

Contenido

| | |
|---|-------------|
| Agradecimientos | ii |
| Resumen | iv |
| Lista de Figuras | ix |
| Lista de Tablas | xiii |
| Lista de Algoritmos | xiv |
| 1 Introducción | 1 |
| 1.1 Motivación y objetivos de la tesis | 1 |
| 1.2 Contribuciones de la tesis | 4 |
| 1.3 Descripción de la estructura y contenidos de la tesis | 5 |
| I Bases de datos espaciales y espacio-temporales | 7 |
| 2 Bases de Datos Espaciales | 8 |
| 2.1 Introducción | 8 |
| 2.2 Tipos de datos y operadores espaciales | 9 |
| 2.3 Consultas espaciales | 11 |
| 2.3.1 Procesamiento de consultas espaciales apoyado en un índice espacial | 12 |
| 2.4 Métodos de acceso espaciales | 14 |
| 2.4.1 K-D-B-Tree | 14 |
| 2.4.1.1 Consultas con K-D-B-tree | 15 |
| 2.4.1.2 Inserción en un K-D-B-tree | 16 |
| 2.4.1.3 Eliminación en un K-D-B-tree | 16 |
| 2.4.2 R-tree | 17 |
| 2.4.2.1 Búsqueda en un R-tree | 18 |
| 2.4.2.2 Inserción en un R-tree | 19 |
| 2.4.2.3 Eliminación en un R-tree | 20 |
| 2.4.2.4 Actualización y otras operaciones | 21 |
| 2.4.2.5 División de un nodo en un R-tree | 21 |
| 2.4.3 R ⁺ -tree | 23 |
| 2.4.4 R [*] -tree | 25 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.4.5 | Reunión espacial usando R-tree | 25 |
| 2.4.6 | Modelos de costo de R-tree | 27 |
| 2.4.6.1 | Estimación del espacio ocupado por un R-tree | 27 |
| 2.4.6.2 | Estimación del rendimiento de las consultas usando R-tree | 28 |
| 2.4.6.3 | Modelo de costo para la reunión espacial usando R-tree | 28 |
| 3 | Bases de Datos Espacio-temporales | 31 |
| 3.1 | Introducción | 31 |
| 3.2 | Tipos de datos, operadores y predicados espacio-temporales | 31 |
| 3.3 | Consultas espacio-temporales comunes | 33 |
| 3.4 | Métodos de acceso espacio-temporales | 34 |
| 3.4.1 | 3D R-tree | 35 |
| 3.4.2 | RT-tree | 37 |
| 3.4.3 | HR-tree | 39 |
| 3.4.4 | MVR-tree y MV3R-tree | 40 |
| 3.4.5 | STR-tree, TB-tree y SETI | 44 |
| II | Métodos de acceso espacio-temporales basados en snapshots y eventos | 46 |
| 4 | SEST-Index | 47 |
| 4.1 | Introducción | 47 |
| 4.2 | Estructura de datos | 49 |
| 4.2.1 | Operaciones | 49 |
| 4.2.1.1 | Consultas de tipo <i>time-slice</i> | 49 |
| 4.2.1.2 | Consultas de tipo <i>time-interval</i> | 50 |
| 4.2.1.3 | Consultas sobre eventos | 50 |
| 4.2.1.4 | Actualización de la estructura de datos | 51 |
| 4.3 | Evaluación Experimental | 51 |
| 4.3.1 | Almacenamiento utilizado por el SEST-Index | 52 |
| 4.3.2 | Consultas <i>time-slice</i> | 53 |
| 4.3.3 | Consultas <i>time-interval</i> | 54 |
| 4.3.4 | Consultas sobre eventos | 54 |
| 4.4 | Variante de SEST-Index | 58 |
| 4.5 | Modelo de costo de SEST-Index | 62 |
| 4.5.1 | Modelo de costo para estimar el espacio utilizado por el SEST-Index | 63 |
| 4.5.2 | Modelo de costo para estimar la eficiencia de las consultas con el SEST-Index | 63 |
| 4.5.3 | Evaluación experimental del modelo de costo | 64 |
| 4.5.3.1 | Estimación del almacenamiento | 65 |
| 4.5.3.2 | Estimación del rendimiento de las consultas <i>time-slice</i> y <i>time-interval</i> | 65 |
| 4.6 | Conclusiones | 65 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5 | SEST_L | 68 |
| 5.1 | Introducción | 68 |
| 5.2 | Estructura de datos | 69 |
| 5.2.1 | Operaciones | 70 |
| 5.2.1.1 | Consultas de tipo <i>time-slice</i> | 70 |
| 5.2.1.2 | Consultas de tipo <i>time-interval</i> | 70 |
| 5.2.1.3 | Consultas sobre los eventos | 71 |
| 5.2.1.4 | Actualización de la estructura de datos | 71 |
| 5.3 | El SEST _L con snapshots globales | 72 |
| 5.4 | Evaluación Experimental | 75 |
| 5.4.1 | Comparación de SEST _L con SEST-Index | 75 |
| 5.4.2 | Ajustes de la estructura de datos de los eventos | 79 |
| 5.4.3 | Comparación de SEST _L con MVR-tree | 79 |
| 5.4.3.1 | Almacenamiento utilizado | 79 |
| 5.4.3.2 | Rendimiento de las consultas <i>time-slice</i> y <i>time-interval</i> | 79 |
| 5.4.3.3 | Consultas sobre eventos | 83 |
| 5.4.3.4 | Evaluación del SEST _L con snapshots globales | 84 |
| 5.5 | Modelo de costo para el SEST _L | 85 |
| 5.5.1 | Costo de almacenamiento del SEST _L | 86 |
| 5.5.2 | Estimación del costo de las consultas espacio-temporales con el SEST _L | 87 |
| 5.5.3 | Evaluación experimental del modelo de costo | 88 |
| 5.5.3.1 | Estimación del almacenamiento | 88 |
| 5.5.3.2 | Estimación del rendimiento de las consultas <i>time-slice</i> y <i>time-interval</i> | 89 |
| 5.5.4 | Modelo de costo del SEST _L con snapshots globales | 89 |
| 5.5.4.1 | Estimación del almacenamiento del SEST _L con snapshots globales | 91 |
| 5.5.4.2 | Estimación de la eficiencia de las consultas con el SEST _L considerando snapshots globales | 92 |
| 5.5.4.3 | Evaluación experimental del modelo de costo del SEST _L con snapshots globales | 92 |
| 5.6 | Conclusiones | 95 |
| 6 | Generalización del enfoque | 96 |
| 6.1 | Introducción | 96 |
| 6.2 | Generalización de los modelos de costo del SEST-Index y del SEST _L | 96 |
| 6.2.1 | Modelo general para determinar el almacenamiento | 97 |
| 6.2.2 | Modelo para determinar la eficiencia de las consultas | 99 |
| 6.3 | Evaluación de diferentes escenarios con el modelo general | 101 |
| 6.3.1 | Escenario 1 | 101 |
| 6.3.2 | Escenario 2 | 102 |
| 6.3.3 | Escenario 3 | 102 |
| 6.4 | Análisis teórico del enfoque utilizando el modelo general de costo | 104 |
| 6.4.1 | Análisis del comportamiento del enfoque sobre el almacenamiento | 104 |
| 6.4.2 | Análisis del comportamiento de la eficiencia de las consultas | 105 |
| 6.5 | Conclusiones | 107 |

| | | |
|------------|---|------------|
| III | Procesamiento de consultas espacio-temporales complejas con SEST_L | 109 |
| 7 | Reunión espacio-temporal con el SEST_L | 110 |
| 7.1 | Introducción | 110 |
| 7.2 | Definición del problema | 111 |
| 7.3 | Algoritmo de reunión espacio-temporal basado en el SEST _L (RET) | 112 |
| 7.3.1 | Algoritmo para realizar la reunión espacio-temporal de dos bitácoras | 113 |
| 7.4 | Evaluación Experimental | 115 |
| 7.5 | Modelo de costo para RET | 117 |
| 7.5.1 | Definición del modelo de costo para RET | 118 |
| 7.5.2 | Evaluación del modelo | 120 |
| 7.6 | Conclusiones | 120 |
| 8 | Evaluación de consultas complejas con SEST_L | 121 |
| 8.1 | Introducción | 121 |
| 8.2 | Nuevos tipos de consultas espacio-temporales | 122 |
| 8.2.1 | Evaluación del vecino más cercano con el SEST _L | 122 |
| 8.2.1.1 | <i>K</i> - <i>NN</i> en bases de datos espaciales | 122 |
| 8.2.1.2 | El vecino más cercano con el SEST _L | 125 |
| 8.2.2 | Los pares de vecinos más cercanos | 126 |
| 8.2.2.1 | El par de vecinos más cercanos con el SEST _L | 128 |
| 8.2.3 | Consultas sobre patrones de movimiento | 130 |
| 8.2.4 | Consultas sobre patrones espacio-temporales | 130 |
| 8.2.4.1 | Evaluación de consultas STP con el SEST _L | 132 |
| 8.2.4.2 | Extensiones de las consultas STP | 133 |
| 8.3 | Algoritmo para evaluación de consultas STPWOR | 135 |
| 8.3.1 | Algoritmo basado en el SEST _L | 136 |
| 8.3.2 | Modelo de costo para el algoritmo STPWOR | 137 |
| 8.3.2.1 | Calculando el número (<i>nl</i>) y el tamaño (<i>bl</i>) de las bitácoras | 137 |
| 8.3.2.2 | Evaluación del modelo | 138 |
| 8.3.3 | Evaluación del algoritmo STPWOR | 139 |
| 8.4 | Conclusiones | 140 |
| 9 | Conclusiones y trabajo futuro | 143 |
| 9.1 | Conclusiones | 143 |
| 9.2 | Trabajo futuro | 145 |
| | Referencias | 147 |

Lista de Figuras

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | Tres tipos de datos espaciales: <i>punto</i> , <i>línea</i> y <i>región</i> | 9 |
| 2.2 | Relaciones topológicas binarias entre objetos de tipo <i>región</i> | 10 |
| 2.3 | Procesamiento de consultas espaciales usando un índice multidimensional o espacial [BKSS94]. | 13 |
| 2.4 | Ejemplo de un K-D-tree. | 15 |
| 2.5 | Ejemplo de un K-D-B-tree (tomado de [Rob81]). | 16 |
| 2.6 | Ejemplo de partición de los nodos de un K-D-B-tree. | 17 |
| 2.7 | Agrupaciones de MBRs generadas por un R-tree. | 18 |
| 2.8 | R-tree de los rectángulos de la Figura 2.7. | 18 |
| 2.9 | Distintas posibilidades de división de un nodo. (a) Mala división, (b) Buena división. | 22 |
| 2.10 | Rectángulos agrupados bajo la forma de un R^+ -tree. | 24 |
| 3.1 | Un punto en movimiento. | 32 |
| 3.2 | Ejemplo de la evolución de un conjunto de objetos. | 36 |
| 3.3 | Objetos espacio-temporales de la Figura 3.2 modelados en tres dimensiones (x, y, t) . Los cubos con su cara superior de color gris indican cubos completamente delimitados (A, B y G); los restantes cubos no se encuentran delimitados totalmente, ya que aún no se conoce el tiempo final de permanencia en su última posición. | 37 |
| 3.4 | 3D R-tree de los objetos de la Figura 3.3. | 37 |
| 3.5 | Objetos de la Figura 3.6 almacenados en un RT-tree. | 38 |
| 3.6 | Agrupación de los objetos de la Figura 3.2 para formar un RT-tree. | 38 |
| 3.7 | Objetos de la Figura 3.2 almacenados en un HR-tree. | 39 |
| 3.8 | Instancia de un MVB-tree. | 41 |
| 3.9 | Ejemplo de una partición por versión de un MVB-tree. | 41 |
| 3.10 | Ejemplo de una partición por versión seguida de una partición por clave en un MVB-tree. | 42 |
| 3.11 | Ejemplo de una versión débil en un MVB-tree. | 43 |
| 3.12 | Ejemplo de un MVR-tree. | 43 |
| 3.13 | Evolución de los métodos de acceso espacio-temporales utilizados para indexar la historia de los objetos espaciales. | 45 |
| 4.1 | Esquema general del SEST-Index. | 48 |
| 4.2 | Espacio utilizado por el SEST-Index. | 53 |
| 4.3 | Número de bloques accedidos por una consulta <i>time-slice</i> utilizando el SEST-Index (rango espacial formado por el $q\%$ de la longitud de cada dimensión). | 54 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.4 | Número de bloques accedidos por una consulta <i>time-interval</i> utilizando el SEST-Index (rango espacial formado por el $q\%$ de la longitud de cada dimensión y longitud del intervalo temporal igual a 5 unidades de tiempo). | 55 |
| 4.5 | Número de bloques accedidos por una consulta <i>time-interval</i> utilizando el SEST-Index (rango espacial formado por el $q\%$ de la longitud de cada dimensión y longitud del intervalo temporal igual a 10 unidades de tiempo). | 56 |
| 4.6 | Bloques accedidos por el SEST-Index para procesar consultas sobre eventos para 3.000 objetos. <i>SEST-Index(i-j)</i> indica consultas para conjunto de objetos con una movilidad de $i\%$ y el rango espacial de la consulta formado por $j\%$ de cada dimensión. | 56 |
| 4.7 | Bloques accedidos por el HR-tree y el SEST-Index para procesar consultas sobre eventos para 3.000 objetos. <i>XX(i%)</i> indica el SEST-Index o el HR-tree para consultas con rango espacial formado por $i\%$ de cada dimensión. | 57 |
| 4.8 | Crecimiento del tamaño del índice versus el porcentaje de movilidad (3.000 objetos). | 58 |
| 4.9 | Esquema general de la variante del SEST-Index. | 59 |
| 4.10 | Espacio utilizado por la variante, SEST-Index y HR-tree. | 59 |
| 4.11 | Bloques accedidos por una consulta de tipo <i>time-slice</i> con rango espacial de la consulta formado por el 10% de cada dimensión (HR-tree, SEST-Index y la variante). | 60 |
| 4.12 | Bloques accedidos por una consulta de tipo <i>time-interval</i> con rango espacial de la consulta está formado por el 10% de cada dimensión y longitud temporal de 10 unidades de tiempo (HR-tree, SEST-Index y la variante). | 61 |
| 4.13 | Estimación del almacenamiento ocupado por el SEST-Index | 65 |
| 4.14 | Estimación del rendimiento de las consultas <i>time-slice</i> por parte del modelo costo del SEST-Index | 66 |
| 4.15 | Estimación del rendimiento de las consultas <i>time-interval</i> por parte del modelo costo del SEST-Index | 66 |
| 5.1 | Esquema general del $SEST_L$ | 69 |
| 5.2 | Rendimiento del SEST-Index versus el $SEST_L$ (movilidad = 10%, longitud intervalo temporal = 10 y área formada por el 6% de cada dimensión). | 75 |
| 5.3 | Rendimiento del SEST-Index versus el $SEST_L$ (movilidad = 20%, longitud intervalo temporal = 20 y área formada por el 10% de cada dimensión). | 76 |
| 5.4 | Rendimiento del SEST-Index versus el $SEST_L$ (consultas <i>time-slice</i> , ambas estructuras usan la misma cantidad de almacenamiento). | 77 |
| 5.5 | Rendimiento del SEST-Index versus el $SEST_L$ (consultas sobre eventos). | 78 |
| 5.6 | Almacenamiento utilizado por el $SEST_L$ (estructura de datos original y ajustada) y el MVR-tree. | 80 |
| 5.7 | Bloques accedidos por el $SEST_L$ (estructura de datos original y ajustada) y el MVR-tree para consultas con diferentes longitudes del intervalo temporal (10% de movilidad y rango espacial formado por el 6% de la longitud de cada dimensión). | 81 |
| 5.8 | Bloques accedidos por el $SEST_L$ (estructura de datos original) y el MVR-tree para consultas con diferentes longitudes del intervalo temporal (5% de movilidad y rango espacial formado por el 6% de la longitud de cada dimensión). | 82 |

| | | |
|------|--|-----|
| 5.9 | Bloques leídos por consultas <i>time-slice</i> (1 unidad del intervalo temporal) para diferentes rangos espaciales. | 83 |
| 5.10 | Bloques leídos por consultas para diferentes rangos espaciales (4 unidades del intervalo temporal). | 83 |
| 5.11 | Bloques leídos por el SEST _L y el MVR-tree (5% de movilidad). | 84 |
| 5.12 | Bloques leídos por el SEST _L y el MVR-tree (10% de movilidad). | 85 |
| 5.13 | Evolución de un conjunto de objetos: (a) instante 1, (b) instante 100 and (c) instante 200. | 85 |
| 5.14 | Densidad de los MBRs de las bitácoras del SEST _L | 86 |
| 5.15 | Rendimiento de las consultas con el SEST _L utilizando los objetos del conjunto <i>NUD</i> | 87 |
| 5.16 | Estimación del almacenamiento utilizado por el SEST _L | 89 |
| 5.17 | Estimación del tiempo de las consultas (5% de movilidad y rango espacial de la consulta formado por el 6% de cada dimensión). | 89 |
| 5.18 | Estimación del tiempo de las consultas (10% de movilidad y rango espacial de la consulta formado por el 6% de cada dimensión). | 90 |
| 5.19 | Estimación del tiempo de las consultas (15% de movilidad y rango espacial de la consulta formado por el 6% de cada dimensión). | 90 |
| 5.20 | Estimación del tiempo de las consultas (10% de movilidad y longitud del intervalo temporal igual a 10). | 91 |
| 5.21 | Estimación del almacenamiento utilizado por el SEST _L considerando snapshots globales. | 93 |
| 5.22 | Estimación de la eficiencia de las consultas procesadas con el SEST _L considerando snapshots globales y distribución uniforme (rango espacial de las consultas formado por el 6% de cada dimensión). | 93 |
| 5.23 | Estimación de la eficiencia de las consultas procesadas con el SEST _L considerando snapshots globales y distribución uniforme (longitud del intervalo temporal igual a 40 unidades y $l_s = 1, 1$). | 94 |
| 5.24 | Estimación de la eficiencia de las consultas procesadas con el SEST _L considerando snapshots globales para el conjunto de datos <i>NUD</i> (5% y 10% de movilidad y un rango espacial formado por el 6% en cada dimensión). | 94 |
| 6.1 | Generalización del enfoque de snapshots y eventos. | 97 |
| 6.2 | Escenario 1: Longitud del intervalo temporal 10 y área formada por el 6% de cada dimensión. | 102 |
| 6.3 | Escenario 2: Longitud del intervalo temporal 10 y área formada por el 6% de cada dimensión. | 103 |
| 6.4 | Escenario 3: Movilidad de 10% (<i>ai</i> representa la longitud del intervalo temporal). | 104 |
| 6.5 | Un R-tree con las bitácoras en diferentes niveles. | 106 |
| 6.6 | Trade-off almacenamiento/eficiencia de las consultas (área de la consulta formada por el 10%, 20%, 30% y 40% de cada dimensión y longitud del intervalo temporal igual a 20 unidades de tiempo). | 108 |
| 7.1 | Grafo bipartito representando la reunión de bitácoras | 112 |

| | | |
|------|--|-----|
| 7.2 | Bloques o nodos accesados por una operación de reunión espacio-temporal considerando diferentes porcentajes de movilidad y utilizando el 3D R-tree (SJ) y el $SEST_L$ (RET). | 117 |
| 7.3 | Bloques accesados por una operación de reunión espacio-temporal usando el 3D R-tree (SJ) y el $SEST_L$ (RET) al considerar diferentes valores para Δd | 118 |
| 7.4 | Definición de variables utilizadas por el modelo de costo del algoritmo RET. | 119 |
| 7.5 | Capacidad de estimación del modelo de la eficiencia de RET. | 120 |
| 8.1 | Dos MBRs y sus correspondientes MINDIST y MINMAXDIST al punto P | 123 |
| 8.2 | Propiedad de los objetos espaciales y sus MBRs. | 124 |
| 8.3 | Dos instantes de tiempo que muestran cómo el teorema 8.2.2 no se cumple en el $SEST_L$ | 126 |
| 8.4 | Dos MBRs y las métricas definidas entre ellos. | 127 |
| 8.5 | Objetos moviéndose sobre un mapa particionado. | 130 |
| 8.6 | Una partición uniforme y la representación de celdas como listas ordenadas de identificadores de trayectorias. | 132 |
| 8.7 | Estrategia para evaluar consultas con restricciones sobre los desplazamientos de los objetos. | 135 |
| 8.8 | Ejemplo de una consulta STPWOR con tres predicados espaciales. | 137 |
| 8.9 | Rendimiento de las consultas STPWOR con el $SEST_L$ según el modelo de costo y experimental. | 139 |
| 8.10 | Rendimiento de las consultas de tipo STPWOR considerando diferentes número de predicados y cada predicado espacial formado con 1.5% de cada dimensión. | 141 |
| 8.11 | Rendimiento de las consultas STPWOR considerando rangos espaciales formados por diferentes porcentajes de cada dimensión y 10 predicados por consultas. | 142 |

Lista de Tablas

| | | |
|-----|---|-----|
| 4.1 | Porcentajes de ahorro de almacenamiento del SEST-Index conseguidos por medio de la estrategia de reutilización del espacio del HR-tree. | 53 |
| 4.2 | Variables utilizadas en la definición de los modelos de costos. | 62 |
| 4.3 | Resultados destacados de SEST-Index y la variante. | 67 |
| 5.1 | Resumen de las principales ventajas de SEST _L | 95 |
| 8.1 | Tipos de consultas espacio-temporales posibles de procesar con el SEST _L | 136 |

Lista de Algoritmos

| | | |
|------|---|-----|
| 2.1 | Algoritmo de búsqueda en un R-tree. | 19 |
| 2.2 | Algoritmo para insertar un MBR en un R-tree. | 19 |
| 2.3 | Algoritmo para seleccionar el nodo hoja del R-tree sobre el cual hacer la inserción. | 20 |
| 2.4 | Algoritmo para ajustar las áreas de los rectángulos de un R-tree, propagando hacia arriba una entrada cuando sea necesario. | 20 |
| 2.5 | Algoritmo para eliminar un objeto espacial del R-tree. | 20 |
| 2.6 | Algoritmo para encontrar el nodo hoja que contiene la entrada E del objeto a eliminar. | 21 |
| 2.7 | Condensar R-tree después de haber eliminado un entrada E | 22 |
| 2.8 | Algoritmo de orden cuadrático para dividir un nodo de un R-tree. | 23 |
| 2.9 | Algoritmo para seleccionar los rectángulos semillas. | 23 |
| 2.10 | Algoritmo para seleccionar siguiente entrada. | 23 |
| 2.11 | Algoritmo para procesar la reunión espacial utilizando R-trees de la misma altura. | 26 |
| 2.12 | Algoritmo para procesar la reunión espacial utilizando R-trees de diferente altura. | 27 |
| 4.1 | Algoritmo para procesar una consulta de tipo <i>time-slice</i> | 49 |
| 4.2 | Algoritmo para procesar una consulta de tipo <i>time-interval</i> | 50 |
| 4.3 | Algoritmo para procesar consultas sobre <i>eventos</i> | 51 |
| 4.4 | Algoritmo para actualizar la estructura del SEST-Index. | 52 |
| 5.1 | Algoritmo para procesar una consulta de tipo <i>time-slice</i> | 70 |
| 5.2 | Algoritmo para procesar una consulta de tipo <i>time-interval</i> | 71 |
| 5.3 | Algoritmo para procesar consultas sobre eventos. | 72 |
| 5.4 | Algoritmo para actualizar la estructura del SEST _L | 73 |
| 5.5 | Algoritmo que decide cuando crear un nuevo snapshot global. | 74 |
| 7.1 | Algoritmo para realizar reunión espacial de los Rp-trees. | 113 |
| 7.2 | Algoritmo para procesar la reunión espacio-temporal con el SEST _L | 114 |
| 7.3 | Algoritmo para obtener los pares de objetos e intervalo de tiempo de dos bitácoras que se intersectan tanto temporal como espacialmente. | 115 |
| 7.4 | Algoritmo para obtener las diferentes posiciones alcanzadas por los objetos y los intervalos de tiempo en que se mantuvieron en cada posición. | 116 |
| 8.1 | Algoritmo para encontrar el vecino más cercano a un objeto dado utilizando el SEST _L | 126 |
| 8.2 | algoritmo para encontrar el par de vecinos más cercanos entre dos conjuntos de objetos espaciales indexados por un R-tree. | 128 |
| 8.3 | algoritmo para encontrar los pares de vecinos más cercanos entre dos conjuntos de objetos espacio-temporales indexados por un SEST _L | 129 |
| 8.4 | Algoritmo para evaluar consultas sobre patrones de eventos. | 134 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 8.5 | Consultas que consideran desplazamiento de objetos en el tiempo. | 135 |
| 8.6 | Algoritmo general para resolver STPWOR con el $SEST_L$ | 137 |
| 8.7 | Algoritmo para mezclar listas. | 138 |