

# Índice.

<b>Capítulo 1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Conceptos de SIJEM.	1
1.2. Los simuladores en la enseñanza de materias relacionadas con los ordenadores	1
1.3. Justificación del proyecto	3
1.4. Resumen del documento	3
1.5. Disponibilidad del simulador	3
<b>Capítulo 2. Fundamentos teóricos</b>	<b>5</b>
2.1. Jerarquías de memoria	5
2.2. Localidad de referencias	6
2.3. Memorias caché	6
2.3.1. Aciertos y fallos de caché	6
2.3.2. Medida de prestaciones de las memorias caché	6
2.3.3. Fuentes de fallos de caché	7
2.3.4. Cachés divididas frente a cachés conjuntas	8
2.3.5. Cachés multinivel	8
2.3.6. Políticas de mapeado	9
2.3.6.1. Estrategias de colocación	9
2.3.6.2. Estrategias de búsqueda	10
2.3.6.3. Estrategias de reemplazamiento	11
2.3.6.4. Estrategias de coherencia	12
2.3.7. Bits de control	13
2.4. Memoria principal	13
2.4.1. Medida de prestaciones de la memoria principal	13
2.4.2. Anchura de la memoria principal	14
2.4.3. Memoria principal entrelazada	14
2.5. Memoria secundaria	15
2.6. Memoria virtual	15
2.6.1. Direcciones virtuales y direcciones reales	15
2.6.2. Transformación en bloques	16
2.7. Paginación	17
2.7.1. Selección del tamaño de página	18
2.7.2. Mecanismos de traducción de direcciones	18

2.7.2.1. Traducción de direcciones por transformación directa	18
2.7.2.2. Traducción de direcciones por transformación asociativa	19
2.7.2.3. Traducción de direcciones por transformación asociativa-directa con TLB conjunta	20
2.7.2.4. Traducción de direcciones por transformación asociativa-directa con TLB dividida	21
<i>2.7.3. Estrategias de administración del sistema de memoria virtual paginado</i>	22
2.7.3.1. Estrategias de búsqueda	22
2.7.3.2. Estrategias de colocación	23
2.7.3.3. Estrategias de reemplazamiento	23
<i>2.7.4. Prestaciones del sistema de memoria virtual</i>	24
<b>2.8. Un poco de historia</b>	<b>24</b>
<b>Capítulo 3. Especificación de requisitos</b>	<b>27</b>
<b>3.1. Requisitos funcionales</b>	<b>27</b>
<b>3.2. Requisitos no funcionales</b>	<b>27</b>
<b>Capítulo 4. Decisiones de diseño</b>	<b>29</b>
<b>4.1. Elección del lenguaje de programación</b>	<b>29</b>
<b>4.2. Características del simulador</b>	<b>30</b>
<b>4.3. Control de la simulación</b>	<b>31</b>
<b>4.4. Asistente</b>	<b>31</b>
4.4.1. Asistente - Configurar	32
4.4.1.1. Ficheros de configuración	33
4.4.2. Asistente – Cargar fichero	36
4.4.2.1 Ficheros de traza	36
4.4.3. Asistente – Simular	38
<b>4.5. Simulación</b>	<b>38</b>
4.5.1. Traducción de direcciones	38
4.5.2. Búsqueda de páginas	40
<b>4.6. Estrategias</b>	<b>42</b>
4.6.1. Estrategias de administración del sistema de memoria virtual	42
4.6.2. Estrategias de administración de la memoria caché	42
<b>4.7. Estadísticas</b>	<b>45</b>
4.7.1. Estadísticas de traducción de direcciones	45
4.7.2. Estadísticas de búsqueda de páginas	45
<b>4.8. Ciclos</b>	<b>45</b>
4.8.1. Ciclos en traducción de direcciones	45
4.8.2. Ciclos búsqueda de páginas	46

<b>Capítulo 5. Ayuda del programa</b>	<b>47</b>
<b>5.1. Instalación y ejecución del programa</b>	<b>47</b>
<b>5.2. Archivo de ayuda</b>	<b>47</b>
5.2.1. Introducción a SIJEM	48
5.2.2. Interfaz de usuario de SIJEM	49
5.2.2.1. Asistente > Configurar	50
5.2.2.2. Asistente > Cargar programa	67
5.2.2.3. Asistente > Simular	69
5.2.3. Ficheros de SIJEM	90
5.2.3.1. Tipos de ficheros de SIJEM	90
5.2.3.2. Ficheros de ejemplo de SIJEM	93
<b>Capítulo 6. Tecnología educativa</b>	<b>97</b>
<b>6.1. ¿Qué es tecnología educativa?</b>	<b>97</b>
<b>6.2. Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)</b>	<b>97</b>
6.2.1. Las TIC en la enseñanza	97
6.2.1.1. Uso de las TIC en la enseñanza	97
6.2.1.2. Objetivo de las TIC en la enseñanza	98
<b>6.3. Los medios didácticos</b>	<b>98</b>
6.3.1. Tipos de medios	99
<b>6.4. Teorías de enseñanza y aprendizaje aplicadas al diseño de software educativo</b>	<b>99</b>
6.4.1. Aproximación conductista al diseño de software educativo	99
6.4.1.1. La enseñanza programada	100
6.4.1.2. La máquina de enseñar	100
6.4.2. Aproximación cognitivista al diseño de software educativo	100
6.4.2.1. Aprendizaje significativo de Ausubel	101
6.4.2.2. Teorías del procesamiento de la información	101
6.4.3. Aproximación constructivista al diseño de software educativo	102
6.4.4. Consideraciones en la aplicación de las teorías de enseñanza y aprendizaje	103
<b>6.5. Características esenciales del software educativo</b>	<b>103</b>
<b>6.6. Estructura básica del software educativo</b>	<b>104</b>
<b>6.7. Funciones de los programas educativos</b>	<b>104</b>
<b>6.8. Ventajas potenciales del software educativo</b>	<b>105</b>
<b>6.9. Inconvenientes potenciales del software educativo</b>	<b>105</b>
<b>6.10. Criterios de evaluación del software educativo</b>	<b>106</b>
<b>6.11. La tecnología educativa en SIJEM</b>	<b>106</b>

<b>Capítulo 7. Evaluación de la herramienta</b>	<b>107</b>
<b>7.1. Pruebas</b>	<b>107</b>
<b>7.2. Encuesta personal</b>	<b>108</b>
7.2.1. Resultados de la encuesta	110
7.2.1.1. Muestra	110
7.2.1.2. Dedicación al uso del programa	110
7.2.1.3. Interés por las jerarquías de memoria	111
7.2.1.4. Aspecto educativo del software	111
7.2.1.5. Funcionalidad del software	112
7.2.1.6. Funcionamiento del software	113
7.2.1.7. Mensajes de error	114
7.2.1.8. Usabilidad del programa	114
7.2.1.9. Otras cuestiones	115
7.2.1.10. Críticas y posibles mejoras	115
7.2.2. Conclusiones	116
<b>7.3. Test adaptativo</b>	<b>116</b>
7.3.1. Tests adaptativos	116
7.3.2. Características del test adaptativo de PORTAD	118
7.3.3. Test adaptativo para la evaluación de SIJEM	120
7.3.4. Realización del test adaptativo	121
7.3.5. Resultados del test adaptativo	121
7.3.5.1. Muestra	121
7.3.5.2. Nota final	121
7.3.5.3. Número de preguntas	122
7.3.5.4. Aciertos y fallos	122
7.3.6. Resultados del test adaptativo	123
<b>7.4. Encuesta de grupo</b>	<b>123</b>
7.4.1. Resultados de la encuesta de grupo	124
7.4.1.1. Muestra	124
7.4.1.2. Interés mostrado por el test	125
7.4.1.3. Aspecto educativo del test	125
7.4.1.4. Información sobre el test	126
7.4.1.5. Comprensión del simulador y las jerarquías de memoria	127
7.4.1.6. Preguntas	127
7.4.1.7. Funcionalidad del test	129
7.4.1.8. Otras cuestiones	129
<b>7.5. Modificaciones</b>	<b>130</b>
7.5.1. Ficheros de traza	130
7.5.2. Búsqueda de direcciones	131

<b>Capítulo 8. Conclusiones</b>	<b>133</b>
<b>8.1. Tecnología educativa</b>	<b>133</b>
<b>8.2. Proceso de evaluación</b>	<b>133</b>
8.2.1. Participación de los alumnos	133
8.2.2. Integración con otros proyectos	133
<b>8.3. Líneas abiertas</b>	<b>134</b>
<b>Anexo A. Guión de prácticas con el simulador</b>	<b>136</b>
<b>Anexo B. Preguntas del test adaptativo</b>	<b>137</b>
<b>A.1. Concepto 1 – Nivel simple – Entorno de simulación</b>	<b>137</b>
A.1.1. Preguntas de nivel bajo	137
A.1.2. Preguntas de nivel medio	138
A.1.3. Preguntas de nivel alto	140
<b>A.2. Concepto 2 – Nivel intermedio – Traducción de direcciones</b>	<b>141</b>
A.2.1. Preguntas de nivel bajo	141
A.2.2. Preguntas de nivel medio	142
A.2.3. Preguntas de nivel alto	143
<b>A.3. Concepto 3 – Nivel avanzado – Traducción de direcciones con TLB dividida</b>	<b>143</b>
A.3.1. Preguntas de nivel bajo	143
A.3.2. Preguntas de nivel medio	144
A.3.3. Preguntas de nivel alto	145
<b>A.4. Concepto 4 – Nivel intermedio – Estrategias de colocación y reemplazamiento</b>	<b>145</b>
A.4.1. Preguntas de nivel bajo	145
A.4.2. Preguntas de nivel medio	148
A.4.3. Preguntas de nivel alto	151
<b>A.5. Concepto 5 – Nivel complejo – Estrategias de coherencia</b>	<b>151</b>
A.5.1. Preguntas de nivel bajo	151
A.5.2. Preguntas de nivel medio	152
A.5.3. Preguntas de nivel alto	152
<b>Bibliografía</b>	<b>155</b>

## Índice de figuras.

<i>Figura 2.1. Esquema típico de una jerarquía de memoria</i>	5
<i>Figura 2.2. Jerarquía de memoria con caché multinivel</i>	8
<i>Figura 2.3. Estrategias de colocación</i>	10
<i>Figura 2.4. Bloque de memoria caché</i>	11
<i>Figura 2.5. Bloque de memoria caché con bits de control</i>	13
<i>Figura 2.6. Transformación dinámica de direcciones</i>	16
<i>Figura 2.7. Entrada de la tabla de páginas</i>	18
<i>Figura 2.8. Traducción de direcciones por transformación directa</i>	19
<i>Figura 2.9. Traducción de direcciones por transformación asociativa</i>	19
<i>Figura 2.10. Traducción de direcciones por transformación asociativa-directa con TLB</i>	21
<i>Figura 2.11. Traducción de direcciones por transformación asociativa-directa con TLB dividida</i>	22
<i>Figura 4.1. Estructura de la jerarquía de memoria implementada</i>	40
<i>Figura 5.1. Estructura de la jerarquía de memoria implementada</i>	84
<i>Figura 7.1. Red bayesiana</i>	118
<i>Figura 7.2. Red bayesiana del test adaptativo</i>	120

## Índice de tablas

<i>Tabla 1.1. Algunos simuladores relacionados con la arquitectura de ordenadores</i>	2
<i>Tabla 2.1. Paginación frente a segmentación</i>	17
<i>Tabla 2.2. Jerarquías de memoria en los sistemas actuales</i>	26
<i>Tabla 4.1. Ficheros de traza de ejemplo</i>	36
<i>Tabla 4.2. Formatos de direcciones</i>	36
<i>Tabla 5.1. Ficheros de configuración de ejemplo</i>	93
<i>Tabla 5.2. Ficheros de configuración de ejemplo</i>	94
<i>Tabla 5.3. Ficheros de configuración de ejemplo</i>	95
<i>Tabla 5.4. Ficheros de direcciones de ejemplo</i>	96
<i>Tabla 7.1. Niveles de usuario y concepto</i>	119
<i>Tabla 7.2. Probabilidades a priori</i>	119
<i>Tabla 7.3. Baremo de puntuación</i>	120

# Índice de capturas

<i>Captura 4.1. Control de la simulación</i>	31
<i>Captura 4.2. Asistente</i>	32
<i>Captura 4.3. Resumen de configuración</i>	32
<i>Captura 4.4. Resumen de configuración</i>	33
<i>Captura 4.5. Traducción de direcciones</i>	39
<i>Captura 4.6. Búsqueda de páginas</i>	41
<i>Captura 4.7. Cálculo de la posición o conjunto</i>	42
<i>Captura 4.8. Etiqueta (Tag) de la caché</i>	43
<i>Captura 4.9. Puntero de la política de reemplazamiento Clock</i>	43
<i>Captura 4.10. Estado, estadísticas y ciclos de traducción de direcciones</i>	45
<i>Captura 4.11. Estado, estadísticas y ciclos de búsqueda de páginas</i>	45
<i>Captura 5.1. Inicio del programa SIJEM y su Ayuda</i>	47
<i>Captura 5.2. Interfaz de usuario</i>	49
<i>Captura 5.3. Asistente de configuración – Bienvenido</i>	50
<i>Captura 5.4. Asistente de configuración – Página 1</i>	51
<i>Captura 5.5. Carga de un fichero de configuración</i>	52
<i>Captura 5.6. Asistente de configuración – Página 2</i>	53
<i>Captura 5.7. Asistente de configuración – Página 3</i>	55
<i>Captura 5.8. Asistente de configuración – Página 4</i>	59
<i>Captura 5.9. Asistente de configuración – Página 5</i>	63
<i>Captura 5.10. Asistente de configuración – Resumen</i>	67
<i>Captura 5.11. Asistente – Cargar programa</i>	68
<i>Captura 5.12. Abrir fichero de traza</i>	68
<i>Captura 5.13. Asistente – Simular</i>	69
<i>Captura 5.14. Simular traducción de direcciones por transformación directa</i>	70
<i>Captura 5.15. Tabla de páginas</i>	71
<i>Captura 5.16. Dirección virtual</i>	71
<i>Captura 5.17. Dirección real</i>	72
<i>Captura 5.18. Información de la instrucción actual</i>	72
<i>Captura 5.19. Estado actual de la máquina</i>	73
<i>Captura 5.20. Control de la simulación</i>	73
<i>Captura 5.21. Traducción de direcciones por transf. Asociativa-directa con TLB</i>	74
<i>Captura 5.22. Tabla de páginas</i>	75
<i>Captura 5.23. TLB</i>	75
<i>Captura 5.24. Dirección virtual</i>	76
<i>Captura 5.25. Dirección real</i>	76

<i>Captura 5.26. Información de la instrucción actual</i>	77
<i>Captura 5.27. Estado actual de la máquina</i>	77
<i>Captura 5.28. Control de la simulación</i>	78
<i>Captura 5.29. Traducción de direcciones por transf. asociativa directa con TLB dividida</i>	78
<i>Captura 5.30. Tabla de páginas</i>	80
<i>Captura 5.31. TLB Dividida</i>	80
<i>Captura 5.32. Dirección virtual</i>	81
<i>Captura 5.33. Dirección real</i>	81
<i>Captura 5.34. Información de la instrucción actual</i>	82
<i>Captura 5.35. Estado actual de la máquina</i>	83
<i>Captura 5.36. Control de la simulación</i>	83
<i>Captura 5.37. Búsqueda de direcciones/páginas</i>	85
<i>Captura 5.38. Memoria principal</i>	85
<i>Captura 5.39. Memoria caché</i>	86
<i>Captura 5.40. CPU</i>	87
<i>Captura 5.41. Estado actual de la máquina</i>	88
<i>Captura 5.42. Información de la instrucción actual</i>	89
<i>Captura 5.43. Control de la simulación</i>	90
<i>Captura 7.1. Error inicial del programa</i>	129
<i>Captura 7.2. Error final del programa</i>	130
<i>Captura 7.3. Búsqueda de páginas</i>	131

## Índice de ejemplos

<i>Ejemplo 4.1. Fichero de configuración</i>	35
<i>Ejemplo 4.2. Extracto de un fichero de traza</i>	37
<i>Ejemplo 4.3. Extracto de un fichero de páginas</i>	37
<i>Ejemplo 5.1. Ficheros de configuración</i>	93

## Índice de gráficos

<i>Gráfico 7.1. Muestra de la encuesta inicial</i>	110
<i>Gráfico 7.2. Resultados de ¿Cuánto tiempo ha dedicado a usar este software?</i>	111
<i>Gráfico 7.3. Interés de las jerarquías de memoria frente al resto de temas de la</i>	

<i>asignatura</i>	111
<i>Gráfico 7.4. Aspecto educativo del software</i>	112
<i>Gráfico 7.5. Funcionalidad del software</i>	113
<i>Gráfico 7.6. Traducción de direcciones</i>	113
<i>Gráfico 7.7. Búsqueda de páginas</i>	113
<i>Gráfico 7.8. Funcionamiento del software</i>	114
<i>Gráfico 7.9. Funcionamiento del software</i>	114
<i>Gráfico 7.10. Usabilidad del programa</i>	115
<i>Gráfico 7.11. Distribución de las notas del test</i>	121
<i>Gráfico 7.12. Número de preguntas del test</i>	122
<i>Gráfico 7.13. Aciertos y fallos de preguntas de nivel simple</i>	122
<i>Gráfico 7.14. Aciertos y fallos de preguntas de nivel intermedio</i>	123
<i>Gráfico 7.15. Muestra de la encuesta de grupo</i>	125
<i>Gráfico 7.16. Resultados de ¿El test ha despertado mi interés?</i>	125
<i>Gráfico 7.17. Resultados de ¿He aprendido usando este test?</i>	126
<i>Gráfico 7.18. Resultados de ¿La información proporcionada al inicio del test me ha parecido suficiente?</i>	126
<i>Gráfico 7.19. Resultados de ¿El test ayuda a comprender mejor el simulador? y ¿El test ayuda a comprender mejor los contenidos de la asignatura?</i>	127
<i>Gráfico 7.20. Resultados de ¿Las preguntas formuladas son suficientemente claras?</i>	128
<i>Gráfico 7.21. Resultados de ¿Los ejemplos aportados junto a las preguntas me han ayudado a contestarlas?</i>	128
<i>Gráfico 7.22.. Resultados de Funcionalidad del test</i>	128