

## TABLA DE CONTENIDOS

	página
<b>Agradecimientos</b>	<b>I</b>
<b>Tabla de Contenidos</b>	<b>II</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>IV</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>VI</b>
<b>Resumen</b>	<b>VII</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>8</b>
1.1. Problema . . . . .	9
<b>2. Revisión Bibliográfica</b>	<b>13</b>
2.1. Generación de estados iniciales para Sokoban . . . . .	13
2.2. Dificultad . . . . .	16
2.2.1. Resolución de niveles de Sokoban . . . . .	19
<b>3. Marco Teórico</b>	<b>20</b>
3.1. Algoritmos Evolutivos . . . . .	20
3.1.1. Quality Diversity Algorithms . . . . .	21
3.1.2. Novelty Search Algorithm . . . . .	23
3.2. Monte-Carlo Tree Search . . . . .	23
3.3. Machine Learning . . . . .	24
<b>4. Metodología</b>	<b>27</b>
4.1. Etapa de Inicialización . . . . .	27
4.1.1. Etapa de Construcción . . . . .	27
4.1.2. Etapa de preparación . . . . .	30
4.2. Etapa de evolución . . . . .	33
4.2.1. Genes . . . . .	34
4.2.2. Función de fitness . . . . .	34
4.2.3. Fases del algoritmo evolutivo . . . . .	35

4.2.4. Limitaciones del algoritmo evolutivo . . . . .	40
4.3. Estudio de usuario . . . . .	41
4.3.1. Registro de usuarios . . . . .	41
4.3.2. Conjunto de niveles . . . . .	42
4.3.3. Recolección de datos por nivel . . . . .	43
4.3.4. Experimentos . . . . .	43
4.4. Metodología de desarrollo . . . . .	48
4.4.1. Carta Gantt . . . . .	49
<b>5. Resultados</b>	<b>51</b>
5.1. Métricas de entretención, dificultad y diversidad . . . . .	51
5.1.1. Experimento evaluación de métricas por nivel . . . . .	51
5.1.2. Experimento evaluación de diversidad . . . . .	54
5.2. Correlación de dificultad . . . . .	55
5.3. Resultados experimento niveles hechos por humanos versus PCG . . .	58
<b>6. Conclusiones</b>	<b>60</b>
6.1. Conclusiones respecto de las sub-hipótesis . . . . .	60
6.2. Ejemplos de otros enfoques para la función de <i>fitness</i> . . . . .	61
6.3. Trabajo futuro y consideraciones . . . . .	62
6.4. Conclusión final . . . . .	63
<b>A: Datos demográficos</b>	<b>73</b>
<b>B: Sokoban</b>	<b>76</b>
<b>C: JSoko</b>	<b>79</b>
<b>D: Ejemplos de niveles creados</b>	<b>81</b>
<b>E: Sokostigation: User testing App</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	página
2.1. Ejemplos Wave Function Collapse . . . . .	18
4.1. Resumen ubicación de <i>templates</i> . . . . .	29
4.2. Resultado final fase construcción . . . . .	30
4.3. <i>Templates</i> utilizados en la etapa de construcción . . . . .	31
4.4. Goal range example . . . . .	33
4.5. Ejemplo de codificación de un nivel de Sokoban . . . . .	34
4.6. Cantidad de mutaciones efectuadas y rechazadas . . . . .	40
4.7. Ejemplo de nivel generado en un total de 112 minutos . . . . .	42
4.8. Flujo de la experiencia . . . . .	45
4.9. Panel de métricas . . . . .	46
4.10. Panel para que los usuarios evalúen diversidad . . . . .	47
4.11. Panel donde los usuarios eligen los niveles creados por humanos . . . . .	47
4.12. Ciclo iterativo y Kanban . . . . .	48
4.13. Planificación carta Gantt meses abril hasta julio . . . . .	50
5.1. Dificultad y entretención percibida conjunto de niveles 1 . . . . .	52
5.2. Dificultad y entretención percibida conjunto de niveles 2 . . . . .	53
5.3. Experiencia de los usuarios en Puzles y Sokoban . . . . .	54
5.4. Diversidad por cada subconjunto mostrado al usuario . . . . .	55
5.5. Niveles PCG confundidos con creaciones humanas . . . . .	58
5.6. Resumen datos obtenidos experimento humanos versus PCG . . . . .	59
5.7. Actividad niveles creados por humanos vs PCG . . . . .	59
A.1. Nivel educacional de participantes del estudio de usuario . . . . .	74
A.2. Edades de los participantes del estudio de usuario . . . . .	74
A.3. Cantidad de niveles completos e incompletos en el conjunto de niveles 1 . . . . .	75
A.4. Cantidad de niveles completos e incompletos en el conjunto de niveles 2 . . . . .	75
B.1. Ejemplo de un nivel tradicional de Sokoban . . . . .	77
B.2. Pasos para solucionar un nivel de Sokoban . . . . .	77
B.3. Ejemplo de deadlock . . . . .	78

C.1. Configuración posible para dar solución a un nivel de Sokoban en JSoko	80
D.1. Niveles generados con restricción de solo espacios de 3x3 . . . . .	81
D.2. Niveles generados con restricción de solo espacios de 3x4 y 4x3 . . . .	82
E.1. Subconjunto 1 del conjunto 1 de niveles jugados en Sokostigation . .	83
E.2. Subconjunto 2 del conjunto 1 de niveles jugados en Sokostigation . .	84
E.3. Subconjunto 1 del conjunto 2 de niveles jugados en Sokostigation . .	85
E.4. Subconjunto 2 del conjunto 2 de niveles jugados en Sokostigation . .	85

## ÍNDICE DE TABLAS

	página
2.1. Resumen de métodos PCG para la generación de niveles en puzles <i>Sokoban-type</i> [1] . . . . .	17
3.1. Analogía Biología - Algoritmos evolutivos . . . . .	21
3.2. Quality Diversity Algorithms . . . . .	22
3.3. Métodos aplicados en <i>Supervised Learning</i> . . . . .	25
3.4. Métodos aplicados en <i>Unsupervised Learning</i> . . . . .	26
3.5. Métodos aplicados en <i>Reinforcement Learning</i> . . . . .	26
4.1. Símbolos del formato de niveles de JSoko . . . . .	35
5.1. Resumen de las medianas obtenidas en entretención y dificultad . . .	52
5.2. Resumen de los datos obtenidos para el conjunto de niveles 1 . . . . .	56
5.3. Resumen de los datos obtenidos para el conjunto de niveles 2 . . . . .	56
5.4. Valores R de Spearman y Pearson para distintas métricas de dificultad	57