

Analysis of Server Performance on a Software Development Project

Javier Heredia Ruiz, Ing.¹

¹ Universidad de las Ciencias Informática (UCI), La Habana, jheredia@uci.cu

Abstract— The following paper studies performance indicators and analyses servers' performance in ERP-Cuba project, which belong to Entity Management Informatization Centre (CEIGE). To achieve this goal firstly a study on performance indicators is carried out, in order to calculate servers' performance in the project. Particularities of performance indicators' characteristics are taken into account, emphasizing in the ones which are especially used in this ambit. The selection system for a software platform to assess performance is explained, clarifying there are several methods to determine if the platform selected reaches the performance goal. An analysis of Kendall's notation is realized, it is used to describe a queueing system, defining its characteristics. Necessary elements to calculate servers' performance are defined, such us: server utilization rate, waiting time, along with Procedure for performance evaluation and optimization. After that, design of current distribution of servers in ERP project, and performance calculation are carried out, once the results have been obtained, can be appreciated this topic is far away from improvement, above all because is complicated when developing an ERP web system. Due to all results, optimization and hardware of project's server are recommended.

Keywords— Centre of computerization for the management of entities (CEIGE), performance metrics, Kendall notation, benchmark, TPC, server utilization rates.

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.132>

ISBN: 13 978-0-9822896-8-6

ISSN: 2414-6668

13th LACCEI Annual International Conference: “Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?”
July 29-31, 2015, Santo Domingo, Dominican Republic **ISBN:** 13 978-0-9822896-8-6 **ISSN:** 2414-6668
DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2015.1.1.132>

Análisis de rendimiento de servidores en un proyecto de desarrollo de software

Javier Heredia Ruiz, Ingeniero¹

Universidad de las Ciencias Informática (UCI), La Habana, jheredia@uci.cu

Resumen - En el presente trabajo se procede al estudio de indicadores de rendimiento y al análisis del rendimiento de los servidores con los que cuenta actualmente el Proyecto sistema de planificación de recursos empresariales ERP-Cuba del Centro de Informatización para la Gestión de Entidades (CEIGE). Para el logro de esta meta primeramente se realiza un estudio de indicadores de rendimiento, con el objetivo de calcular el rendimiento de los servidores del proyecto. Se hace alusión a las características de los indicadores de rendimiento con sus particularidades y especialmente con los que mayormente se utilizan en este ámbito. Se explica el sistema de selección de una plataforma de software para la evaluación del rendimiento; se explica que existen varios métodos para determinar si la plataforma seleccionada alcanza la meta de rendimiento. Se realiza un análisis de la Notación de Kendall la cual se utiliza para describir un sistema de colas, definiendo sus características. Se definen los elementos necesarios para el Cálculo del rendimiento de los servidores, que son la Tasa de utilización del servidor y el tiempo de espera; además de, el Procedimiento para la evaluación y optimización del rendimiento. Luego se procede al Diseño de la distribución actual de servidores en el Proyecto ERP y los respectivos cálculos de rendimiento, los que una vez efectuados y obtenidos los resultados dan la medida de que aún no se ha alcanzado en su totalidad mejorar este tema, el cual es bastante complicado sobre todo porque se está realizando un sistema ERP en plataforma web. Por ello es que se procede a la recomendación de la optimización y sobre todo el hardware de los servidores del proyecto.

Palabras Clave: Centro de Informatización para la Gestión de Entidades (CEIGE), Métricas de rendimiento, Notación de Kendall, prueba comparativa, TPC, Tasa de utilización del servidor.

Abstract- The following paper studies performance indicators and analyzes servers' performance in ERP-Cuba project, which belong to Entity Management Informatization Center (CEIGE). To achieve this goal firstly a study on performance indicators is carried out, in order to calculate servers' performance in the projec. Particularities of performance indicators' characteristics are taken into account, emphasizing in the ones which are especially used in this ambit. The selection system for a software platform to assess performance is explained, clarifying there are several methods to determine if the platform selected reaches the performance goal. An analysis of Kendall's notation is realized, it is used to describe a queueing system, defining its characteristics. Necessary elements to calculate servers' performance are defined, such us: server utilization rate, waiting time, along with Procedure for performance evaluation and optimization. After that, design of current distribution of servers in ERP project, and performance calculation are carried out, once the results have been obtained, can be appreciated this topic is far away from improvement, above all because is complicated when developing an ERP web system. Due to all results, optimization and hardware of project's server are recommended.

Keywords: Center of computerization for the management of entities (CEIGE), performance metrics, Kendall notation, benchmark, TPC, server utilization rates.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en todos los centros de desarrollo de software del país se está trabajando por alcanzar la excelencia en los servicios que se brindan. La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) no se encuentra ajena a esta tarea y ha encaminado gran parte de sus esfuerzos en el cumplimiento de la misma. Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta cuando de calidad en los servicios se está hablando, es el rendimiento del sistema, el cual tiene una gran importancia para el usuario final pues de él depende la rapidez con que se respondan las peticiones que ellos realizan.

En el presente trabajo se trata el tema del rendimiento de los sistemas, para lo cual primeramente se realiza un estudio de indicadores de rendimiento, con el objetivo de calcular el rendimiento de los servidores del proyecto ERP-Cuba.

II. DESARROLLO

Lo más importante al diseñar un modelo o mecanismo para calcular el rendimiento de un sistema es estimar el volumen de futuras transacciones. Una transacción se puede considerar como la acción donde existen dos partes hasta llegar a un acuerdo finalmente conforme. Si la estimación del volumen de transacciones es incorrecta, cualquier diseño de rendimiento realizado será inútil. Por esta razón, el futuro volumen de transacciones debe ser razonablemente previsto para evitar fallas o irregularidades en el sistema donde principalmente se ve afectado el usuario final.

A. Indicadores de rendimiento

Un indicador no es más que una medida explícita utilizada para determinar el desempeño; una señal que revela el progreso hacia los objetivos; un medio para medir lo que realmente sucede en comparación con lo que se ha planificado.

El rendimiento es un indicador de la capacidad de respuesta del sistema para ejecutar una acción dentro de un intervalo de tiempo dado.

El rendimiento de un sistema es medido por el procesamiento y el tiempo de respuesta. El procesamiento es calculado en función del número de transacciones efectuadas en un período específico de tiempo. [1]

En otras palabras, el procesamiento puede ser medido en transacciones por segundo (TPS), las transacciones por minuto (TPM), y transacciones por hora (TPH). En general, la capacidad de procesamiento está enfocada a las transacciones más costosas.

Los tiempos de respuesta deben ser tolerables para los usuarios. El tiempo de respuesta se define como el tiempo entre una solicitud de datos y su respuesta.

Existen otros indicadores que miden el rendimiento de la aplicación y el consumo de los recursos disponibles en los servidores, entre los cuales se encuentran:

TABLA I
INDICADORES DE BASE DE DATOS (IDB)

Descripción			Miden el rendimiento de la aplicación con respecto al servidor de base de datos.		
Variable a medir	Descripción	Herramientas	Variable a medir	Descripción	Herramientas
Tiempo medio de consumo de CPU.	Se calcula el tiempo medio de CPU que requiere una sentencia de base de datos.	Oracle 10: awrreport	Tiempo medio de ejecución (Elapsed Time.)	Se calcula el tiempo total en segundos que tarda una consulta desde que comienza su análisis y pasando por su compilación y optimización de consulta.	Oracle 10: awrreport

TABLA II
INDICADORES DE SERVIDOR WEB (ISW)

Descripción			Miden el rendimiento de la aplicación con respecto a un servidor web.		
Variable a medir	Descripción	Herramientas	Variable a medir	Descripción	Herramientas
Tiempo de resolución de una petición.	Entendiendo este, como el tiempo comprendido desde que un usuario realiza una petición al servidor hasta que recibe la respuesta.	Jmeter.	Número de peticiones centralizadas correctas.	En % indica el número de peticiones al servidor resueltas correctamente.	Jmeter.
Peso de una página.	Se obtiene el tamaño de una página web, incluyendo también los archivos estáticos como imágenes, css o js.	Jmeter.			

TABLA III
Indicadores del servidor de aplicaciones (ISA)

Descripción	Miden el rendimiento de una aplicación con respecto a un servidor aplicaciones.	
Variable a medir	Descripción	Herramientas
Conexiones a base de datos no cerradas.	Después de cada prueba, no debe existir ninguna conexión no cerrada por la aplicación.	J2EE.
Porcentaje de memoria libre en la máquina virtual.	Mide la memoria libre de la máquina virtual donde está desplegada la aplicación.	J2EE.
Número de hilos libres de ejecución.	Se calcula el número de hilos libres en el kernel de weblogic.	J2EE.
Porcentaje de CPU utilizada en la máquina.	Se calcula el consumo de CPU por todos los procesos de la máquina, al ejecutar una aplicación.	J2EE.

El valor esperado de rendimiento está determinado por las necesidades del usuario o del sistema. Por ejemplo, cuando el usuario requiere del sistema para mostrar los resultados en la pantalla del cliente en 10 segundos después de enviar los datos para el procesamiento en línea, el rendimiento de procesamiento del servidor, el tamaño de la memoria y la

capacidad de la red debe ser seleccionada para cumplir con estos requisitos. [2], [3]

Selección de la plataforma de software para la evaluación del rendimiento

Cuando se ha establecido el rendimiento esperado, la plataforma del sistema se puede seleccionar, garantizando que cumple con este objetivo. Hay varias maneras de determinar si la plataforma seleccionada alcanza la meta de rendimiento.

A continuación se muestran los pasos para la realización de un diseño exitoso de rendimiento, donde se muestra el lugar del diseño que le corresponde a la selección de la plataforma:

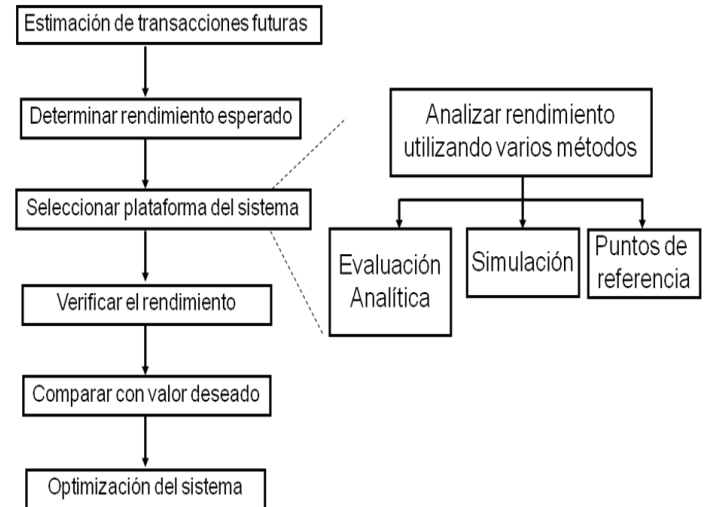


Fig. 1 Pasos para la selección de la Plataforma. [3]

Existen varios métodos para determinar si la plataforma seleccionada alcanza la meta de rendimiento, estos son:

El primer método es la evaluación o el análisis de modelado. Este método calculará el rendimiento de un sistema mediante el uso de fórmulas matemáticas. La ventaja de este método sobre los demás es que ocupa menos tiempo y costo para recopilar datos y obtener resultados. El inconveniente está dado debido a la dificultad de obtener un resultado preciso en relación con otros.

El segundo método es utilizar las herramientas de simulación para evaluar las actuaciones en diferentes plataformas de sistemas. Este método suele ser más preciso y puede obtener resultados de rendimiento de sistemas altamente sofisticados en menos tiempo, en comparación con el análisis de evaluación. Mediante la designación del número y tamaño de los procesadores, memorias, discos, redes, las transacciones serán simuladas en el software, y dará resultados, como el tiempo de respuesta, rendimiento, y el promedio de tiempo de espera. Debido a que estos programas son muy caros, generalmente son utilizados para sistemas de computación a gran escala, cuando el costo del software es negligente en comparación con el costo de desarrollo del sistema. [4]

El tercer método es analizar a partir de los puntos de referencia publicados por organizaciones sin fines de lucro, tales como: Puntos de referencia enfocados al sistema (TPC) y Punto de referencia a nivel de componente (SPEC). Estos puntos de referencia son los resultados de los picos de rendimiento de los sistemas informáticos, y, por tanto, pueden ser engañosas. Comparando cuidadosamente los resultados del valor de referencia dado por estas organizaciones, es posible seleccionar la plataforma que llegue a la meta de rendimiento esperado. [5]

Otro método consiste en medir el rendimiento utilizando los sistemas computacionales actuales. Aunque este método le dará la forma más precisa la medición, si no se dispone de sistemas de computación, que es generalmente el caso, esto no es posible. Uno también puede referirse a otros sistemas que llevan a cabo operaciones similares y que requieren una cantidad similar de los resultados. La exactitud de esta medida depende de la forma en que las transacciones sean similares. Cuando no se dispone de un sistema similar, otros métodos se deben utilizar. [6]

Cuando se selecciona una plataforma mediante el método tres explicado anteriormente se debe decir cual prueba comparativa TPC servirá como base de su decisión.

B. TPC-C

TPC-C es un punto de referencia para los sistemas de transacción en línea, pero es más complicado que TPC-A. Puede manejar múltiples tipos de transacciones y complejas bases de datos. Este criterio se basa en los principales procesos de transacción para los sistemas receptores, tales como la recepción y tramitación de pedidos, registro de pagos, lo que confirma el estado de sus pedidos, inventario y seguimiento de volumen.

C. TPC-H

TPC-H es un punto de referencia para los sistemas de apoyo a la toma de decisiones. Este sistema realiza una consulta y actualiza de datos al mismo tiempo. Además determina el rendimiento de un sistema de apoyo a la toma de decisiones mediante el examen de grandes cantidades de datos y realiza consultas complejas. Debido a esto es uno de los principales caminos a tener en cuenta para encontrar soluciones avanzadas a los problemas de las empresas.

D. TPC-R

TPC-R se parece a TPC-H, pero arriba a soluciones optimizadas por el uso de queries más complicadas.

E. TPC-W

TPC-W mide el rendimiento de las webs de comercio electrónico. Este simula la carga de un entorno de comercio en Internet utilizando un servidor WWW para realizar los procesos de transacción. Además realiza el procesamiento simultáneo de múltiples sesiones del navegador, genera páginas web dinámicas para la actualización de ambos y ver las bases de datos, sincroniza los objetos de la web, procesos de transacciones en línea, una operaciones, y examina conflictos en la visualización y actualización de los datos.

F. TPC-App

TPC-App. es un servidor de aplicaciones y servicios web de referencia. TPC-App. se centra en entornos de servidores de aplicaciones comerciales situados en una carga de trabajo de los servicios Web de empresa a empresa (set in a business-to-business Web services workload). El programa TPC-APP utiliza el protocolo SSL para el 100% de seguridad y comunicaciones encriptadas.

TPC ha sido ampliado muchas veces de acuerdo a los cambios en las necesidades de los clientes y las limitaciones tecnológicas. En consecuencia, TPC-A y TPC-B se han convertido en obsoletos como puntos de referencia para los sistemas de transacción en línea, y el TPC-C es ampliamente utilizado en la actualidad. TPC-H y TPC-R están recibiendo el reconocimiento como puntos de referencia para los sistemas de apoyo a la decisión, y TPC-W para el comercio electrónico.

Métricas de rendimiento de cada prueba:

TPC-C: tpmC (transacciones por minuto)

TPC-H: QphH (Consulta-por-hora)

TPC-R: QphR (Consulta por hora)

TPC-W: WIPS (número de interacciones web procesados por segundo)

TPC-aplics: SIPS (Servicio Web de número de interacciones procesadas por segundo).

G. Notación de Kendall

En 1953 Kendall y Lee propusieron un sistema de clasificación de los sistemas de líneas de espera, ampliamente utilizado en el actualidad. A esta notación se la conoce como “Notación Kendall”, la cual considera seis de las características más importantes de una cola, desde la distribución de probabilidad de entrada hasta la disciplina de servicio. [7]

La notación de Kendall se utiliza para describir un sistema de colas, definiendo sus características.

Esta notación consta de cuatro elementos: la distribución de llegada, distribución de tiempo de servicio, el número de servidores para una cola y el tamaño de la cola.



Sin embargo, el tamaño de la cola puede ser indefinido, en cuyo caso, el tamaño de la cola se supone que es infinito.

Para indicar el tipo de distribución de llegada y el tiempo de servicio, se suelen utilizar las letras D y M. Sus significados son:

D: distribución constante.

M: distribución aleatoria.

Una distribución del tiempo de servicio aleatoria es cuando el tiempo de servicio es a veces corto y a veces largo, la longitud es esencialmente aleatoria.

Una distribución de tiempo de servicio constante es cuando el tiempo de servicio es constante.

Por ejemplo: M/M/1(∞), significa que la distribución de llegada es aleatoria, la distribución del tiempo de servicio es aleatoria, el número de servidores para una cola es uno, y el tamaño de la cola es infinito.

III. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE LOS SERVIDORES

Para garantizar la optimización de los servidores, es necesario coleccionar un historial del funcionamiento del servidor el cual es utilizado para establecer los cuellos de botella creados. Los requerimientos del usuario entran y después de un proceso, cuántos de estos son resueltos, y a qué tiempo, determinando de esta manera el rendimiento de cada servidor.

Existen cinco áreas principales de recursos que pueden causar cuellos de botella y afectar al rendimiento del servidor: el disco físico, la memoria, el proceso, la CPU y la red. Si se hace un uso excesivo de cualquiera de estos recursos, el servidor o la aplicación pueden ralentizarse notablemente o incluso bloquearse. Describiremos cada una de estas cinco áreas. [8]

H. Tasa de utilización del servidor

La teoría de colas es el estudio matemático de las colas o líneas de espera. La formación de colas es, por supuesto, un fenómeno común que ocurre siempre que la demanda efectiva de un servicio excede a la oferta efectiva.

Con frecuencia, las empresas deben tomar decisiones respecto al caudal de servicios que debe estar preparada para ofrecer. Sin embargo, muchas veces es imposible predecir con exactitud cuándo llegarán los clientes que demandan el servicio y/o cuánto tiempo será necesario para dar ese servicio. [9]

El objetivo de la teoría de colas es evitar largos tiempos de espera mediante la creación de un modelo en el que se forma una cola y se estima el tiempo de espera. Al considerar el tiempo de espera, el rendimiento del servidor que realiza un servicio es un factor importante. Para mostrar el estado del servidor, se calcula la tasa de utilización del servidor.

$$\rho = \frac{\text{Período en el cual el servidor está ocupado}}{\text{Tiempo disponible}}$$

$$= \frac{\lambda}{C \cdot ts}$$

ρ: Tasa de utilización del servidor

λ: Número promedio de transacciones de arribo por unidad de tiempo para una cola

ts: Tiempo de servicio promedio

C: Número de servidores para una cola

Generalmente se requiere que $\rho < 1$.

I. Fórmulas de tiempo de espera

$$M/D/1(\infty) \longrightarrow tw = \frac{\rho}{2(1-\rho)} \cdot ts$$

$$M/M/1(\infty) \longrightarrow tw = \frac{\rho}{1-\rho} \cdot ts$$

ρ: tasa de utilización del servidor

ts: el tiempo de servicio promedio

tw: el tiempo de espera promedio

Procedimiento para la evaluación y optimización del rendimiento

El objetivo de la optimización es identificar y eliminar los cuellos de botella.

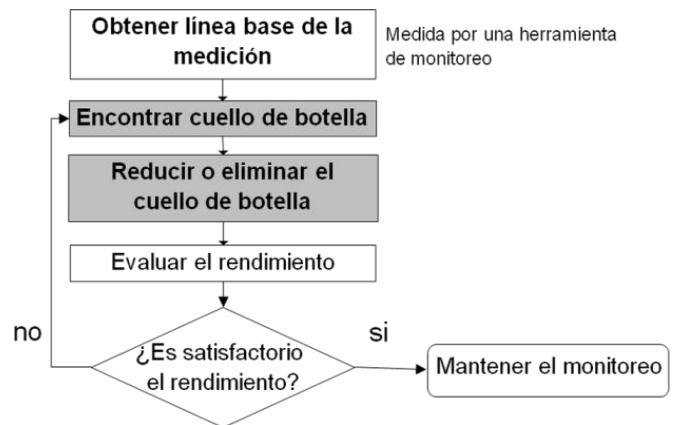


Fig. 2 Procedimiento para la evaluación y optimización del rendimiento. [3]

El término Cuello de Botella se utiliza ampliamente en el sentido de representar el efecto negativo que provoca la obstrucción de un flujo eficiente de los sistemas, provocando a otros esperar.

Samara Andrea define como Cuello de Botella al fenómeno en donde el rendimiento o capacidad de un sistema completo es severamente limitado por un único componente. [10]

Las partes del sistema que se pueden optimizar son: aplicaciones (programas), bases de datos, el sistema operativo y el hardware. En general, los mejores resultados provienen de optimizar las áreas donde se ejecutan las tareas, es decir, las áreas del sistema más cercanas al usuario, por ejemplo aplicaciones o las bases de datos.

A menudo es difícil para los administradores de sistemas optimizar el sistema o las bases de datos, por lo general ellos optimizan las configuraciones del sistema operativo y actualizan el hardware, que son algunos cambios que tienen un amplio impacto. A pesar de que estos cambios pueden no ser eficaces para un cuello de botella específico.

Se considera que, optimizar para eliminar un cuello de botella específico no ayuda a la eliminación de otros cuellos de botella y puede incluso empeorar en algunos casos. El objetivo de la optimización del sistema operativo y el

hardware es optimizar el sistema para ejecutar aplicaciones de manera eficiente. [8]

J. Análisis de sensibilidad

Un elemento que sería de gran apoyo al proceso de toma de decisiones con hechos a la hora de realizar un estudio de este tipo pueden ser los análisis de sensibilidad. Este tipo de análisis determinan la forma en que se alterarían una medida de valor y la alternativa seleccionada, si un parámetro particular varía dentro de un rango de valores establecido.

Al realizar un análisis de sensibilidad completo se sigue este procedimiento general, cuyos pasos son: 1) Determinar qué parámetro(s) de interés podrían variar respecto del valor estimado más probable. 2) Seleccionar el rango probable de variación y su incremento para cada parámetro. 3) Elegir la medida de valor. 4) Calcular los resultados para cada parámetro utilizando la medida de valor como base. 5) Para interpretar mejor la sensibilidad, ilustre gráficamente el parámetro versus la medida de valor. [11]

El análisis de sensibilidad concierne al estudio de posibles cambios en la solución óptima disponible como resultado de hacer cambios en el modelo original. [12]

El análisis de sensibilidad aporta información del grado en que el parámetro de diseño ha de modificarse para conseguir el nivel de calidad deseado.

En el caso de esta investigación no se consideró necesario realizar este tipo de análisis para determinar el rendimiento de los servidores del proyecto ERP-Cuba, pues no se busca medir cómo se afecta la rentabilidad del proyecto, cuando una o varias variables (aplicación o servicio), bajo los cuales se elaboraron las proyecciones asociadas a la implantación y explotación de estos, puedan ser modificadas.

IV. DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE SERVIDORES EN EL PROYECTO ERP

En el Proyecto ERP-Cuba se cuenta con un total de nueve servidores de los cuales siete se encuentran en el Nodo Central y dos en la UCID. Hay un total de tres servidores de Base de Datos (uno de prueba y dos estables) y los restantes seis son de Aplicación.

Las pruebas de calidad se realizan sobre el servidor de prueba y una vez que se libera es que se monta a los servidores estables.

A continuación se muestra una imagen con esta distribución, asociada a las líneas de producción del centro Estructura y composición, Capital humano, Tecnología, Integración, Calidad, Contabilidad, Auditoría y Costos y procesos:

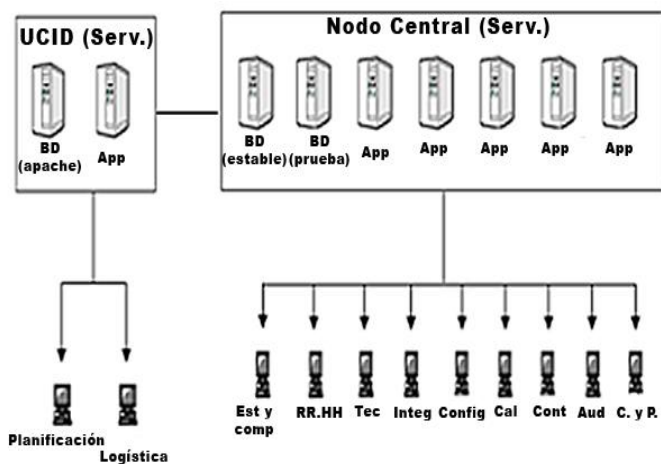


Fig.3 Distribución de servidores en el proyecto ERP-Cuba.

K. Cálculos de rendimiento en el Proyecto ERP

Para la selección de la plataforma se utilizó el método de puntos de referencias, mediante la prueba comparativa de TPC. De las distintas pruebas comparativas TPC se escogió la TPC-C, debido a que, puede manejar múltiples tipos de transacciones y complejas bases de datos entre otras facilidades que el mismo brinda.

La notación Kendall que se va a utilizar es: M/D/9(∞), lo que significa que la distribución de llegada es aleatoria, la distribución del tiempo de servicio es constante, el número de servidores para una cola es nueve que son los que están al servicio del Proyecto ERP y las peticiones serán distribuidas en los mismos y el tamaño de la cola tiende a infinito, pues no está definido un tamaño para la misma.

Notación de Kendall (significado de los símbolos):

Patrón de distribución	Probabilidad de distribución	Símbolo	Significado
Tipo constante	Distribución constante	D	Determinista
Tipo aleatorio	Distribución probabilística	M	Markov

Teniendo en cuenta que en un día en el Proyecto ERP-Cuba se realizan un promedio de 400 transacciones entre todas las líneas de desarrollo y que sus servidores llevan un promedio de dos años prestando servicios lo que equivale a 730 días lo que es igual a 1051200 minutos. Con estos datos se calcula la Tasa de utilización del servidor como se muestra a continuación:

$$\rho = \frac{400}{9 * 1051200}$$

$$\rho = \frac{400}{9460800}$$

$$\rho = 0.0000423$$

Una vez obtenido la tasa de utilización del servidor se procede al cálculo del tiempo de espera como se puede apreciar a continuación:

$$tw = \frac{0.0000423}{2(1 - 0.0000423)} * 1051200$$

$$tw = \frac{0.0000423}{1.9999154} * 1051200$$

$$tw = 22.28544$$

El tiempo de respuesta de los servidores fue aproximadamente de 22 minutos.

IV. CONCLUSIONES

La investigación realizada permitió una vez obtenido el resultado y analizado el mismo, que según las condiciones de los servidores en el proyecto escogido para ello que en este caso fue el ERP-Cuba y los recursos asociados, se llega a la conclusión que el tema de la optimización debe estar dedicado preferentemente al Hardware, pues con una actualización de los mismos se podría atender las transacciones con mayor rapidez y los servidores podrían responder en el menor tiempo posible a las mismas.

Con la aplicación de la notación de Kendall para los cálculos efectuados en cuanto al rendimiento de los servidores del proyecto ERP-Cuba, se pudo constatar que el tiempo de espera aunque se ha trabajado intencionadamente en los últimos tiempos en mejorar la calidad de los servicios que se brindan y la rapidez del sistema, aun no se ha alcanzado en su totalidad mejorar este tema, el cual es bastante complicado sobre todo porque se está realizando un sistema ERP en plataforma web.

Finalmente se propone optimizar el hardware de los servidores del proyecto reemplazando sus recursos con mejores, expandiendo la capacidad de sus recursos o usando recursos adicionales.

REFERENCIAS

- [1] Pérez Castañeda, Suly Sedy. 2012. Análisis de sensibilidad de indicadores financieros en la evaluación de inversiones en mipymes. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- [2] Charles Lusthaus, Marie-Hélele Adrien. 2005. EVALUACIÓN ORGANIZACIONAL Un marco para mejorar el desempeño. Ottawa. Canadá. IDRC/BID 2002 ISBN 0-88936-999-2. ISBN 1-55250-132-9. http://web.idrc.ca/es/ev-23987-201-1-DO_TOPIC.html
- [3] Piñero Pérez, Pedro Y. 2011. Modelos de Desarrollo de Software. Diseño Eficiente. La Habana. Cuba.
- [4] UCI. 2011. Conferencias del curso Modelo de Desarrollo de Software. Maestría de Gestión de Proyecto (GPI). La Habana. Cuba.
- [5] Basterrica, Daniel. 2010. Teoría de Colas. Universidad Técnica Federico Santa. España. <http://www.ramos.utfsm.cl/doc/977/sc/TC-2010.pdf>
- [6] Cardozo Moreno, Elga Ximena. 2009. Modelo de Red de Cola Cerrada para la Estimación de la Capacidad de Canal de una Red de Datos Universitaria. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. Colombia. http://repository.upbga.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/518/1/digital_17646.pdf
- [7] Arguello Hernández, Andrea Xilema y Pulgar Haro, Guillermo Alonso. 2010. Análisis comparativo de las Tecnologías de Virtualización HYPER-V y Virtual Server 2005 R2 aplicada al Centro PEARSON VUERRIOBAMBA. Riobamba. Ecuador.
- [8] Tech-FAQ. 2013. <http://www.tech-faq.com/es/la-optimizacion-de-los-servidores-de-aplicacion-por-rendimiento.html>
- [9] Rosete Lima, Julia Águeda. 2009. Introducción a Procesos Estocásticos y Sistemas de Líneas de espera. Instituto Politécnico Superior de Física y Matemáticas. México D. F
- [10] Rincón Rodríguez, Samara Andrea. 2015. Planificación, ejecución y análisis de la medición del factor de eficiencia general del proceso a través del indicador OCE para el departamento de mantenimiento de la refinería de Barrancabermeja, Ecopetrol S.A. <http://hdl.handle.net/123456789/2206>. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga. Colombia.

[11] Pérez Juárez, Sonia K. 2014. Inflación, análisis de sensibilidad y riesgos. Universidad Autónoma de México. México.

[12] Sánchez Gutiérrez, Diana. 2014. Análisis de sensibilidad. Universidad Vasco de Quiroga. Zacapu. Mich.