



MODELO ACTIVO PARA GESTIÓN DE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS DE VENEZUELA

(Active model to manage meteorological phenomena in Venezuela)

Recibido: 12/06/2011 Aceptado: 21/11/2011

Tovar, Elsa Liliana

Universidad de Carabobo, Venezuela

elsa.tovar@gmail.com

Chacón Arias, Edgardo

Universidad de Carabobo, Venezuela

ealechacon@gmail.com

RESUMEN

Enormes cantidades de datos climatológicos se utilizan para generar pronósticos y alertas de emergencias. Las herramientas computacionales vinculadas a mediciones de variables meteorológicas, se centran en capturar y almacenar datos en repositorios. Pero, guardar datos de esta manera limita el potencial de procesamiento eficiente de la información para prevenir fenómenos peligrosos o efectuar alertas tempranas. Esto sucede porque los modelos de datos meteorológicos existentes no expresan el comportamiento reactivo, y las bases de datos no generan automáticamente alertas por eventos producidos sino que los delegan al meteorólogo o a una aplicación de usuario. Este trabajo presenta un modelo de datos activo, implementado con reglas activas dentro del servidor de una base de datos de código abierto. Se modeló la semántica de la reactividad de datos climatológicos del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar. La solución se comparó con un sistema Cliente/Servidor midiendo el tiempo de ejecución. Los resultados muestran la superioridad del procesamiento con reglas activas donde el tiempo de respuesta es 1000 veces menor, incluso, en bases de datos pequeñas. El tiempo de ejecución de las reglas activas creció linealmente respecto al tamaño de la base de datos, mientras que el del sistema Cliente/Servidor creció exponencialmente.

Palabras claves: Reglas ECA, Reactividad, Comportamiento reactivo, Modelo de datos, Datos meteorológicos.

ABSTRACT

Huge amount of climatological data are used for generating forecasts and emergency alerts. Software relates to measurements of meteorological variables, they centre on capturing and storing data in repositories. But, to store data hereby limits the potential of efficient processing of information to anticipate on dangerous phenomena or to generate early alerts. This happens because the existing meteorological data models, do not express the reactivate behavior and, this way, the databases do not generate automatically alert for produced events but they delegate that task to the meteorologist or a user's application. This work presents an active data model, implemented with active rules inside the server of an opened code database. Active rules model the semantics of



the reactivity of climatological data of the Servicio de Meteorología de la Aviación Militar. Time of execution was measured to compare active rules with a Client/Server application. Results show the superiority of the processing with active rules where the time of response is 1000 times minor, even, in small databases. The time of execution of the active rules grew linearly with respect to the size of the database, whereas that of the Client/Server grew exponentially.

Keywords: ECA rules, Reactivity, Reactive behavior, Data model, Meteorological data.

1. INTRODUCCIÓN

La integración de las tecnologías de la computación a diferentes disciplinas y organizaciones tiene un potencial enorme. Tal es el caso de la automatización de tareas de procesamiento de datos, pues ello permite independizar a las organizaciones del diseño de mecanismos de mantenimiento de información ofreciendo una alternativa oportuna para la toma de decisiones o detección de situaciones críticas en las diversas actividades que se realizan a diario.

La visión de las bases de datos como medios que ofrecen almacenamiento a datos estructurados, con garantía de integridad y consistencia, fue enriquecida con la incorporación del comportamiento reactivo de los datos en las bases de datos activas (Morgenstern, 1983). Estos sistemas de bases de datos fueron concebidos para realizar la monitorización de situaciones (eventos) y la automatización de procesos que antiguamente solo un usuario podría realizar.

Sin embargo, esta ventaja ha sido poco aprovechada en el dominio de conocimiento de la meteorología. Los servicios de meteorología venezolanos poseen abundante cantidad de datos climatológicos, tal es el caso del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar venezolana que guarda datos desde 1943 (Servicio de Meteorología de la Aviación Militar, 2010). Los datos meteorológicos están registrados y almacenados en grandes bases de datos y en archivadores. El actual modelo de datos está orientado al manejo del negocio, es decir, expresa conceptos vinculados con: las estaciones climatológicas generadoras de datos, el personal que toma las mediciones y las envía, los reportes y pronósticos elaborados y los códigos metar de uso aeronáutico internacional.

Ese modelo de datos no está centrado en el significado y el comportamiento de los datos, esto quiere decir que los datos no expresan conceptos propios del dominio de conocimiento meteorológico. Por esta razón, cada vez que se generan condiciones climatológicas críticas -que puedan advertir sobre un fenómeno peligroso- no existe la posibilidad de ejecutar procesos eficientes y automatizados para detectarlos, sino que es responsabilidad del personal de climatología o del meteorólogo de turno diagnosticar e informar sobre ese evento.

Ese enfoque del procesamiento de los datos es típico de los sistemas de bases de datos tradicionales, en los cuales el esquema lógico solo expresa un comportamiento estático de los datos, por lo que se delega en el usuario la responsabilidad de manejar los



cambios que deben sufrir los datos a medida que ocurren eventos y condiciones que los afecten (Silberschatz, 2007).

Las bases de datos activas liberan a las aplicaciones de la intervención del usuario para el manejo de la actualización de los datos, permitiendo que esta se realice automáticamente. En ellas se introduce una nueva dimensión de independencia de los datos llamada "independencia del conocimiento" (Marqués, 2002), donde los usuarios no necesitan de la modificación continua de la información, sino que tienen codificado cómo deben cambiar de acuerdo a la ocurrencia de un evento. Este trabajo de grado aborda el problema del manejo y comportamiento reactivo de los datos a través de reglas activas (Paton y Díaz, 1999), que permita modificar los datos que exhiben comportamiento reactivo en los repositorios de información sobre parámetros climáticos de los servicios de meteorología.

Además, presenta un aporte inédito sobre la conceptualización de los eventos climatológicos peligrosos en Venezuela. Los eventos identificados en esta investigación se caracterizaron mediante el estudio de los valores críticos de las variables meteorológicas que los generan y que en éste trabajo han sido incorporadas como parte del modelo de datos activo.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Según Mundo, (2007), la base de datos del sistema de pronóstico de fenómenos intensos para el estado de Chiapas en México. Este sistema es un gestor de bases de datos (MySQL) que permite registrar con detalle los daños causados por fenómenos hidrometeorológicos extremos. Esta base de datos permite actualizar la información de daños conforme estos se vayan generando y elaborar reportes de algún evento en particular, lo que permite que esta investigación sea un gran aporte para el diseño y modelado de la base de datos.

Vázquez (2006) presenta los resultados de un foro sobre la realización de una mejora de la base de datos climática del estado de Veracruz, con el fin de fortalecerla y de esta manera dar respuesta oportuna y eficiente en materia de datos climáticos a los sectores usuarios y a la comunidad científica mexicana. Esta base de datos no da respuesta a eventos, es decir, no informa al usuario de posibles anomalías que se presenten en el clima en algún momento determinado.

Por su parte, Medina (2005) propone un marco teórico para el desarrollo y análisis de reglas de producción basado en un modelo extendido de Redes de Petri que contiene las características de los elementos (Evento, Condición y Acción) de una regla ECA; en ese trabajo se ofrece una base teórica para el desarrollo, análisis, simulación y ejecución de reglas ECA, aplicadas en diferentes sistemas activos de Base de Datos.

Vivar (2003) presenta las bases teóricas de los sistemas administradores de bases de datos relacionales activas y orientadas a objetos, se presenta la arquitectura básica de las bases de datos activas, y se realiza el estudio de las reglas activas y disparadores (triggers) en los sistemas de bases de datos.



En la Universidad de Carabobo se plante  el diseño e implementación de una aplicación para el monitoreo y registro en una base de datos de un conjunto de variables que pudiesen afectar el rendimiento o la seguridad de los nodos de REDIUC, a través de la utilización de reglas para inferir eventos que permitan prevenir todos aquellos escenarios que perjudiquen la seguridad de la red universitaria (Flores, 2002).

En ese trabajo, el control de eventos que indican una situación de peligro para los nodos, se hace de forma automatizada al captar una señal de anomalía registrada por un sensor ubicado en el nodo. Lavell (1999) realizó un monitoreo de información georeferenciada y temática sobre eventos dañinos, para el análisis estadístico, temporal y geográfico de distintos países latinoamericanos, sin embargo, ese trabajo no está orientado a dar respuesta a eventos en tiempo real sobre la base de datos meteorológicos almacenados.

3. METODOLOGÍA

La investigación está guiada por la estrategia de investigación empírica denominada "Investigación Acción" (Baskerville, 1999), que utiliza una combinación de metodologías cuantitativas y cualitativas, que se detallan a continuación:

1. Fase de diagnóstico: está relacionada con la identificación y descripción de la situación actual.
2. Fase de planificación de la acción: define las acciones que deben ser ejecutadas para mejorar el problema.
3. Fase de implementación de la acción: se lleva a cabo la acción planificada.
4. Fase de evaluación: una vez culminadas las acciones, se evalúan las salidas obtenidas.
5. Fase de especificación del aprendizaje: corresponde a la reflexión sobre los resultados de la fase de evaluación, lo cual podría dar inicio a una nueva iteración.

Por otro lado, ya que la investigación comprende la fase de desarrollo de software en el área de grandes repositorios de datos, se siguió el "Modelo de Ciclo de Vida de Desarrollo de Software" (Silberschatz, 2007) a fin de analizar, diseñar e implementar una herramienta de software que codificara el comportamiento activo de los datos y permitiera desarrollar los algoritmos que implementan la gestión de la reactividad de los datos.

4. RESULTADOS

4.1. FASE DE DIAGNÓSTICO

Esta fase de la investigación consistió de dos objetivos. El primero de ellos fue identificar los problemas básicos que subyacen al modelado del dominio de los fenómenos atmosféricos. El segundo objetivo fue definir el comportamiento reactivo de los



datos del dominio meteorológico mediante una revisión del estado del arte sobre los conceptos climáticos.

En esta fase, se realizó un estudio enfocado en analizar las reglas Evento-Condic n-Acción (ECA) y los disparadores (triggers) en los sistemas de bases de datos, además, se hizo una revisión bibliográfica en el manejo de la reactividad de los datos y se identificaron las características de los enfoques existentes para procesar comportamiento reactivo de los datos. Para completar esta fase de la investigación, se estudi  y definió el dominio de los fenómenos atmosféricos con el fin de manejar adecuadamente los conceptos sobre datos climatológicos. Los resultados del diagnóstico se concentraron en los siguientes puntos:

- Estudio y compresión de los conceptos que forman parte del área de bases de datos activas, con la finalidad de tener presentes las características fundamentales que un sistema de base de datos debe ofrecer, para ser considerado como un sistema activo.
- Evaluación de los trabajos relacionados en el área de reactividad de los datos, reglas ECA y fenómenos atmosféricos, así como las ventajas y desventajas que presentan los trabajos propuestos en el  rea.
- Incorporación del comportamiento reactivo de los datos definiendo un conjunto de reglas ECA que serán insertadas en el esquema de una base de datos relacional que simulara la semántica de la reactividad de los datos climatológicos que se manejan en los servicios de meteorología de Venezuela.

4.2. FASE DE PLANIFICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA ACCIÓN

Una vez realizado el diagnóstico, se procesó a planificar el trabajo a realizar. El plan de trabajo se definió de la siguiente manera:

1. Revisión bibliográfica. Estudio de los trabajos relacionados y antecedentes, así como análisis de las propuestas existentes que más se aproximan a la solución del problema.
2. Estudio y definición del dominio de los fenómenos atmosféricos tal como está conceptualizado por los servicios de meteorología que operan en el país.
3. Elaboración de una propuesta para la representación del dominio de los fenómenos atmosféricos en un modelo de datos dinámico para bases de datos activas.

En esta fase se conceptualizaron los eventos meteorológicos de riesgo como reglas con el nombre representativo del fenómeno. Cada una de estas reglas se compone de las variables meteorológicas que generan situaciones de alerta. En la tabla 1 se muestran los valores que representan los rangos críticos de las variables meteorológicas.

4.3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Esta fase de la investigación se caracterizó por la propuesta, el diseño y la implementación de los puntos establecidos en el plan de trabajo de la fase anterior. La solución planteada se enmarca dentro de los desarrollos llamados fuertemente acoplados, pues se logró codificar el comportamiento reactivo de los datos dentro de los programas que ejecuta un servidor de bases de datos. Las reglas activas se compilaron solo una vez dentro del sistema de gestión de base de datos PostgreSQL, y se vincularon con los datos para su ejecución automática. El análisis, diseño e implementación de los algoritmos siguieron el modelo de ciclo de vida de desarrollo de software.

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El procesamiento reactivo de los datos se describe en la figura 1. Hay dos formas de hacer el procesamiento reactivo en una base de datos: el enfoque tradicional y el enfoque activo. El enfoque tradicional está basado en la arquitectura Cliente/Servidor. Consiste en procesar la reactividad de los datos implementando a nivel de programa una regla activa por cada evento que afecte a los datos de la base de datos. Estas reglas activas tienen la estructura sintáctica y semántica de las reglas ECA.

Tal como se aprecia en la figura 1, cada vez que la aplicación debe procesar un evento, hace una consulta al servidor de la base de datos, el servidor debe compilar la consulta extrayendo las cláusulas del SQL y evaluándolas para obtener los datos. Si la respuesta es vacía, se entiende que la condición de la regla ECA es falsa y no cambian los datos con comportamiento reactivo. Si por el contrario, la respuesta no es vacía se ejecuta la acción de la regla ECA que se traduce como una nueva consulta que debe ser compilada por el servidor para finalmente reflejar los cambios en la base de datos.

Tabla 1. Eventos meteorológicos con los valores críticos de las variables que los generan

	Eventos	Variable/Eventos	Rangos
R1	Precipitación abundante (1 hora)	Precipitación	milímetros > 30
R2	Precipitación peligrosa (12 horas)	Precipitación	milímetros > 60
R3	Ráfagas de viento	Viento	nudos > 25
R4	Mucha humedad	Humedad	porcentaje > 75
R5	Alta temperatura	Temperatura Evaporación Radiación Insolación	grados > 35 milímetros ≥ 10 nanómetros ≥ 1200 horas ≥ 4
R6	Sensación térmica	Mucha humedad Temperatura	porcentaje > 75 grados > 35
R7	Sensación térmica	Alta temperatura Humedad	grados > 35 milímetros ≥ 10 nanómetros ≥ 1200 horas ≥ 4 porcentaje > 75
R8	Incendio forestal	Sensación térmica Temperatura	grados > 37 milímetros ≥ 10 nanómetros ≥ 1200 horas ≥ 4 porcentaje > 75

Cont. Tabla 1:



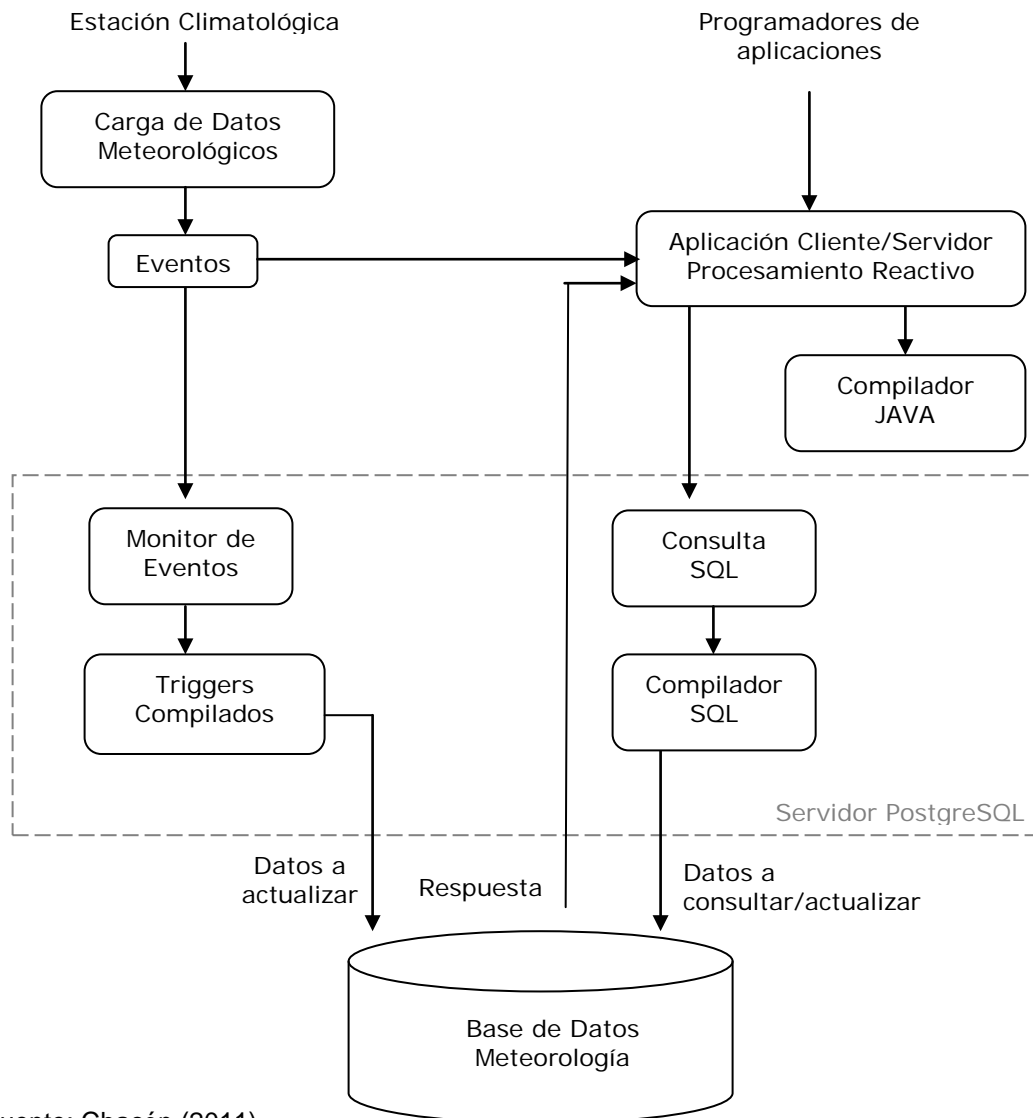
R9	Cúmulo nimbos	Sensación térmica Nubosidad	grados > 35 milímetros ≥ 10 nanómetros ≥ 1200 horas ≥ 4 porcentaje > 75 octavos > 4
R10	Baja presión	Presión atmosférica	milibares ≥ 850
R11	Tormenta	Mucha humedad Temperatura Nubosidad Presión atmosférica	grados > 35 milímetros ≥ 10 nanómetros ≥ 1200 horas ≥ 4 porcentaje > 75 octavos > 4 milibares ≥ 850
R12	Tormenta	Mucha humedad Temperatura Nubosidad Presión atmosférica	porcentaje > 75 grados > 35 octavos > 4 milibares ≥ 850
R13	Tormenta	Alta temperatura Humedad Nubosidad Presión atmosférica	grados > 35 milímetros ≥ 10 nanómetros ≥ 1200 horas ≥ 4 porcentaje > 75 octavos > 4 milibares ≥ 850
R14	Tormenta	Baja presión Temperatura Humedad Nubosidad	milibares ≥ 850 grados > 35 porcentaje > 75 octavos > 4
R15	Lluvia abundante	Precipitación abundante (1 hora) Evaporación	milímetros > 30 milímetros ≥ 10
R16	Lluvia abundante	Precipitación abundante (12 horas) Evaporación	milímetros > 60 milímetros ≥ 10
R17	Sequía	Alta temperatura Precipitación	grados > 35 milímetros ≥ 10 nanómetros ≥ 1200 horas ≥ 4 milímetros < 30

Fuente: Chacón (2011).

El otro enfoque para procesar la reactividad es el que se propone en este trabajo llamado el enfoque activo. Este enfoque consiste en la implementación de las reglas activas como triggers. La idea central de este enfoque es incorporar el comportamiento reactivo como parte del modelo de datos y asociarlo directamente a las tablas sin que medie ninguna aplicación.

En la figura 1, se observa que los triggers están compilados dado que ellos se crearon cuando se estableció la base de datos. Un módulo Monitor de Eventos captura la inserción de datos meteorológicos en la base de datos; dado que los triggers se disparan o ejecutan cuando ocurren los eventos estos consultan directamente la base de datos y modifican los datos reactivos.

Figura 1. Arquitectura del software para procesamiento de la reactividad de los datos meteorológicos



Fuente: Chacón (2011).

6. EVALUACIÓN DEL SISTEMA

La fase de evaluación se hizo a través de un estudio experimental, cuyo propósito fue comparar la solución propuesta, basada en reglas activas, contra el procesamiento tradicional basado en aplicaciones de usuario, cuya ejecución se realiza en el cliente para una arquitectura Cliente/Servidor. La comparación estuvo basada en la métrica del tiempo de respuesta para tamaños pequeños y grandes de la base de datos.



6.1. ESTUDIO EXPERIMENTAL

Para medir la eficiencia, se us  la métrica del tiempo de respuesta en ambos sistemas: el sistema reactivo (Reglas Activas) y el sistema cliente servidor (Cliente/Servidor). En este caso, se entiende por tiempo de respuesta: la rapidez del procesamiento de la reactividad obtenida en tiempo de ejecución. El tiempo de respuesta permitió mostrar el rendimiento que tuvieron en distintos escenarios los dos modos de procesamiento reactivo, para posteriormente observar su comportamiento en tablas y gráficas.

6.1.1. CONFIGURACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Todos los experimentos fueron ejecutados en una máquina con procesador Intel® Core™ i3, en el lenguaje de programación Java y con una memoria principal de 3GB. Se programó el sistema de reglas activas en el lenguaje de programación estructurada con sentencias SQL, llamado pSQL, que es compilado por el SGBD relacional PostgreSQL. Cada regla activa fue definida como un trigger dentro del servidor de la base de datos y se asoció a las tablas correspondientes.

Por otra parte, se programó una aplicación Cliente/Servidor en el lenguaje de programación Java, cuya funcionalidad se centr  en gestionar los cambios de los datos meteorológicos asociados a las operaciones de inserción o eliminación de datos, conceptualizando a estas operaciones como eventos t picos sobre la base de datos.

Se programó un generador de datos meteorológicos en lenguaje Java que permitió cargar todas las tablas de la base de datos con valores adecuados para cada variable meteorológica. El generador de datos fue usado para crear tres tamaños diferentes de la base de datos, uno pequeño, uno mediano y otro grande, tal como lo muestra la tabla 1.

Debido a que los eventos se generan cuando se hacen inserciones en la base de datos, la tabla 1 también muestra que para cada tamaño de la base de datos se insertaron diferentes cantidades de valores a las variables meteorológicas con comportamiento reactivo. Esto permitió probar ambos sistemas en las mismas condiciones experimentales.

Tabla 2. Tamaños usados para la base de datos y cantidad de datos insertados para generar eventos

Tamaño de la base de Datos	Sistema					
	Reglas Activas			Cliente/Servidor		
1Mb	1Mb	10Mb	20Mb	1Mb	10Mb	20Mb
10Mb	1Mb	10Mb	20Mb	1Mb	10Mb	20Mb
20Mb	1Mb	10Mb	20Mb	1Mb	10Mb	20Mb

Fuente: Chacón (2011).



6.1.2. OBJETIVO

El objetivo de los experimentos realizados consistió en disparar (obligar a ejecutar) todas las reglas activas, identificadas en el modelo de datos del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar, de la siguiente manera:

- a. Disparar los 17 eventos asociados a las reglas activas para distintos tamaños de la base de datos.
- b. Disparar los 17 eventos, programados como reglas ECA, en la aplicación Cliente/Servidor para distintos tamaños de la base de datos.

6.1.3. HIPÓTESIS

Debido a la diferencia de enfoques entre el procesamiento de la reactividad basado en reglas activas definidas dentro del servidor PostgreSQL y el procesamiento basado en la lógica funcional de una aplicación Cliente/Servidor, se tuvo la hipótesis que el tiempo de respuesta del enfoque de las reglas activas será menor que el de la aplicación, debido a que el primero es fuertemente acoplado y el segundo no.

6.1.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de las pruebas diseñadas. En La figura 2, se observan los resultados para 1Mb de datos ingresados en la base de datos para los tres tamaños establecidos. Se observa que la sumatoria del procesamiento de las reglas activas se aproxima a: 3 segundos en las bases de datos pequeñas, 20 segundos en las bases de datos medianas y 55 segundos en las bases de datos grandes.

Aunque el tiempo de respuesta crece al aumentar el tamaño de la base de datos, la tasa de crecimiento es 6 veces mayor de una base de datos pequeña a una mediana y apenas el doble de una base de datos mediana a una grande. Lo que sugiere que si la base de datos crece más allá de los 20 Mb -lo que es improbable en el dominio de los datos meteorológicos del Servicio de Meteorología de la Aviación Militar- los tiempos de respuesta no serán mucho mayores a uno o dos segundos.

La razón de este resultado puede deberse al hecho que el tiempo de ejecución de una regla activa se compone del tiempo de hacer una consulta para verificar si el evento afectará a los datos reactivos más el tiempo de modificar los datos reactivos en caso que la respuesta a la consulta no sea vacía. Una vez que la consulta es compilada, ella es guardada por el servidor de PostgreSQL para ser ejecutada cada vez que se dispare el mismo evento. Así que lo que hace aumentar el tiempo de respuesta es el componente de modificaciones a datos reactivos, este tiempo será mayor en la medida que haya más datos que modificar y esto se cumple si se aumenta el tamaño de la base de datos.

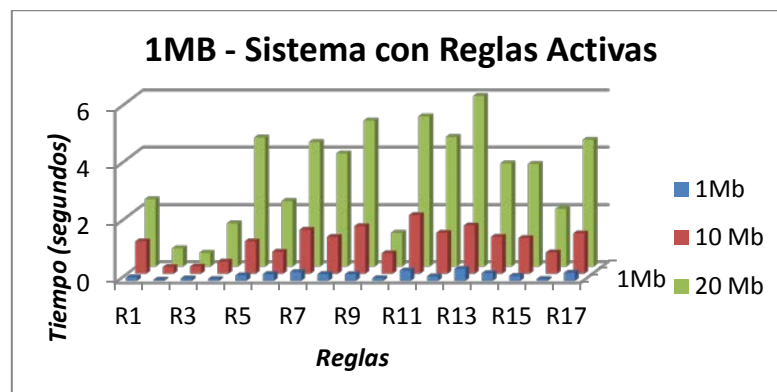
En la figura 3, aparecen los resultados del sistema Cliente/Servidor. Se observa un tiempo de respuesta aproximado de 588 segundos en bases de datos pequeñas, 21.225 segundos en las medianas y 377.334 segundos en las bases de datos grandes, la tasa de

aumento en el tiempo de respuesta en la aplicación Cliente/Servidor luce exponencial con respecto al aumento del tamaño de la base de datos.

Esto se debe a que, a diferencia de las Reglas Activas definidas como “trigger”, la aplicación corre fuera del servidor lo que implica que cada consulta para chequear si los datos reactivos deben cambiar con cada inserción, se compila cada vez que se ejecuta el procesamiento reactivo ya que ellas no son guardadas dentro del servidor.

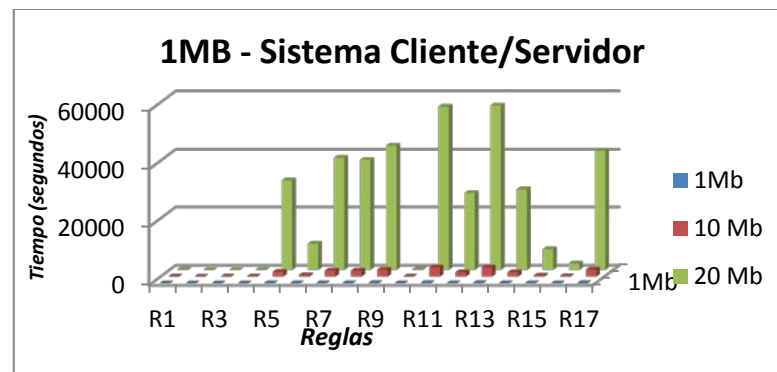
Los tiempos de respuestas obtenidos con el procesamiento con Reglas Activas son menores en todos los casos con respecto al procesamiento con la aplicación Cliente/Servidor, a razón de: 200 veces menor en las bases de datos pequeñas, 1.000 veces menor en las bases de datos medianas y 7.000 veces menor en las bases de datos grandes.

Figura 2. Tiempo de respuesta del sistema de Reglas Activas para tres tamaños de la base de datos y 1 Mb de datos ingresados para activar cada regla



Fuente: Chacón (2011).

Figura 3. Tiempo de respuesta del sistema Cliente/Servidor para tres tamaños de la base de datos y 1 Mb de datos ingresados para activar cada regla

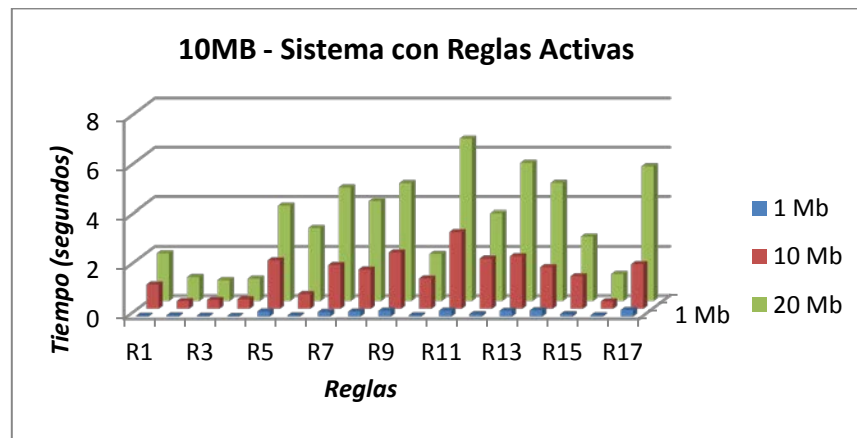


Fuente: Chacón (2011).

En la figura 4 se observan los resultados para 10Mb de datos ingresados en la base de datos para los tres tamaños establecidos. Se observa que la sumatoria del procesamiento de las reglas activas se aproxima a: 2 segundos en las bases de datos pequeñas, 23 segundos en las bases de datos medianas y 56 segundos en las bases de datos grandes.

De igual forma que con 1Mb de datos ingresados en la base de datos, el tiempo de respuesta crece al aumentar el tamaño de la base de datos, la tasa de crecimiento es de 11 veces mayor de una base de datos pequeña a una mediana y del doble de una base de datos mediana a una grande.

Figura 4. Tiempo de respuesta del sistema de Reglas Activas para tres tamaños de la base de datos y 10 Mb de datos ingresados para activar cada regla



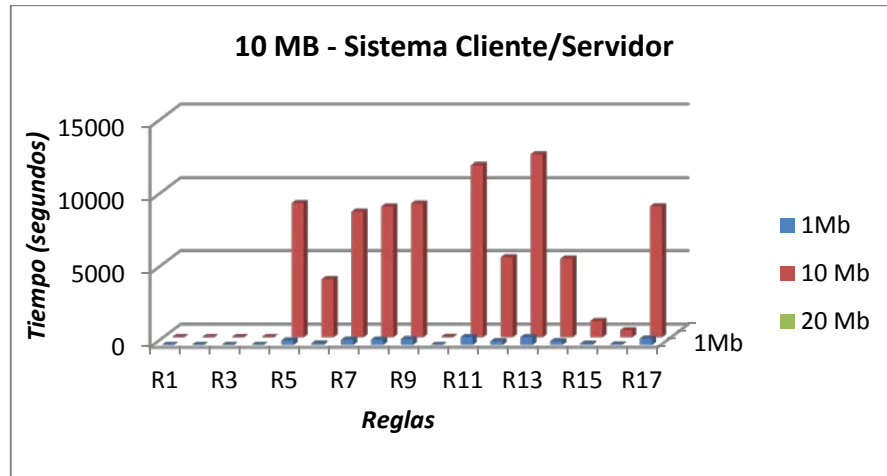
Fuente: Chacón (2011).

En la figura 5 se exponen los resultados del sistema Cliente/Servidor. Se observa la totalidad del tiempo de respuesta de 3.682 segundos en bases de datos pequeñas y 85.208 segundos en las medianas, la tasa de crecimiento es de 23 veces mayor de una base de datos pequeña a una mediana.

Es de hacer notar que la columna vacía representa el costo en tiempo que le llevo al sistema Cliente/Servidor manejar esa cantidad de información, lo que condujo a un costo muy elevado en el tiempo de respuesta (superior a tres días) y, por ende, la prueba fue interrumpida. Una vez más, se percibe el crecimiento exponencial del tiempo de respuesta respecto al aumento del tamaño de la base de datos.

Se observa un comportamiento similar al obtenido con 1Mb de datos ingresados en la base de datos, pues los tiempos de respuestas logrados con el procesamiento con Reglas Activas son menores en todos los casos con respecto al procesamiento con la aplicación Cliente/Servidor, a razón de: 1.800 veces menor en las bases de datos pequeñas y 3.700 veces menor en las bases de datos medianas.

Figura 5. Tiempo de respuesta del sistema Cliente/Servidor para tres tamaños de la base de datos y 10 Mb de datos ingresados para activar cada regla



Fuente: Chacón (2011).

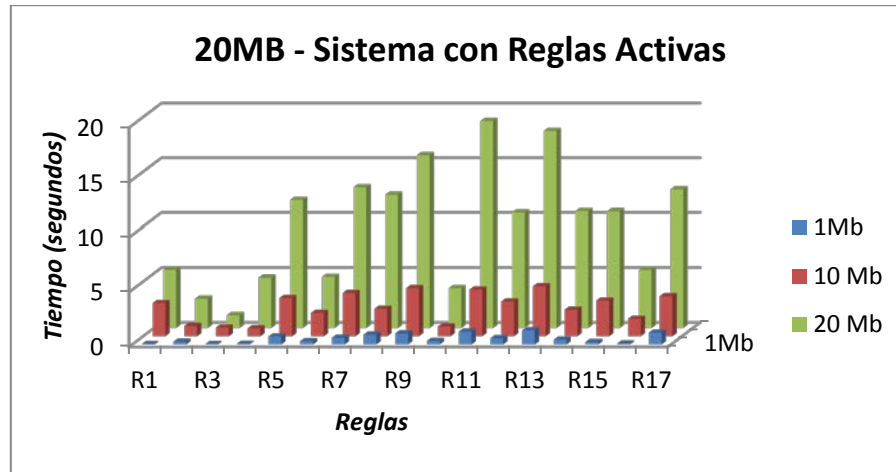
En la figura 6, se aprecian los resultados para 20Mb de datos ingresados en la base de datos para los tres tamaños establecidos. Se observa que la sumatoria del procesamiento de las reglas activas se aproxima a: 8 segundos en las bases de datos pequeñas, 45 segundos en las bases de datos medianas y 161 segundos en las bases de datos grandes.

De igual forma que las pruebas anteriores, el tiempo de respuesta crece al aumentar el tamaño de la base de datos, la tasa de crecimiento es de 5 veces mayor de una base de datos pequeña a una mediana y del triple de una base de datos mediana a una grande.

En la figura 7, se muestran los resultados del sistema Cliente/Servidor. Se observa la totalidad del tiempo de respuesta de 9.333 segundos en bases de datos pequeñas. Una vez más las columnas vacías representan el costo en tiempo que le llevó al sistema Cliente/Servidor manejar esa cantidad de datos, lo que condujo a un costo muy elevado de respuesta superior a cinco días y, por ende, la prueba fue interrumpida para ambos casos.

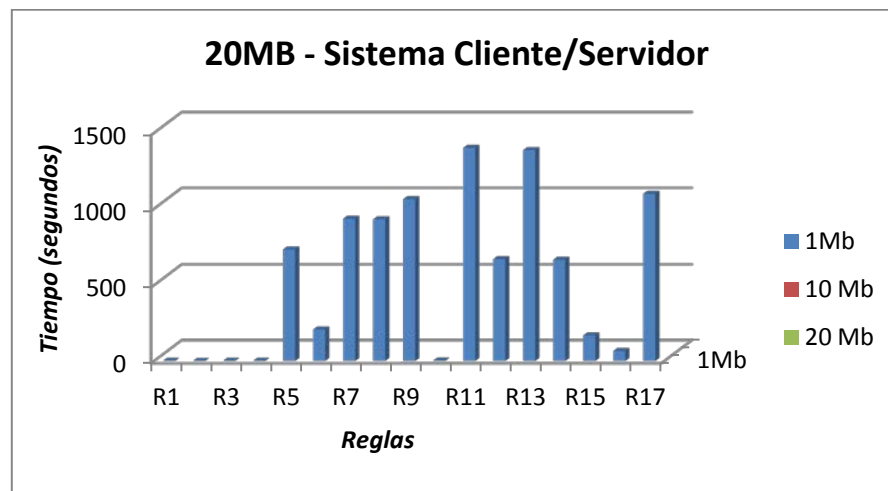
Es evidente la diferencia en tiempos de ambos sistemas, el sistema Cliente/Servidor, en todos los casos, tomó un tiempo de respuesta considerablemente grande con respecto al de las Reglas Activas. Incluso fue necesario interrumpir el experimento en dos de las tres pruebas. Por su parte, el sistema con Reglas Activas tuvo un comportamiento tan eficiente en tiempo de respuesta que, incluso, en el escenario más cercano al mejor tiempo de respuesta del Cliente/Servidor (en las bases de datos pequeñas) fue 1.100 veces menor.

Figura 6. Tiempo promedio de respuesta del sistema de Reglas Activas para tres tamaños de la base de datos y 20 Mb de datos ingresados para activar cada regla



Fuente: Chacón (2011).

Figura 7. Tiempo promedio de respuesta del sistema Cliente/Servidor para tres tamaños de la base de datos y 20 Mb de datos ingresados para activar cada regla



Fuente: Chacón (2011).

CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación permitió diseñar e implementar una aplicación para el procesamiento reactivo de los datos que corresponden con las variables meteorológicas de Venezuela, manejadas por el Servicio de Meteorología de La Aviación Militar.



El modelo de datos activos propuesto y probado en este trabajo representa una herramienta formal que facilita la transformación y mantenimiento de la base de datos, a la vez que, hace posible lograr la escalabilidad conceptual añadiendo nuevos conceptos a los ya modelados, agregando nuevas reglas activas y más variables meteorológicas. Esto resulta de importancia debido a que las áreas de cambio climático, manejo de riesgos debido a desastres naturales, prevención y autoprotección son campos de investigación de interés nacional.

Implementar reglas activas como programas que se ejecutan dentro del servidor de un sistema de gestión de bases de datos relacional, representa una alternativa ideal para la construcción de bases de datos que simulen un comportamiento activo sin tener que instalar programas o suplementos computacionales – no embebidos en el servidor – para lograr el procesamiento reactivo.

A partir de los resultados del estudio experimental se puede concluir que el sistema basado en Reglas Activas es más eficiente que el sistema Cliente/Servidor para el procesamiento del comportamiento reactivo de los datos almacenados en una base de datos de variables meteorológicas como las que maneja el Servicio de Meteorología de La Aviación Militar de Venezuela.

Esto trae como conclusión que los sistemas que incorporan el procesamiento de la reactividad dentro del esquema de datos, resultan más competitivos que aquellos que procesan la reactividad separándola del modelo de datos como suele ocurrir en los sistemas que usan bases de datos tradicionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baskerville, R. (1999). Investigating Information Systems with Action Research. Communications of the Association for Information Systems, Vol. 2, Art. 19.
- Chacón, E. (2011). Sistema para el Procesamiento Reactivo de los Parámetros Climáticos del Dominio de los Fenómenos Atmosféricos en Venezuela. Trabajo Especial de Grado, Licenciatura en Computación. Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología. Universidad de Carabobo. Venezuela.
- Flores, A. (2002). Diseño e implantación de una aplicación para el monitoreo de las magnitudes físicas involucradas en la seguridad de los nodos de Rediuc. Venezuela. Publicaciones de la Universidad de Carabobo.
- Lavell, A. (1999). Los desastres en América latina. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Red de Estudios Sociales. Costa Rica. FLACSO.
- Marqués, M. (2002). Base de Datos Activas. Diseño de Sistemas de Base de Datos. Documento en línea. Disponible en: <http://www3.uji.es/~mmarques/e16/teoria/cap1.pdf>. Consulta: 21/02/2011.



- Medina, J. (2005). Desarrollo de reglas ECA en base de datos, un enfoque de red de Petri. México. Publicaciones del Centro de investigación y de estudios avanzados del IPN.
- Morgenstern, M. (1983). Active Databases as a Paradigm for Enhanced Computing Environments. Proceeding VLDB '83 Proceedings of the 9th International Conference on Very Large Data Bases Morgan Kaufmann Publishers Inc. October, USA.
- Mundo, M. (2007). Base de datos del sistema de pronóstico de fenómenos intensos para el estado de Chiapas. México. Publicaciones de la Universidad Autónoma de Chiapas.
- Paton, N. y Díaz, O. (1999). Active Data base Systems. Reino Unido. Universidad de Manchester.
- Servicio de Meteorología de la Aviación Militar (2010). Reseña histórica del Servicio de Meteorología de la Aviación. Documento en línea. Disponible en: http://www.meteorologia.mil.ve/index_quienes.php. Consulta: 05/01/2010.
- Silberschatz, A. (2007). Diseño de bases de datos. México. McGraw Hill.
- Vázquez, J. (2006). Datos climáticos de la república mexicana: panorama actual y requerimientos inmediatos. 1er Foro del medio Ambiente Atmosférico en el estado de Veracruz. Mayo, México.
- Vivar, X. (2003). Sistemas de base de datos activas: disparadores y reglas. Guatemala. Publicaciones de la Universidad de San Carlos.