</i> . . . .	63

4.12. <i>Crecimiento del tiempo de ejecución, secuencial 1 (niveles variables).</i>	64
4.13. <i>Crecimiento del tiempo de ejecución, secuencial 2 (niveles variables).</i>	64
4.14. <i>Crecimiento del tiempo de ejecución, ver. paralela (niveles variables).</i>	65
4.15. <i>Speed-up Intel core 2 duo y la versión paralela (niveles variables).</i>	66
8.1. <i>Distribución de los tiempos de ejecución (256 niveles).</i>	82
8.2. <i>Distribución de los tiempos de ejecución (4096 niveles).</i>	83
8.3. <i>Distribución de los tiempos de ejecución sobre niveles variables.</i>	83

## INDICE DE ALGORITMOS

	página
3.1. <i>Comparador de resultados</i> . . . . .	37
3.2. <i>Generador de matrices GLCM, versión inicial.</i> . . . . .	39
3.3. <i>Generador de matrices GLCM, versión secuencial final</i> . . . . .	40