

Capítulo 5

En este capítulo se tomará como base la metodología general de proyectos descrita en los capítulos anteriores y se evaluará la implementación mediante la realización de pruebas.

5. EVALUACIÓN

La metodología antes descrita (Iniciativa de negocio, diagnóstico, diseño, implementación y evaluación) ayudará a concluir, si la técnica cumple con los alcances esperados, como lo son la maximización de recursos, ahorro en el consumo de energía, ahorro en espacio, entre otros. Con la finalidad de evaluar la implementación de la virtualización que se usó en el presente trabajo de Tesis, se partió de una base, es decir, algo que, como se verá en los siguientes subtemas, sirve como referencia para confirmar al final, si la técnica cumplió con los resultados esperados o bien, si no cumplió y poder hacer una comparación entre el “antes de virtualizar” y el “después de virtualizar”.

Los datos comparados están basados en parámetros de evaluación, definidos además con criterios de aceptación, es decir una breve explicación sobre qué tipo de cambio antes y después de virtualizar es el conveniente.

Como resultado, se espera obtener datos que demuestren que la técnica de virtualización de servidores usando Solaris Containers es óptima y que en efecto, los consumos de energía disminuyen, así como el ahorro en espacio, la administración se simplifica y los recursos del servidor se aprovechan al máximo.

5.1. Definición de parámetros

En la figura 5.1 se especifican los parámetros de evaluación que son características con métricas que ayuden a las distintas áreas involucradas a tener información útil y tomar acciones sobre el total del sistema informático, optimizando con ello aspectos como los comentados en el tema 1, presupuestos para los interesados en la parte financiera, mejor aprovechamiento para los administradores de sistemas y un correcto funcionamiento para los usuarios.

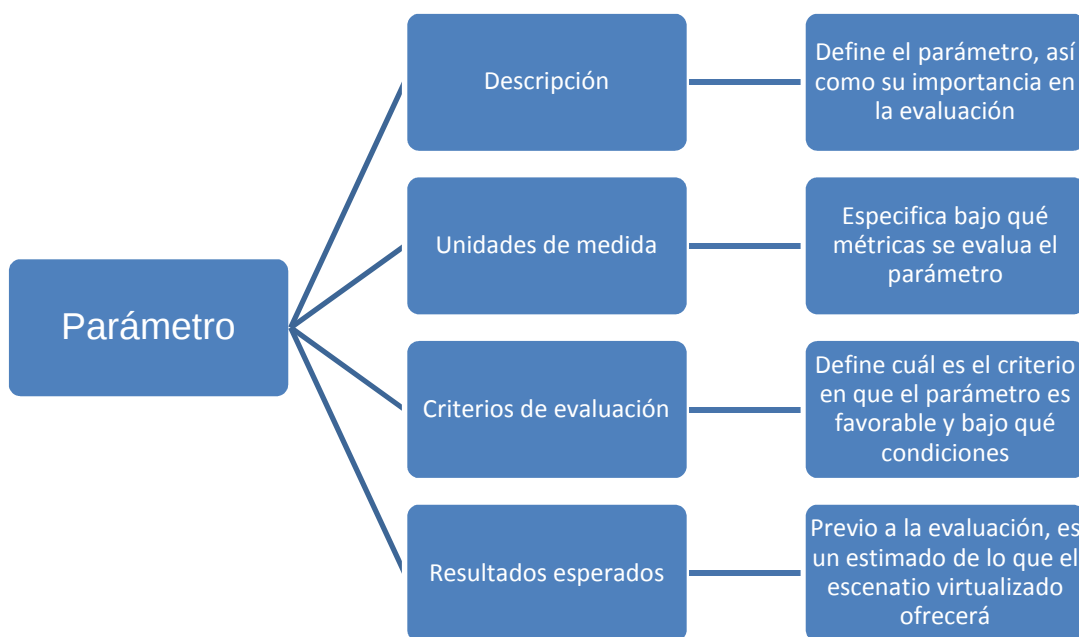


Figura 5.1 Parámetros de evaluación

- **Parámetro de evaluación:** Porcentaje de utilización de recursos
 - o **Descripción:** Se define como recursos de un servidor al CPU y a la memoria disponible.
 - o **Unidades de Medida:** El procesador o CPU se mide en % de ciclos de reloj usados en procesos y % de ciclos de reloj ociosos. La memoria se mide en % de uso en referencia al 100% que es la memoria instalada físicamente. Los sistemas operativos modernos, cuentan con procesos que monitorean los recursos del servidor, facilitan la medición de estos y proveen información extra, como el uso de recursos por cada proceso en el sistema.
 - o **Criterio de evaluación:** Como parte de los activos de una organización, los recursos de un servidor deben ser optimizados, con el fin de obtener un mejor Retorno de Inversión, a mayor % de utilización sin disminuir el nivel de servicio, mejor se aprovechan dichos recursos. Organizaciones buscan que un servidor tenga al menos 30% de uso de recursos en promedio.
 - o **Resultados esperados:** Un servidor virtualizado, al consolidar diversos servicios, utiliza mayor cantidad de recursos de cómputo, se espera que, a diferencia de los servidores no virtualizados, la propuesta hecha en este trabajo alcance un 20% de uso de recursos en promedio.
- **Parámetro de evaluación:** Tiempo de recuperación.
 - o **Descripción:** Al ofrecer un servicio, las organizaciones buscan tener un mayor tiempo de disponibilidad, es decir, del tiempo que se necesite ofrecer un servicio, la mayor parte de ese tiempo esté disponible para ser usado. Para ofrecer una mayor disponibilidad, se necesita tener un menor tiempo de recuperación debido a que se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \text{MTTF}/(\text{MTTF}+\text{MTTR})$$

Donde

MTTF: Tiempo promedio para fallar

MTTR: Tiempo promedio de recuperación.

La disponibilidad contempla varias situaciones de falla o de mantenimiento, sin embargo para la evaluación en este trabajo se asume que todos los componentes funcionan correctamente y únicamente se detienen los servicios, se apaga el servidor virtual y se reinicia hasta su correcto funcionamiento. Es por ello que se decidió usar este parámetro y no el de disponibilidad.

- o **Unidades de Medida:** El parámetro de tiempo de recuperación está en unidades de tiempo.
- o **Criterio de evaluación:** Una mayor disponibilidad siempre es buscada por el área operativa de la organización, por ello se busca un menor tiempo de recuperación.
- o **Resultados esperados:** Como ya se mencionó, en este trabajo se evaluó únicamente el tiempo que tarda en detener los servicios y reiniciar el sistema operativo, hasta que los servicios están nuevamente disponibles con toda la funcionalidad. Se espera que el tiempo de recuperación en un escenario virtualizado se reduzca hasta un 30% en referencia a un escenario no virtualizado.
- **Parámetro de evaluación:** Espacio físico
 - o **Descripción:** Es el espacio vertical que ocupa un servidor en un Gabinete de Montaje o *Rack*. Dichos gabinetes y los dispositivos que en ellos se montan están alineados al estándar EIA-310.
 - o **Unidades de Medida:** El estándar EIA-310 establece a las llamadas Unidades de Rack o Rack Units, equivalentes a 1.75 pulgadas o 44.45 mm, como medida de separación vertical, en la que se encuentran orificios para fijar los dispositivos al gabinete.
 - o **Criterio de evaluación:** Optimizar el espacio, quiere decir tener mayor densidad de cómputo en un menor espacio. Muchas veces las organizaciones rentan dichos espacios, por lo que puede significar un ahorro en el presupuesto.
 - o **Resultados esperados:** Comparando un sistema virtualizado con un no virtualizado, se espera que el primero tenga una mayor densidad de cómputo y la mayor cantidad de aplicaciones ejecutándose en él con el menor espacio posible. Esperamos reducirlo al menos a la mitad en relación al escenario de servidores no virtualizados.

- **Parámetro de evaluación:** Energía eléctrica consumida.
 - o **Descripción:** Se refiere a la cantidad de energía que consume el dispositivo electrónico.
 - o **Unidades de Medida:** Típicamente para cualquier dispositivo eléctrico, electromecánico y electrónico la medida para calcular la energía eléctrica consumida es el Watt/Hora. Por practicidad, la métrica en este trabajo se hará con el consumo eléctrico indicado por el fabricante.
 - o **Criterio de evaluación:** Debido a que la energía eléctrica es un servicio que se paga, optimizar el consumo de energía, se da cuando el servicio se presta con menor cantidad de energía eléctrica consumida.
 - o **Resultados esperados:** El sistema virtualizado tiende a consumir menor cantidad energética, al consolidar servicios en una menor cantidad de servidores. Esperamos que al final de la evaluación, los servidores virtualizados disminuyan el consumo eléctrico al menos a la mitad, tomando como referencia su equivalente en servidores no virtualizados.

- **Parámetro de evaluación:** Energía térmica consumida.
 - o **Descripción:** Se refiere a la cantidad de energía térmica que consume el dispositivo electrónico.
 - o **Unidades de Medida:** El calor es energía y generalmente se expresa en Jules, BTU, toneladas o calorías. Las mediciones habituales de tasa de energía térmica producida para equipos son BTU por hora, toneladas por día y Jules por segundo. La tendencia internacional entre las organizaciones y los estándares indican que todas las mediciones de capacidad energética y de refrigeración deben estar en Watts.
 - o **Criterio de evaluación:** Los equipos eléctricos que se encuentran en la sala del centro de datos o la red se refrigeran mediante aire, para reducir el calor que producen y mantener su temperatura en condiciones aceptables según sus especificaciones técnicas.
 - o **Resultados esperados:** El sistema virtualizado tiende a consumir menor cantidad energética, al consolidar servicios en una menor cantidad de servidores. Esperamos que al final de la evaluación, los servidores virtualizados disminuyan el consumo térmico al menos a la mitad, tomando como referencia su equivalente en servidores no virtualizados.

- **Parámetro de evaluación:** Costo total de propiedad o *Total Cost of Ownership* (TCO).
 - o **Descripción:** El costo total de propiedad, es la suma de todos los costos directos e indirectos de poseer un bien, esto incluye el costo de adquisición y los costos asociados a la operación y al mantenimiento, de la misma forma es considerado el costo asociado por tener un servicio fuera de línea.
 - o **Unidades de Medida:** Este aspecto financiero es uno de los mayores impulsores para la virtualización, un estudio de especialistas en esa área determina el monto estimado que representa el poseer un bien, la unidad de medida es el monto monetario.
 - o **Criterio de evaluación:** El estudio financiero del costo total de propiedad considera la mayor cantidad de aspectos relacionados con el bien poseído, entre menor sea este costo, mejor será para la organización. Para este trabajo de tesis, no profundizaremos en este parámetro, debido a que estará basado en experiencias e información pública.
 - o **Resultados esperados:** Un escenario de servidores virtualizados debe representar un menor costo total de propiedad. Para un ejercicio de evaluación, se consideró el costo de operación, costo de licencias y costo de soporte por parte del proveedor como un porcentaje del costo de adquisición, esto en una proyección a 3 años, tiempo promedio mínimo de vida de un servidor.

En los siguientes subtemas se presenta la recopilación de los datos a evaluar así como su interpretación y por último definiremos si el escenario virtualizado cumplió con los resultados esperados.

5.2. Metodología de Evaluación

5.2.1 Porcentaje de utilización de recursos

El monitoreo de la utilización de recursos en el servidor se realiza con comandos nativos del sistema unix que proporcionan información para la determinación del estado del servidor en cuanto al aprovechamiento recursos.

Estos comandos suelen ser complicados de interpretar si se desconoce su sintaxis. Existen herramientas de monitoreo de recursos más amigables en su uso y que hacen una mejor presentación de resultados para facilitar la interpretación. Sin embargo, suelen ser licenciadas y su ejecución puede implicar cierto consumo de recursos para recolectar la información. Los principales comandos utilizados para el monitoreo de los recursos del servidor se describen a continuación:

- **sar** (System Activity Reporter)

Este comando obtiene datos del servidor sobre utilización de CPU, utilización de memoria, reporta el estado de los discos, llamadas de procesos al sistema, entre otros.

Uso: sar (opciones) (intervalo de medición) (número de mediciones)

Opciones:

-sar -u 1 5 Obtiene 5 muestras sobre la utilización de CPU con un intervalo de 1 segundo. La columna %idle nos presenta el porcentaje de disponibilidad del servidor al momento de la muestra y %wio se refiere al porcentaje de procesos encolados esperando poder hacer uso de los dispositivos.

SunOS uxsop001 5.10 Generic_142909-17 sun4v				
22:52:24	%usr	%sys	%wio	%idle
22:52:25	0	1	0	99
22:52:26	0	1	0	99
22:52:28	1	1	0	98
22:52:29	0	2	0	98
22:52:30	0	2	0	98
Average	0	1	0	99

-sar -q 1 5 Muestra información sobre procesos encolados.

-sar -d 1 5 Muestra información sobre la actividad en los discos.

-sar -w 1 5 Muestra información sobre el estado de la memoria swap

-sar -g 1 5 Muestra información de memoria disponible y memoria swap.

Para consultar todas las opciones del comando sar basta con consultar el manual disponible al ejecutar el comando man sar. El comando sar es utilizado de dos maneras para obtener muestras indicando un intervalo y el número de muestras a obtener como se

describió anteriormente, la segunda manera, es utilizarlo para extraer información previamente recolectada en la ruta **/var/adm/sa**. La información almacenada en esta ruta se realiza agregando dos entradas al cron del usuario root.

```
uxsop001 / # crontab -l
#ident  "@(#)root      1.21      04/03/23 SMI"
#
# The root crontab should be used to perform accounting data collection.
#
#
10 3 * * * /usr/sbin/logadm
15 3 * * 0 /usr/lib/fs/nfs/nfsfind
30 3 * * * [ -x /usr/lib/gss/gsscred_clean ] &&
/usr/lib/gss/gsscred_clean
#10 3 * * * /usr/lib/krb5/kprop_script ____slave_kdcs____
0 2 2 * * /opt/SUNWexplo/bin/explorer -q # SUNWexplo
# Entrada para recolectar informacion SAR
0,5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55 0-23 * * 0-6 /usr/lib/sa/sa1
59 23 * * 0-6 /usr/lib/sa/sa2 -s 0:00 -e 23:55 -i 600 -A
```

La primer entrada **/usr/lib/sa/sa1** es un script que utiliza **sar** para recolectar información sobre el desempeño del servidor en un archivo binario, asegurándose de que cada día tenga su propio archivo.

La segunda entrada **/usr/lib/sa/sa2** es el script que se encarga de realizar la conversión del archivo binario creado por día y depurar los archivos con mas de 7 días de antigüedad.

- **vmstat** (Virtual Memory Statistic)

Reporta estadísticas que mantiene el kernel sobre los procesos, la memoria y otros recursos del sistema.

Uso:

vmstat (opciones) (intervalo de medición) (número de mediciones)

kthr			memory			page			disk			faults			cpu						
r	b	w	sw	fr	re	mf	pi	po	fr	de	sr	m0	m1	m4	m1	in	sy	cs	us	sy	id
30	0	0	21311704	5881448	4	18	3	0	0	0	1	1	11	0	1	573	527	519	0	0	99
0	0	0	21227024	5786872	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	587	1141	601	0	0	100
0	0	0	21226768	5786616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	606	717	341	0	0	100
0	0	0	21226768	5786616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	537	704	302	0	0	100
0	0	0	21226768	5786624	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	594	802	339	0	0	100

La primera línea del resultado presenta un promedio de estos valores del sistema desde el ultimo reinicio del sistema. Del primer bloque **kthr** relacionado con los procesos,

la columna w suma los procesos que han sido llevados al área de swap en los últimos segundos por lo que deberá permanecer este valor siempre en 0.

El segundo bloque **memory** muestra los recursos disponibles, en kilobytes, en cuanto a memoria swap y memoria física.

El tercer bloque **disk** reporta información del número de operación por segundo realizados en discos del sistema operativo.

Los bloques restantes son para información sobre procesos ejecutándose en el CPU, así como su desempeño.

- **iostat** (Input/Output statistics)

Al igual que los comandos anteriores este comando funciona para obtener estadísticas sobre la actividad en los dispositivos de entrada y salida, así como reportar también información de CPU. Sin embargo, lo utilizamos principalmente para obtener datos sobre la utilización de los discos.

Uso:

iostat (opciones) (intervalo de medición) (número de mediciones)

```
uxsop001 / # iostat 1 10
```

tty		md0			md1			md4			md10			cpu			
tin	tout	kps	tps	serv	kps	tps	serv	kps	tps	serv	kps	tps	serv	us	sy	wt	id
0	2	5	1	33	0	0	9	0	0	16	4	1	16	0	1	0	99
0	48	14	3	18	0	0	0	0	0	0	14	3	11	5	4	0	92
0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	92
0	16	2	1	7	0	0	0	0	0	0	2	1	5	4	4	0	92
0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	92

Como se puede observar por cada dispositivo como terminal (tty) o discos (md0, md1, md4, md10) se presenta información sobre kilobytes escritos por segundo, transferencias por segundo y tareas que están realizando petición a ese dispositivo.

5.2.2. Costo total de propiedad o Total Cost of Ownership (TCO)

Como ya se ha mencionado a lo largo de esta Tesis, el Coste Total de Propiedad (TCO en sus siglas en inglés) es un tema muy importante de negocios, ya que una vez entendido se vuelve un factor crítico para identificar el Retorno de Inversión (ROI por sus siglas en inglés) de un proyecto de TI.

Cuando una organización o una compañía está desarrollando un proyecto, siempre se toma en cuenta el valor del TCO cuando se empieza a tocar el delicado tema del gasto que representará para la compañía, el llevar a cabo un proyecto. Para poder medir el éxito de un proyecto se debe de medir el TCO antes de llevar a cabo el proyecto y después de un tiempo ya implementado, para poder apreciar el coste real que representó el proyecto.

Medir el TCO no es fácil y la mayoría de las veces depende de los valores que realmente le interesen a la compañía, es decir, una organización o compañía debe de preguntarse cuáles valores son importantes para ella, como pueden ser el ahorro de energía, el costo de espacio, el costo de administración de los equipos, etc.

Existen varios modelos de TCO, entre los cuales se encuentran:

- Coste Total de Propiedad (TCO). Un concepto desarrollado por Gartner, es una metodología que se enfoca en los costes del entorno de TI (espacio, energía, recursos, etc).
- Impacto Económico Total (TEI). Desarrollado por Giga Information Group, se enfoca en cómo una solución impacta todas las áreas de negocio de una organización.
- Valor Total de Propiedad (TVO). Desarrollado por Lucidus Ltd. Esta metodología tiene como principal objetivo, no solamente medir el impacto de un proyecto, sino también medir el valor agregado que aporta el proyecto a la organización.

Para este trabajo de Tesis, nos basamos en el modelo de Gartner para medir el TCO que representa el proyecto.

Gartner define el Coste Total de Propiedad (en adelante TCO), como todo el coste asociado a un proyecto de TI, es decir, no únicamente toma en cuenta el coste del *hardware*, también toma en cuenta otros costes que van ligados a éste, como son: el costo de adquisición del *hardware*, la instalación, la implementación, la administración, el mantenimiento e incluso la desinstalación del *hardware*. Normalmente, el costo de adquisición del hardware representa un 15% del TCO y el resto corresponde al costo de administración e implementación del proyecto en su totalidad.

El modelo de Gartner define 2 categorías para definir costo: Costos Directos y Costos Indirectos.

Dentro de la primera categoría, se encuentran el costo del *hardware* y del *software*, administración de sistemas, almacenamiento, soporte, recursos, servicios de consultoría, etc.

Los Costos Indirectos abarcan la parte del servicio que ofrece la solución del proyecto de TI, como es la disponibilidad y el *downtime* en caso de falla del sistema.

Para realizar el análisis de TCO, existe una herramienta desarrollada por Gartner llamada *Gartner's TCO Manager*, la cual contiene una extensa base de datos recolectada de 300 centros de datos de 200 compañías diferentes. La herramienta tiene un costo de licencia, no existen versiones de demostración; pero la recomendamos ampliamente para aquellas organizaciones que cuenten con los recursos necesarios.

Se realizó un análisis de TCO basándonos en los siguientes supuestos:

- El siguiente análisis de TCO es un análisis simple de los ahorros que se generan al consolidar servidores mediante la virtualización.
- El inventario usado como base del análisis está compuesto por 3 servidores físicos, que son los que se tomarán en cuenta para la consolidación mediante virtualización.
- Los servidores del inventario incluye las marcas Sun Microsystems.
- El servidor Sun Fire T2000 es la plataforma usada para la virtualización. El costo del servidor y su configuración es de \$60,000 USD. Este costo es un estimado y no incluye descuentos.
- Todos los datos del análisis están basados en precios estimados. Los costos reales pueden diferir con los de este análisis.
- Los resultados obtenidos de este análisis representan un aproximado del ahorro que se puede lograr mediante la consolidación de servidores, pero no garantiza que los datos aquí obtenidos se cumplan.

Como primer paso, se obtiene el análisis de TCO de acuerdo a la arquitectura actual, es decir, antes de la virtualización de servidores. De esta manera después podremos hacer una comparativa de costos entre la situación actual y la propuesta.

Todos los datos contenidos en las tablas están expresados en dólares americanos y en tiempo corresponden a 1 año. Los rubros considerados se describen a continuación:

Hardware: Se refiere a los costos relacionados con la adquisición de Hardware

- Servidores: Es el costo de adquisición de los servidores, con todos los dispositivos internos que se han descrito en el capítulo 2 así como su instalación. Es un costo estimado basado en la información pública del fabricante.

- Consolas: Es el costo de adquisición de equipos de administración de los servidores. También es un costo estimado, basado en información pública del fabricante.
- Periféricos: Corresponde a los dispositivos adicionales y externos en los servidores o en las consolas.
- Componentes de Red: Se refiere a los componentes activos que permiten interconectar a los servidores, las consolas y otros dispositivos. Se consideran Switches, Ruteadores y Firewalls.
- Costo de Mantenimiento: Es un costo que el fabricante cobra como complemento de la garantía, ofreciendo servicios de reemplazo, atención telefónica y acceso a contenido remoto.
- Energía (Enfriamiento y Alimentación): Está basado en el costo aproximado del KW/h proporcionado por Comisión Federal de Electricidad, tomando en consideración los consumos oficiales establecidos en la documentación del Servidor. Así mismo, contempla el equivalente en KW necesarios para enfriar los servidores.

Software

- Licencias: Es el costo de las licencias de los programas utilizados en la implementación, contempla Sistema Operativo, agentes, Software de configuración y Aplicativos. Para este trabajo se usó Software de distribución libre, es decir, sin costo por descargarlo, instalarlo y usarlo.
- Costo de Mantenimiento: Es el costo asociado al mantenimiento del Software. Sin embargo, de la misma forma que con las licencias, el software que se usó en este trabajo, no contempla un costo de mantenimiento.

Administración

- Red: Se considera el costo asociado a un recurso para la administración de la Red, con ello se cubre todos los aspectos relacionados con la interconexión de los equipos.
- Servidores: Se considera el costo asociado a un recurso para la administración de los servidores, con ello se cubren los aspectos relacionados con Sistema Operativo y con Hardware.

- Almacenamiento: Se considera el costo asociado a un recurso para la administración del almacenamiento.
- Bases de Datos: Se considera el costo asociado a un recurso para la administración de las bases de datos, comúnmente es conocido como DBA, por sus siglas en inglés. Para este trabajo, es quien administra, configura y da mantenimiento a MySQL.
- Servidores de Aplicaciones: Se considera el costo asociado a un recurso para la administración lógica de los servidores de aplicaciones, para el caso de este trabajo, es quien administra, configura y da mantenimiento de Sun Webstack, en particular de Apache y PHP.

Soporte

- Personal de Soporte: Es personal especializado y con entrenamiento suficiente para resolver problemas asociados con fallas de servidores, típicamente están disponibles las 24 horas y resuelven aquello que el personal de Administración no resuelve.
- Entrenamiento: Es el costo asociado a cursos necesarios para operar los servidores, se consideran costos aproximados a los publicados por el fabricante.
- Adquisiciones: Considera cualquier otro bien adquirido, no relacionado directamente con Hardware, pero necesario para la operación y soporte de este. En el caso de este trabajo, no considera ninguna adquisición fuera de lo ya establecido en el Hardware.
- Viaticos: Gastos asociados con los viajes y visitas fuera del sitio donde se encuentran los servidores. En este trabajo no se considera ningún gasto de este tipo, ya que asume que no son necesarios.
- Contratos de Soporte: Es un acuerdo entre el fabricante y la organización que posee los servidores, en el cuál se establece un nivel de servicio, el cuál estipula actividades de soporte con un tiempo de respuesta definido, así como otras actividades que incluyen reconfiguración, actualizaciones y mantenimientos.
- Actividades Extras: El costo estimado por cualquier actividad de soporte no contemplada en los puntos anteriores. En este trabajo no se considera ningún costo de este tipo.

Implementación

- Desarrollo/Personalización/Integración: Es el costo asociado a la configuración de los servidores, basado en lo que está establecido en el capítulo 4 de Implementación, subtema Configuración del Sistema Operativo Base.
- Entrenamiento: Es el costo asociado al entrenamiento necesario para la implementación, que están fuera del entrenamiento para la parte operativa y de soporte. En este trabajo no se consideran este entrenamiento, debido a que la implementación del escenario virtualizado lo realizan mediante una consultoría.
- Consultoría: Es el costo asociado a recursos externos que realizan la parte de implementación especificada en el capítulo 4 de implementación, subtemas relacionados con los Contenedores. En el ejercicio de TCO para el escenario no virtualizado no se contempla, porque se refieren en particular a los Contenedores.
- Otros: Cualquier otro costo no especificado en la implementación, sin embargo en este trabajo no se contempla ninguno.

Telecomunicaciones

- Red Local: Es el costo asociado a cableado dentro del centro de datos, abarca cableado UTP de Red y Fibras para el arreglo de disco.
- Red Externa: Es el costo asociado con la renta de enlaces externos mediante un Proveedor de Servicios de Internet, el cuál proporciona enlace externo.
- Acceso Remoto: Es el costo asociado con accesos remotos mediante una Red Virtual Privada, conocida como VPN por sus siglas en inglés. Este costo no se considera en este trabajo.

Usuario Final

- Entrenamineto del Usuario Final: Es el costo asociado con el entrenamiento a personal que administra la aplicación, sin embargo no se consideran estos costos, debido a que el foco de este trabajo es la virtualización del Sistema Operativo.
- Entrenamiento informal del usuario: Es el costo asociado con el entrenamiento informal al usuario final, sin embargo este costo no se considera.

- Desarrollo en Casa de aplicaciones: Es el costo asociado con el desarrollo y adecuación de los aplicativos, sin embargo este costo no se considera, debido a que se utilizó un aplicativo con datos de ejemplo.
- Mantenimiento de Archivos: Es el costo asociado con el mantenimiento de archivos históricos, como son respaldos y manejo del ciclo de vida de la información, conocido en la industria como ILM por sus siglas en inglés.

Tiempo fuera de línea

- Tiempo fuera de línea planeado: Es el costo que se asocia a tener una aplicación fuera de línea de manera planificada, se contemplan las pérdidas económicas por falta de servicio.
- Tiempo fuera de línea no planeado: Es el costo que se asocia a tener una aplicación fuera de línea de manera no planificada, típicamente es debido a una falla. Al no ser planificada la puesta fuera de línea el costo es mayor en comparación a la planificada.

5.2.3. Espacio físico

Los racks son los armarios estandarizados que comúnmente se usan para instalar elementos electrónicos de forma ordenada. Estos armarios disponen de dimensiones perfectamente definidas y se fabrican mundialmente bajo la norma EIA 310-D. Se definió una unidad estándar de medida en cuanto a las dimensiones de los equipos y así facilitar el método de atornillarlos y sujetarlos de forma adecuada, esta medida se llama Unidad de Rack (Rack Unit) o comúnmente "U" .

Una unidad de rack "U" es la distancia que existe del centro de los barrenos separados por 12.7 mm. hasta el centro de los siguientes barrenos separados por 12.7 mm, esta unidad de rack corresponde con la medida americana habitual de 1,75" o bien 44.45 mm y se le denomina con 1U, esta medida describe la altura de los equipos montados sobre los racks de 19" o 23" de ancho.

Los racks cuentan con 2 tipos de esparcimiento, Universal y Ancho como se muestra en la figura 5.2, pero siempre se contabilizan por unidad de rack "U".

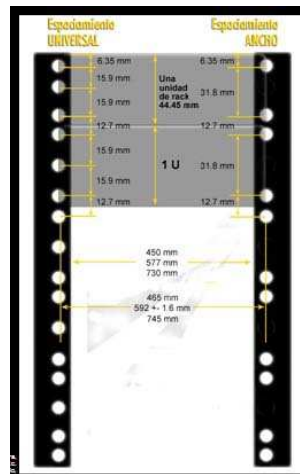


Figura 5.2 Estructura del rack

La metodología para evaluar el espacio físico, es de manera sencilla comparar el espacio físico vertical en Unidades de Rack entre el escenario virtualizado y el escenario no virtualizado, tomando como base el diagnóstico y el diseño hechos en el capítulo 3. Se toma la especificación de la ficha técnica que se ha elaborado en el capítulo 2. El espacio físico que utiliza un servidor se contabilizara por las Unidades de Rack “U” que ocupe por gabinete, no se tomar en cuenta el factor de la profundidad, que no está normalizada, y suele pasarse por alto.

5.2.4. Energía eléctrica consumida

La consolidación física resultante de la virtualización reduce el consumo de energía de dos maneras, dado que se reduce la cantidad de servidores y también porque se elimina una parte de la energía que consumían los sistemas de enfriamiento.

La Comisión Federal de Electricidad (**CFE**) quien controla esencialmente todo el sector eléctrico, tiene diferentes tarifas de acuerdo al tipo de industria que solicita el servicio, lugar geográfico y tipo de tensión requerida. La Baja tensión son tensiones inferiores a 1 kV que se reducen todavía más para que se puedan emplearse en la industria, el alumbrado público y el hogar. Las tensiones más utilizadas en la industria son 220, 380 y 440 volt de corriente alterna y en los hogares entre 110 y 120 volt para la mayoría de los países de América y 220 volt para Europa.

En el proceso de evaluación del ahorro de energía se analizará y realizara una comparación entre el total del consumo de energía de los 6 servidores antes de la

virtualización, y el consumo energético después de la virtualización, cada servidor requiere de alimentación de energía en sus 2 fuentes para su funcionamiento, cabe mencionar que dichos servidores también requieren energía que para su enfriamiento.

La energía eléctrica se vende en unidades de energía denominadas kilovatios por hora (kW/h), que es la cantidad de energía despachada en una hora a un nivel de potencia de 1000 vatios (1 kW), con esta información de obtendrá el consumo anual de los servidores sin virtualizar y posteriormente virtualizados, así como el costo anual que representan estos consumos tomando como referencia el costo kW/h que define **CFE** para el Sector Publico en la ciudad de México.

En este caso se utiliza la tarifa de CFE para el sector público en la Ciudad de México para un consumo de baja tensión, ya que el servidor requiere de un voltaje de 100 a 200 V.

Se tiene que cada servidor tiene una potencia de 450 W, la potencia se define como la velocidad a la que se consume la energía, energía por unidad de tiempo (J/s) y ya que dichos servidores son de alta disponibilidad, significa que estarán encendidos las 24 horas los 365 días del año, con estos datos se obtendrá el consumo Anual en los 2 escenarios.

5.3. Obtención y Análisis de Resultados

5.3.1 Porcentaje de uso de recursos

La obtención de resultados en el servidor se realizó de la siguiente manera:

- **Monitoreo del servidor**

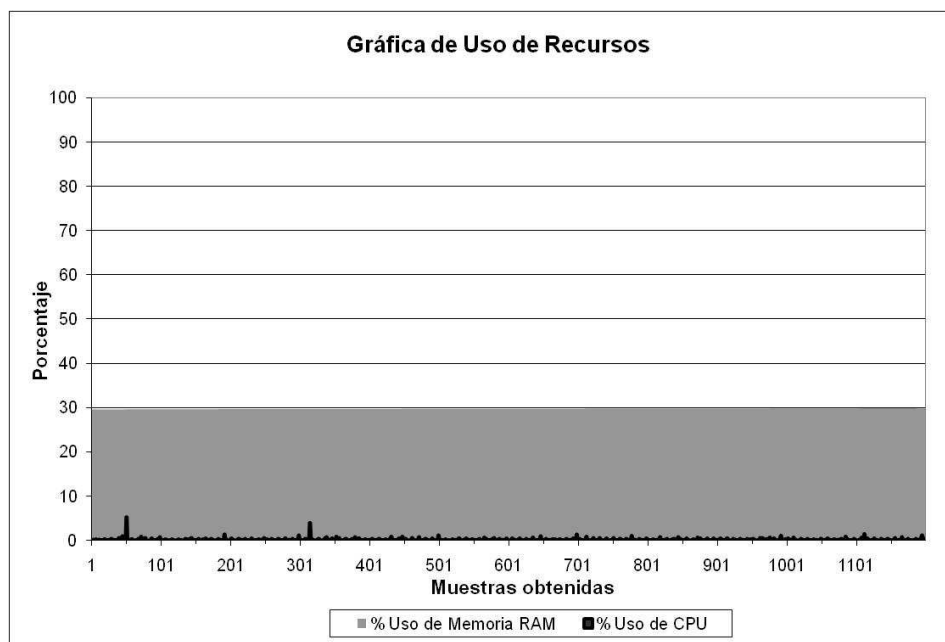
Después de instalado el Sistema Operativo Base, se obtuvieron estadísticas de uso de CPU, memoria y discos.

La tabla 5.1 muestra la información almacenada en la ruta **/var/adm/sa** del monitoreo implementado con el comando **sar**. Las muestras presentadas se obtuvieron cada hora durante un día completo, al final se encuentra el promedio de todas las muestras obtenidas.

Hora	%usr	%sys	%wio	%idle
00:00:01	0	0	0	100
01:00:01	0	0	0	100
02:00:01	0	0	0	100
03:00:01	0	0	0	100
04:05:00	0	0	0	100
05:00:01	0	0	0	100
06:00:01	0	0	0	100
07:00:01	0	0	0	100
08:00:01	0	0	0	100
09:00:02	0	0	0	100
10:00:01	0	0	0	100
11:00:01	0	0	0	100
12:00:01	0	0	0	100
13:00:01	0	0	0	100
14:00:01	0	0	0	100
15:05:00	0	0	0	100
16:00:01	0	0	0	100
17:00:01	0	0	0	100
18:00:01	0	0	0	100
19:00:01	0	0	0	100
20:00:01	0	0	0	100
21:00:01	0	0	0	100
22:00:01	0	0	0	100
23:00:01	0	0	0	100
23:50:01	0	0	0	100
Promedio	0	0	0	100

El servidor con el Sistema Operativo Solaris 10 se encuentra a un 100 % de disponibilidad en cuanto a uso de CPU, esto se debe a que solo ejecuta procesos mínimos para su funcionamiento. Al no estar brindando ningún servicio ni estar ejecutando procesos de aplicaciones o de base de datos, observamos que los recursos del servidor están siendo desperdiciados.

La grafica 5.1 muestra el resultado de los datos obtenidos de un monitoreo de 1200 muestras obtenidas, con el comando **top**.



Grafica 5.1 Uso de recursos

En la gráfica 5.1 se muestra que el consumo de memoria RAM se encuentra en un promedio de 29.77% equivalente a 2.34 GB de los 8 GB disponibles en el servidor. Mientras que el promedio de consumo de CPU es de 0.26%.

- Monitoreo del servidor con aplicación sin Virtualización.

Prueba 1: Ejecutar la herramienta stress con la aplicación de Comercio Electrónico.

Objetivo: Validar que el servidor sin virtualización con la aplicación de Comercio Electrónico es capaz de ejecutar los procesos esperados en tiempo y de forma exitosa.

Realización de la Prueba y Resultados:

Con ayuda de la herramienta stress se simulaban 5000 procesos por hora haciendo uso de 128 Kb de memoria RAM y 5000 procesos utilizando los dispositivos de entrada y salida, estos son los procesos que se esperaran para la aplicación de Comercio Electrónico. Al ejecutar la herramienta se especifica el tiempo de duración.

```
uxsop001 / # stress --cpu 5000 --vm 5000 --vm-bytes 128K --timeout 1h --backoff 2 -i 5000
```

```
stress: info: [7508] dispatching hogs: 5000 cpu, 5000 io, 5000 vm,
0 hdd
stress: info: [7508] successful run completed in 3636s
```

Una vez concluida la ejecución se observa que todos los procesos indicados terminaron en el tiempo indicado, por lo que se demuestra que el servidor es capaz de soportar los procesos esperados en tiempo y forma.

Prueba 2: Generar carga en la aplicación de Comercio Electrónico Sin Virtualización con la herramienta Apache JMeter.

Objetivo: Evaluar el uso de recursos de CPU y Memoria RAM en el Servidor sin Virtualizar.

Realización de la prueba

Se configuro la herramienta Apache JMeter para generar 5000 peticiones para la aplicación de Comercio Electrónico con duración de 1 hora y se puede observar en la figura 5.3.

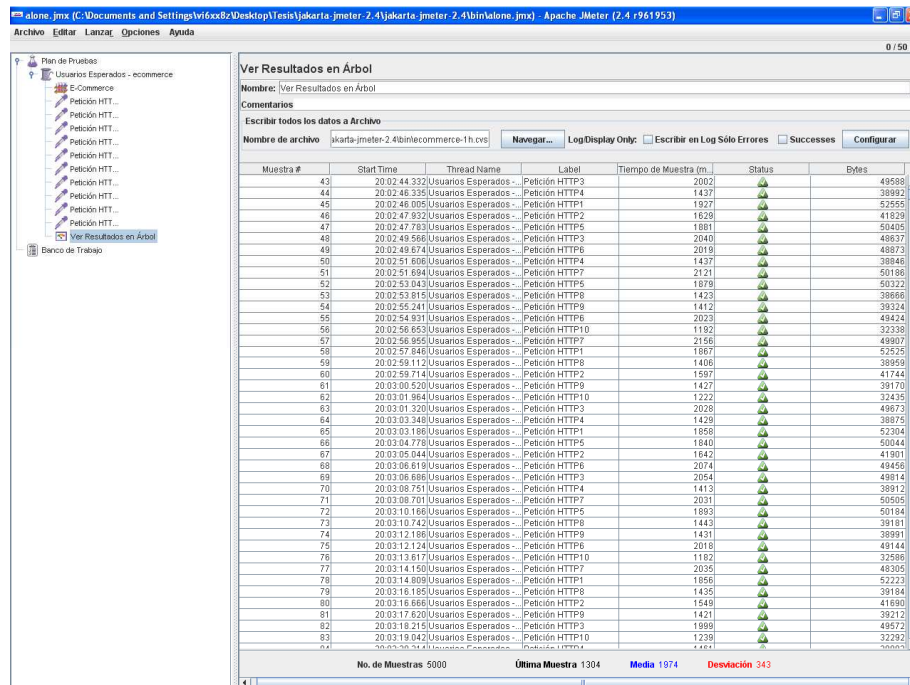
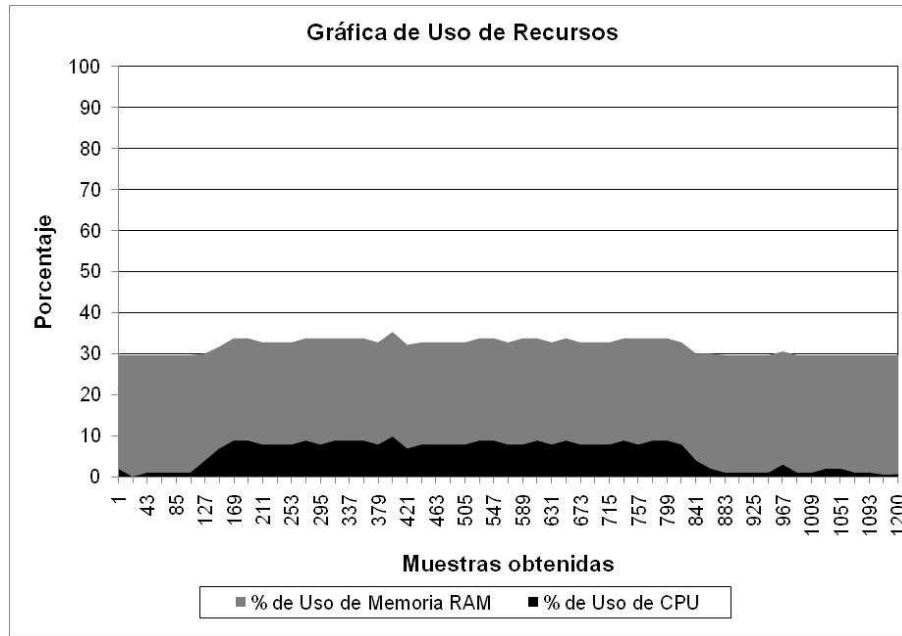


Figura 5.3 Apache JMeter simulación de carga de trabajo

Con los comandos sar y vmstat se obtuvieron los datos necesarios para la gráfica 5.2:

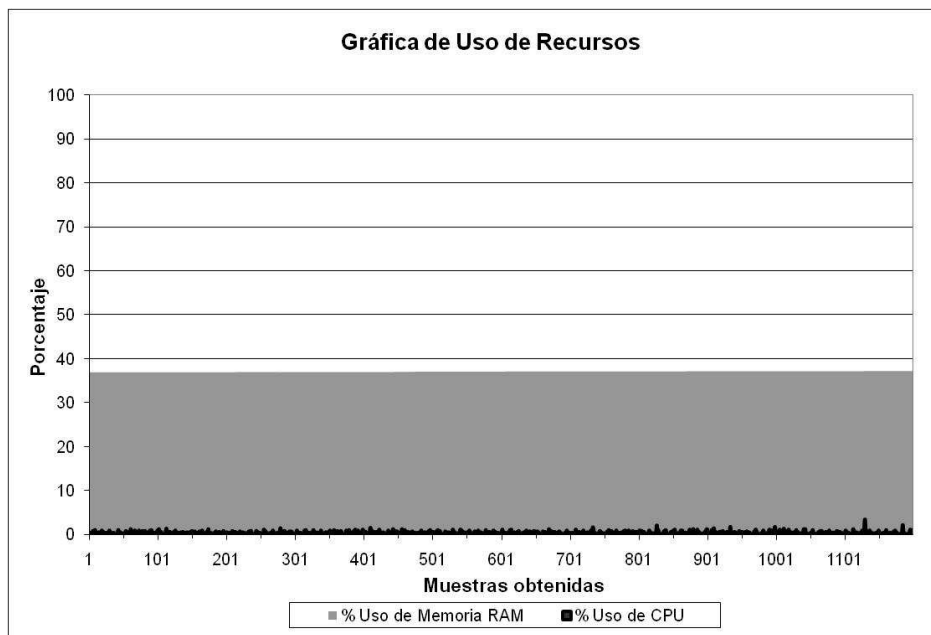


Gráfica 5.2

El promedio de uso de CPU es del 6.64% y de uso de Memoria RAM es de 31.84%.

- Monitoreo del servidor con Solaris Containers

Concluida la implementación de los Solaris Containers, se obtuvieron 1200 muestras para observar al consumo de los recursos del servidor. Los resultados del monitoreo se muestran en la gráfica 5.3.



Gráfica 5.3 Uso de recursos

El promedio del porcentaje de uso de recursos de CPU fue de 0.53 % y de uso de memoria RAM fue de 37.14 %, estos porcentajes se pueden observar en la gráfica 5.8.

- Monitoreo del Servidor Virtualizado con Solaris Containers

Una vez implementado el diseño de la arquitectura propuesta se realizaron las siguientes pruebas:

Prueba 1: Ejecutar la herramienta stress en cada Solaris Container.

Objetivo: Validar que el contenedor por aplicación es capaz de ejecutar los procesos esperados en tiempo y de forma exitosa.

Realización de la Prueba y Resultados

Se muestran los resultados arrojados por la herramienta por cada Solaris Container con su aplicación correspondiente.

```
colaboracion-app / # stress --cpu 200 --vm 200 --vm-bytes 512K --timeout 1h
--backoff 2 -i 200
stress: info: [17311] dispatching hogs: 200 cpu, 200 io, 200 vm, 0 hdd
stress: info: [17311] successful run completed in 3616s

colaboracion-db / # stress --cpu 200 --vm 200 --vm-bytes 512K --timeout 1h
--backoff 2 -i 200
stress: info: [17308] dispatching hogs: 200 cpu, 200 io, 200 vm, 0 hdd
stress: info: [17308] successful run completed in 3619s

ecommerce-app / # stress --cpu 5000 --vm 5000 --vm-bytes 128K --timeout 1h
--backoff 2 -i 5000
stress: info: [17309] dispatching hogs: 1500 cpu, 1500 io, 1500 vm, 0 hdd
stress: info: [17309] successful run completed in 3630s

ecommerce-db / # stress --cpu 5000 --vm 5000 --vm-bytes 128K --timeout 1h -
-backoff 2 -i 5000
stress: info: [17310] dispatching hogs: 5000 cpu, 5000 io, 5000 vm, 0 hdd
stress: info: [17310] successful run completed in 3634s

joomla-app / # stress --cpu 5000 --vm 5000 --vm-bytes 128K --timeout 1h --
backoff 2 -i 5000
stress: info: [17312] dispatching hogs: 5000 cpu, 5000 io, 5000 vm, 0 hdd
stress: info: [17312] successful run completed in 3636s

joomla-db / # stress --cpu 5000 --vm 5000 --vm-bytes 128K --timeout 1h --
backoff 2 -i 5000
stress: info: [17313] dispatching hogs: 5000 cpu, 5000 io, 5000 vm, 0 hdd
stress: info: [17313] successful run completed in 3638s
```

Análisis: Para las aplicaciones de Joomla y de ecommerce se generan 5000 peticiones por hora. En los servidores de aplicación, como ecommerce-app y Joomla-app, y en los servidores de base de datos, como ecommerce-db y Joomla-db, se realizó la misma prueba con las mismas características y el resultado fue exitoso, al generar una carga de 5000 procesos, cada Solaris Container cumple de forma eficaz los requerimientos para soportar la carga generada.

Prueba 2: Generar carga hacia cada aplicación con la herramienta Apache JMeter.

Objetivo: Evaluar el uso de recursos de CPU y Memoria RAM en el Sistema Operativo Base.

Realización de la prueba

Se configuro la herramienta Apache JMeter para generar 25000 peticiones para las aplicaciones de Comercio Electrónico (figura 5.4), Manejador de contenidos (figura 5.5) y Sitio de Colaboración (figura 5.6) con una duración de 5 horas, esto sería equivalente a 5000 usuarios por hora. Para el Sitio de Colaboración se configuraron 1000 usuarios con duración de 5 horas, equivalente a 200 usuarios por hora.

- Aplicación de Comercio Electrónico

Muestra #	Start Time	Thread Name	Label	Tiempo de Muestra (m)	Status	Bytes
1	02:04:22.790	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP1	2340	Success	51394
2	02:04:25.130	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP2	1640	Success	40578
3	02:04:26.770	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP3	2162	Success	47432
4	02:04:28.932	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP4	1472	Success	38795
5	02:04:30.404	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP5	1964	Success	49312
6	02:04:32.369	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP6	2198	Success	47949
7	02:04:34.567	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP7	2180	Success	49191
8	02:04:36.747	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP8	1461	Success	37618
9	02:04:38.208	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP9	1496	Success	38854
10	02:04:39.795	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP10	1219	Success	31753
11	02:04:40.925	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP1	1902	Success	51396
12	02:04:42.828	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP2	1641	Success	40764
13	02:04:44.469	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP3	2074	Success	47975
14	02:04:46.544	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP4	1464	Success	38476
15	02:04:48.011	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP5	1910	Success	49059
16	02:04:49.921	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP6	2125	Success	47675
17	02:04:52.048	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP7	2204	Success	48972
18	02:04:54.250	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP8	1477	Success	38083
19	02:04:55.727	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP9	1512	Success	38890
20	02:04:57.239	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP10	1210	Success	32323
21	02:04:58.450	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP1	1929	Success	51503
22	02:05:00.379	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP2	1660	Success	40846
23	02:05:02.040	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP3	2169	Success	48435
24	02:05:04.210	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP4	1498	Success	38609
25	02:05:05.708	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP5	1936	Success	49220
26	02:05:07.645	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP6	2076	Success	47563
27	02:05:09.722	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP7	2154	Success	47218
28	02:05:11.876	Usuarios Esperados - ecommerce	Petición HTTP8	1460	Success	38574

No. de Muestras 25000 Última Muestra 1487 Media 7721 Desviación 3775

Figura 5.4 Apache JMeter simulación de carga de trabajo para Comercio Electrónico

- Aplicación de Manejador de Contenidos

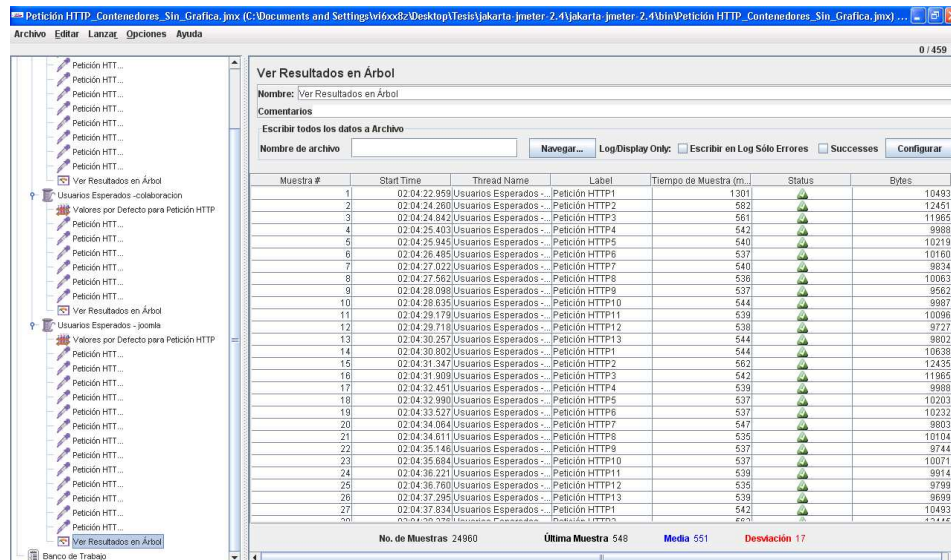


Figura 5.5 Apache JMeter simulación de carga de trabajo para Manejador de Contenidos

- Aplicación de Sitio de Colaboración

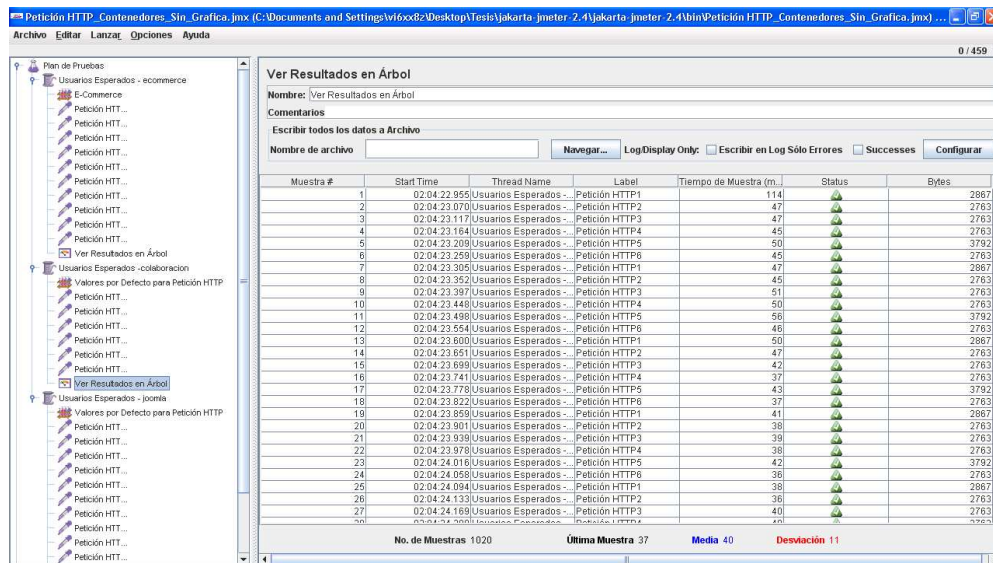
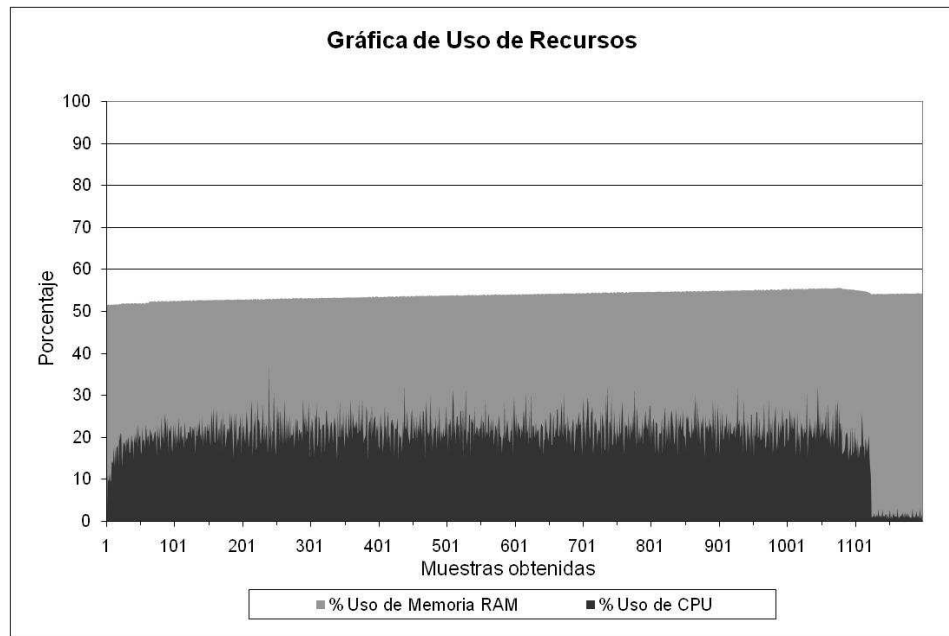


Figura 5.6 Apache JMeter simulación de carga de trabajo para Sitio de colaboración

Resultados

Del monitoreo implementado durante la ejecución de la prueba, con los comandos `sar` y `vmstat` se obtuvieron 1200 muestras para determinar el porcentaje de uso de CPU y el porcentaje de uso de Memoria RAM en el Sistema Operativo Base. El comportamiento de los recursos del servidor se muestra en la gráfica 5.4.

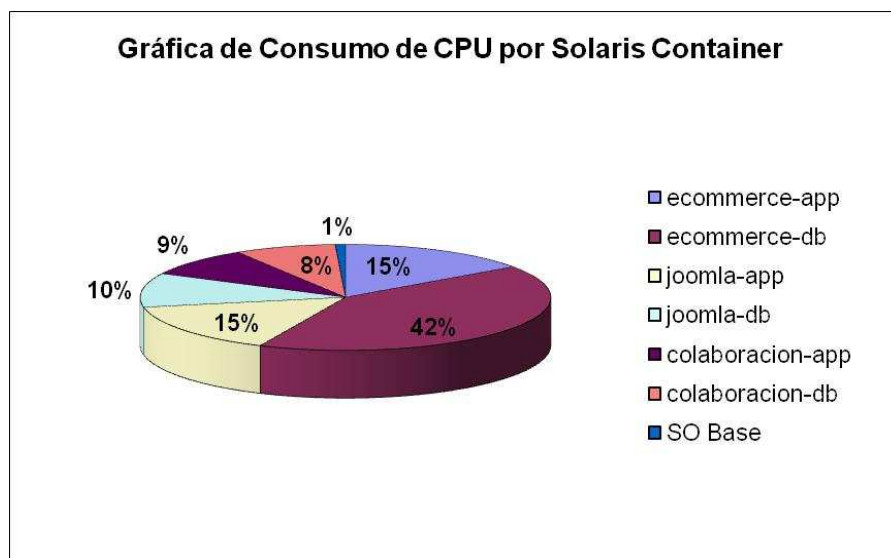


Grafica 5.4 Uso de recursos

Al iniciar la prueba el consumo de CPU y Memoria RAM se eleva considerablemente a comparación de los resultados obtenidos anteriormente.

El promedio obtenido del porcentaje de CPU utilizado es 20.25% y de Memoria RAM es 53.91%.

Tomando el porcentaje de uso de CPU, observamos que este se divide en los Solaris Containers, por lo que con ayuda del monitoreo implementado, se obtuvo que este porcentaje se divide de la forma que se muestra en la gráfica 5.5.



Grafica 5.5 Consumo de CPU

La aplicación de Comercio Electrónico es la que más consume recursos de CPU y Memoria RAM, seguida por el Manejador de Contenidos y el Sitio de Colaboración. Mientras que el Sistema Operativo Base solo consume 1% de los recursos del servidor.

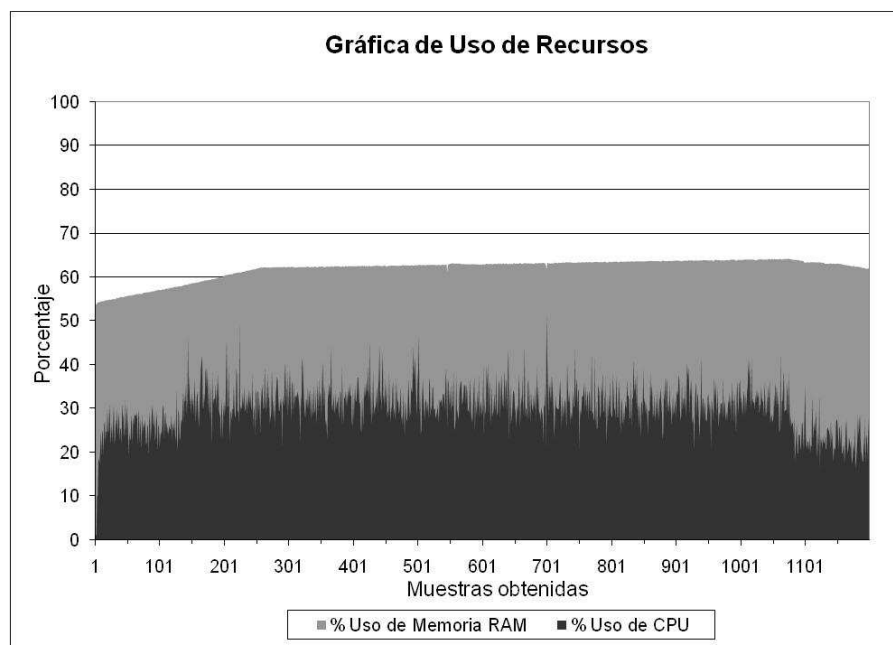
Prueba 3: Generar el doble de carga hacia cada aplicación con la herramienta Apache JMeter.

Objetivo: Evaluar el uso de recursos de CPU y Memoria RAM en el Sistema Operativo Base.

Realización de la prueba

Se configuro la herramienta Apache JMeter para generar 50000 peticiones para las aplicaciones de Comercio Electrónico y Manejador de contenidos con una duración de 5 horas, esto sería equivalente a 10000 usuarios por hora. Para el Sitio de Colaboración se configuraron 2000 usuarios con duración de 5 horas, equivalente a 400 usuarios por hora.

Resultados



Grafica 5.6 Uso de recursos

En la Grafica 5.6 se observa que el promedio obtenido del porcentaje de CPU utilizado es 30.22% y de Memoria RAM es 63%.

La tabla 5.2 contiene un resumen de los resultados obtenidos para la evaluación del aprovechamiento de los recursos.

	Sin Virtualización		Con Virtualización		
	Servidor y Sistema Operativo	Servidor con aplicación Comercio Electrónico	Servidor con Solaris Containers	Servidor con Solaris Containers y Aplicaciones	Servidor con Solaris Containers y Aplicaciones con carga de trabajo doble
% Uso de CPU	0.26	6.64	0.53	20.25	30.22
% Uso de Memoria RAM	29.77	31.84	37.14	53.91	63

Se puede observar el aprovechamiento máximo de los recursos del servidor cuando se utiliza una arquitectura con Virtualización. Ambos casos presentados en la tabla (Sin virtualización y Con Virtualización), son sobre el mismo servidor Sun Fire T2000 y en ambos casos, se cuenta con la misma configuración de hardware.

Sin Virtualización los recursos del servidor no se aprovechan, se tiene un procesador de 4 cores trabajando a un máximo del 6.64% y 8GB de RAM a un máximo del 31.84%. Estos datos se recopilaron del servidor sin virtualizar. Viendo la siguiente columna, podemos apreciar a simple vista que con los ambientes virtualizados mediante Solaris Containers se aprovechan más los recursos de hardware. Se observa que el máximo uso del procesador es al 30.22%, más del doble que con una arquitectura sin virtualizar. Y el uso máximo de la memoria RAM es un 63%, un poco más del doble que sin virtualización.

Analizando la tabla, podemos concluir que nuestra solución de Virtualización mediante Solaris Containers, genera un mejor aprovechamiento de los recursos de hardware del servidor y ningún componente se subutiliza, aprovechando todos los recursos con los que se cuenta.

5.3.2 Costo total de propiedad o Total Costo of Ownership (TCO)

Como ya se ha mencionado a lo largo de esta Tesis, el Coste Total de Propiedad (TCO en sus siglas en inglés) es un tema muy importante de negocios, ya que una vez entendido se vuelve un factor crítico para identificar el Retorno de Inversión (ROI por sus siglas en inglés) de un proyecto de TI.

Cuando una organización o una compañía está desarrollando un proyecto, siempre se toma en cuenta el valor del TCO cuando se empieza a tocar el delicado tema del gasto que representará para la compañía, el llevar a cabo un proyecto. Para poder medir el éxito de un proyecto se debe de medir el TCO antes de llevar a cabo el proyecto y después de un tiempo ya implementado, para poder apreciar el coste real que representó el proyecto.

Medir el TCO no es fácil y la mayoría de las veces depende de los valores que realmente le interesen a la compañía, es decir, una organización o compañía debe de preguntarse cuáles valores son importantes para ella, como pueden ser el ahorro de energía, el costo de espacio, el costo de administración de los equipos, etc.

Existen varios modelos de TCO, entre los cuales se encuentran:

- Coste Total de Propiedad (TCO). Un concepto desarrollado por Gartner, es una metodología que se enfoca en los costes del entorno de TI (espacio, energía, recursos, etc).
- Impacto Económico Total (TEI). Desarrollado por Giga Information Group, se enfoca en cómo una solución impacta todas las áreas de negocio de una organización.
- Valor Total de Propiedad (TVO). Desarrollado por Lucidus Ltd. Esta metodología tiene como principal objetivo, no sólo medir el impacto de un proyecto, sino también medir el valor agregado que aporta el proyecto a la organización.

Para este análisis, nos basamos en el modelo de Gartner para medir el TCO que representa el proyecto.

Gartner define el Coste Total de Propiedad (en adelante TCO), como todo el coste asociado a un proyecto de TI, es decir, no sólo toma en cuenta el coste del *hardware*, también toma en cuenta otros costes que van ligados a éste, como son: el costo de adquisición del *hardware*, la instalación, la implementación, la administración, el mantenimiento e incluso la desinstalación del *hardware*. Normalmente, el costo de

adquisición del hardware representa un 15% del TCO y el resto corresponde al costo de administración e implementación del proyecto en su totalidad.

El modelo de Gartner define 2 categorías para definir costo: Costos Directos y Costos Indirectos. Dentro de la primera categoría, se encuentran el costo del *hardware* y del *software*, administración de sistemas, almacenamiento, soporte, recursos, servicios de consultoría, etc. Los Costos Indirectos abarcan la parte del servicio que ofrece la solución del proyecto de TI, como es la disponibilidad y el *downtime* en caso de falla del sistema.

Para realizar el análisis de TCO, existe una herramienta desarrollada por Gartner llamada *Gartner's TCO Manager*, la cual contiene una extensa base de datos recolectada de 300 centros de datos de 200 compañías diferentes. La herramienta tiene un costo de licencia, no existen versiones de demostración; pero la recomendamos ampliamente para aquellas organizaciones que cuenten con los recursos necesarios.

Realizamos un análisis de TCO basándonos en los siguientes supuestos:

- El siguiente análisis de TCO es un análisis simple de los ahorros que se generan al consolidar servidores mediante la virtualización.
- El inventario usado como base del análisis está compuesto por 3 servidores físicos, que son los que se tomarán en cuenta para la consolidación mediante virtualización.
- Los servidores del inventario incluye las marcas Sun Microsystems.
- El servidor Sun Fire T2000 es la plataforma usada para la virtualización. El costo del servidor y su configuración es de \$60,000 USD. Este costo es un estimado y no incluye descuentos.
- Todos los datos del análisis están basados en precios estimados. Los costos reales pueden diferir con los de este análisis.
- Los resultados obtenidos de este análisis representan un aproximado del ahorro que se puede lograr mediante la consolidación de servidores, pero no garantiza que los datos aquí obtenidos se cumplan.

Como primer paso, se obtiene el análisis de TCO de acuerdo a la arquitectura actual, es decir, antes de la virtualización de servidores. De esta manera después podremos hacer una comparativa de costos entre la situación actual y la propuesta.

Todos los datos contenidos en las tablas están expresados en dólares americanos y en tiempo corresponden a 1 año.

- Tabla 5.3 Análisis de TCO del Escenario No Virtualizado

Costos Directos		Año 1	Total (\$)	% del Costo Total
Hardware				
Servidores		\$ 403,200.00	\$ 403,200.00	45.4%
Consolas		\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	1.1%
Periféricos		\$ -	\$ -	0.0%
Componentes de Red		\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	1.1%
Costo de Mantenimiento		\$ 48,384.00	\$ 48,384.00	5.4%
Energía (Enfriamiento y Alimentación)		\$ 5,936.00	\$ 5,936.00	0.7%
Costo total de Hardware		\$ 477,520.00	\$ 477,520.00	53.7%
Software				
Licencias		\$ -	\$ -	0.0%
Costo de Mantenimiento		\$ -	\$ -	0.0%
Costo total de Software		\$ -	\$ -	0.0%
Administración				
Red		\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	2.3%
Servidores		\$ 60,000.00	\$ 60,000.00	6.8%
Almacenamiento		\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	2.3%
Bases de Datos		\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	2.3%
Servidores de Aplicaciones		\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	2.3%
Costo total de Administración		\$ 140,000.00	\$ 140,000.00	15.8%
Soporte				
Personal de Soporte		\$ 60,000.00	\$ 60,000.00	6.8%
Entrenamiento		\$ 9,000.00	\$ 9,000.00	1.0%
Adquisiciones		\$ -	\$ -	0.0%
Viáticos		\$ -	\$ -	0.0%
Contratos de Soporte		\$ 90,000.00	\$ 90,000.00	10.1%
Actividades Extras		\$ -	\$ -	0.0%
Costo total de Soporte		\$ 159,000.00	\$ 159,000.00	17.9%
Implementación				
Desarrollo/Personalización/Integración		\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	3.4%
Entrenamiento		\$ -	\$ -	0.0%
Consultoría		\$ -	\$ -	0.0%
Otros		\$ -	\$ -	0.0%
Costo total de Implementación		\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	3.4%
Telecomunicaciones				
Red Local		\$ 1,350.00	\$ 1,350.00	0.2%
Red Externa		\$ 36,000.00	\$ 36,000.00	4.1%
Acceso Remoto		\$ -	\$ -	0.0%
Costo total de Telecomunicaciones		\$ 37,350.00	\$ 37,350.00	4.2%
Total de Costos Directos				
		\$ 843,870.00	\$ 843,870.00	94.9%

Costos Indirectos	Año 1	Total (\$)	% del Costo Total
Usuario Final			
Entrenamiento del Usuario Final	\$ -	\$ -	0.0%
Entrenamiento informal del usuario	\$ -	\$ -	0.0%
Desarrollo en Casa de aplicaciones	\$ -	\$ -	0.0%
Mantenimiento de Archivos	\$ -	\$ -	0.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
Costo total de Usuario Final	\$ -	\$ -	0.0%
Tiempo fuera de línea			
Tiempo fuera de línea planeado	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00	1.7%
Tiempo fuera de línea no planeado	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	3.4%
...	\$ -	\$ -	0.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
Costo total del tiempo fuera de línea	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	5.1%
Total de Costos Indirectos			
	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	5.1%

Costos Directos	Año 1	Total (\$)	% del Costo Total
Costo total de Hardware	\$ 477,520.00	\$ 477,520.00	53.7%
Costo total de Software	\$ -	\$ -	0.0%
Costo total de Administración	\$ 140,000.00	\$ 140,000.00	15.8%
Costo total de Soporte	\$ 159,000.00	\$ 159,000.00	17.9%
Costo total de Implementación	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	3.4%
Costo total de Telecomunicaciones	\$ 37,350.00	\$ 37,350.00	4.2%
Total de Costos Directos	\$ 843,870.00	\$ 843,870.00	94.9%
Costos Indirectos			
	Año 1	Total (\$)	% del Costo Total
Costo total de Usuario Final	\$ -	\$ -	0.0%
Costo total del tiempo fuera de línea	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	5.1%
Total de Costos Indirectos	\$ 45,000.00	\$ 45,000.00	5.1%
Total Costos	\$ 888,870.00	\$ 888,870.00	

La tabla 5.3 refleja el costo total que representa una arquitectura no virtualizada para nuestro caso de estudio.

Se toman en cuenta datos que implican un costo y que tienen que ver con el hardware. Por ejemplo: los recursos de administración del centro de datos, los recursos de soporte para los servidores, el entrenamiento del personal, etc.

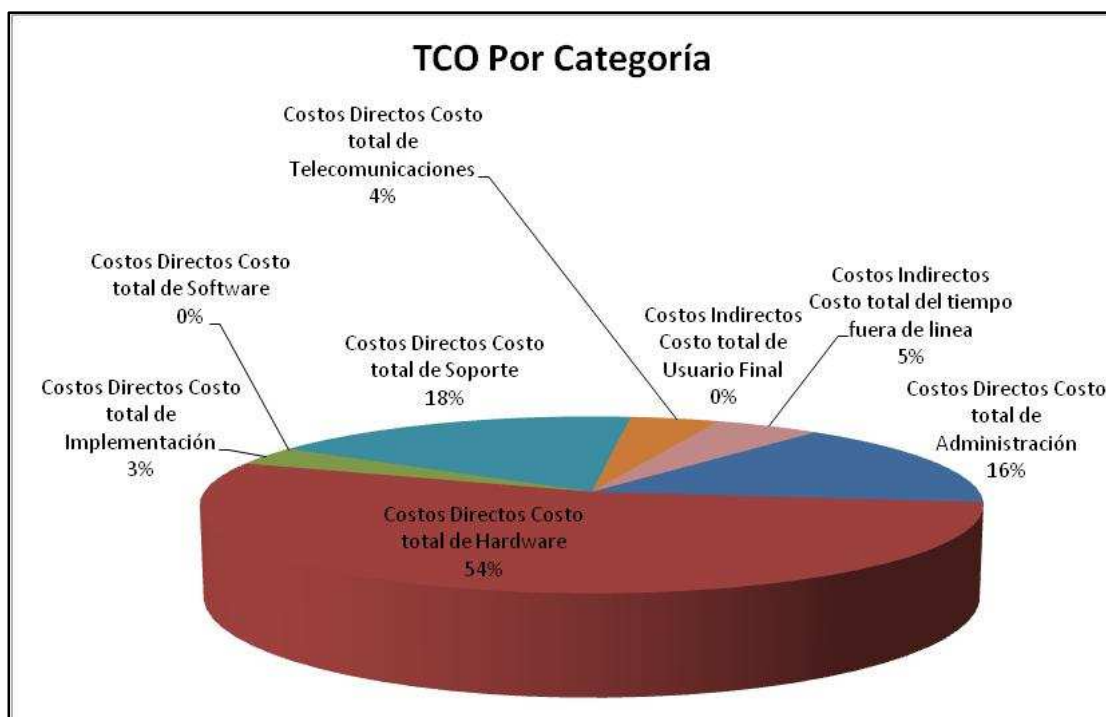
Como se mencionó al inicio de este subtema, existen dos tipos de costo según el modelo de Gartner: los directos y los indirectos.

Alrededor del hardware existen diferentes tipos de costo directo que deben de tomarse en cuenta, ya que pueden ser representativos al momento de generar un análisis de Costo Total.

Se recomienda tomar en cuenta costos como los que se abarcan en la tabla: costo de adquisición del hardware, otro equipo relacionado con él (consolas, computadoras de escritorio, switches, cables, etc), licencias de software si es que aplica. En nuestro caso, no se incluyen costos de licenciamiento de software ya que todo el software usado en la Tesis es libre y gratuito; pero si se llega a trabajar con un licenciamiento de software, deberá de incluirse en el TCO.

En la tabla observamos que el costo anual de una arquitectura que comprende 3 servidores sin virtualizar, tiene un costo total anual de \$888,870.00 USD. Es decir, tomando en cuenta que cada servidor contiene únicamente una aplicación, más todos los costos que estos generan a su vez (mantenimiento, administración, soporte, etc) representan un gasto anual de más de medio millón de dólares.

Enseguida se muestra la gráfica 5.13 en donde se aprecia la proporción del costo total de propiedad por cada categoría considerada, considera tanto costos directos como costos indirectos. Es notorio que en el caso de los servidores no virtualizados, en un horizonte de un año, el costo del hardware representa más del 50% del costo total de propiedad, aspecto que ha de considerarse para el análisis del costo total de propiedad con servidores virtualizados.



Grafica 5.13 Escenario No Virtualizado

En el siguiente apartado, se lleva a cabo el análisis de Costo Total pero para la arquitectura propuesta en esta Tesis, con virtualización mediante Solaris Containers. Se puede apreciar claramente una diferencia entre ambos análisis presentados.

- Tabla 5.4 Análisis de TCO con Virtualización

Costos Directos	Año 1	Total (\$)	% de Costo Total
Hardware			
Servidores	\$ 134,400.00	\$ 134,400.00	26.8%
Clientes	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	2.0%
Periféricos	\$ -	\$ -	0.0%
Componentes de Red	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	2.0%
Mantenimiento	\$ 16,128.00	\$ 16,128.00	3.2%
Costo de energía	\$ 1,978.85	\$ 1,978.85	0.4%
Costo Total de Hardware	\$ 172,506.85	\$ 172,506.85	34.4%
Software			
Licencia	\$ -	\$ -	0.0%
Mantenimiento		\$ -	0.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
Costo Total de Software	\$ -	\$ -	0.0%
Administración			
Redes	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	4.0%
Sistemas	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	4.0%
Almacenamiento	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	4.0%
DBA	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	4.0%
Aplicativos	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	4.0%
Costo Total de Administración	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	19.9%
Soporte			
Recursos de Soporte	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	6.0%
Entrenamiento	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	0.6%
Procurement procedures	\$ -	\$ -	0.0%
Viajes	\$ -	\$ -	0.0%
Contratos de Soporte	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	4.0%
Horas Extra	\$ -	\$ -	0.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
Costo Total de Soporte	\$ 53,000.00	\$ 53,000.00	10.6%
Implementación			
Desarrollo/customización/integración	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	4.0%
Entrenamiento		\$ -	0.0%
Consultoría/ Servicios de Integración	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	6.0%
Otro	\$ -	\$ -	0.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
Costo Total de Desarrollo	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00	10.0%
Gastos de Comunicación			
Local Area Network	\$ 450.00	\$ 450.00	0.1%
Wide Area Network	\$ 36,000.00	\$ 36,000.00	7.2%
Acceso Remoto	\$ -	\$ -	0.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
Gastos Totales de Comunicación	\$ 36,450.00	\$ 36,450.00	7.3%
Costos Totales Directos	\$ 411,956.85	\$ 411,956.85	82.1%

Costos Indirectos	Año 1	Total (\$)	% de Costo Total
Usuarios Finales			
Entrenamiento Formal		\$ -	0.0%
Entrenamiento Informal		\$ -	0.0%
Auto desarrollo de aplicaciones	\$ -	\$ -	0.0%
Mantenimiento de Archivos Locales	\$ -	\$ -	0.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
Costo Total de Usuarios Finales	\$ -	\$ -	0.0%
Baja de Servicio			
Baja de Servicio Programada	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	6.0%
Baja de Servicio no Programada	\$ 60,000.00	\$ 60,000.00	12.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
...	\$ -	\$ -	0.0%
Costo Total de Baja de Servicio	\$ 90,000.00	\$ 90,000.00	17.9%
Costos Totales Indirectos	\$ 90,000.00	\$ 90,000.00	17.9%
Costo Total	\$ 501,956.85	\$ 501,956.85	

En la tabla 5.4 se realizó un análisis y se puede apreciar que el costo total al año de una solución virtualizada, es de \$501,956.85 USD. Se tomaron en cuenta valores de costo de hardware, entre los que se encuentran: el costo de adquisición del servidor usado para virtualizar, que en nuestro caso se trata de un servidor Sin Fire T2000. También se toman otros valores de hardware como las computadoras de escritorio, equipo de redes de datos, costo de energía del hardware y el mantenimiento del mismo.

Para calcular el costo de energía nos basamos en el consumo de “placa” del Servidor Sun Fire T2000, el cual está especificado en una hoja técnica del servidor y que también se encuentra en el Anexo 1 de este trabajo de Tesis. Ya contando con el valor del consumo de energía del servidor en Watts, este valor se multiplica por las horas de funcionamiento del mismo, es decir:

$$(W \times 24 [h]) = kW/h$$

De esta manera obtenemos el valor de consumo en kilowatts del servidor por hora. Después basándonos en el costo de la energía eléctrica en nuestro país, el cual obtuvimos de la página oficial de Comisión Federal de Electricidad, el costo del kilowatt por hora es de un promedio de 3.285 pesos.

Dado que nuestro análisis de TCO está expresado en dólar americano (USD), el costo del kilowatt por hora es de 0.2657 USD. Por lo que el consumo de energía del servidor

Sun Fire T2000 al año es de \$1047.692 USD. A esto se debe de sumar la energía consumida por el aire acondicionado, el cual se expresa normalmente en unidades de medida llamadas BTU.

Continuando con el análisis de TCO con Virtualización mostrado en la tabla anterior, también se toman en cuenta los costos de los recursos de administración y soporte de un centro de datos, como son los Administradores de Sistemas, los Administradores de Bases de Datos (DBA), los Administradores de Redes, etc. Cada recurso o persona asignada a una tarea, también representa un costo a la organización.

En la tabla se puede apreciar que los costos de Software están en ceros. Esto se debe a que nuestro caso de uso contempla software libre y gratuito, lo que no genera un impacto en los costos.

Otros datos que se tomaron en cuenta para este análisis de TCO, son el costo del soporte del hardware, la implementación de la solución virtualizada (Instalación de Sistema Operativo, Configuración, creación de containers, etc), servicios de consultoría, entrenamiento de los recursos internos, etc.

En la sección de Costos Indirectos existen dos valores que se identifican como “Baja de Servicio Programada” y “Baja de Servicio No Programada”. Esto se incluye ya que siempre que se realiza una migración, una renovación tecnológica o un cambio en la arquitectura actual del centro de datos o de un servicio en particular, se corre un riesgo, el cual siempre tendrá un impacto en la producción del centro de datos. Aún sin llevar a cabo un cambio en el centro de datos o en la arquitectura de un servicio en particular, siempre existe el riesgo de una falla.

Por esto mismo, deben de tomarse en cuenta estos valores, ya que toda baja de servicio representa un costo a la organización y cuando se lleva a cabo una modificación en la arquitectura, el impacto puede ser mayor a lo normal.

Comparando la tabla de “Análisis de Costo Actual” con la tabla “Análisis de Costo con Virtualización”, se observa que dentro de los costos indirectos existe una diferencia en los valores de cada tabla y los costos de “Baja de Servicio” son mayores en la segunda tabla; esto es por la virtualización de los servicios.

Esto no significa que cada año se vayan a tener estos costos como impacto de la virtualización. Los datos de la tabla únicamente representan el primer año que es cuando pueden surgir problemas de mala configuración que requieran dar de baja por un tiempo el servicio, falta de entrenamiento de los recursos de soporte, falta de actualizaciones, etc.

Todos estos son problemas comunes pero que pueden corregirse, y esto se debe de tomar en cuenta en un análisis de TCO.

A continuación se muestra el resumen de las gráficas del Análisis de TCO con Virtualización.

Gráficas del Resumen del Análisis de TCO con Virtualización

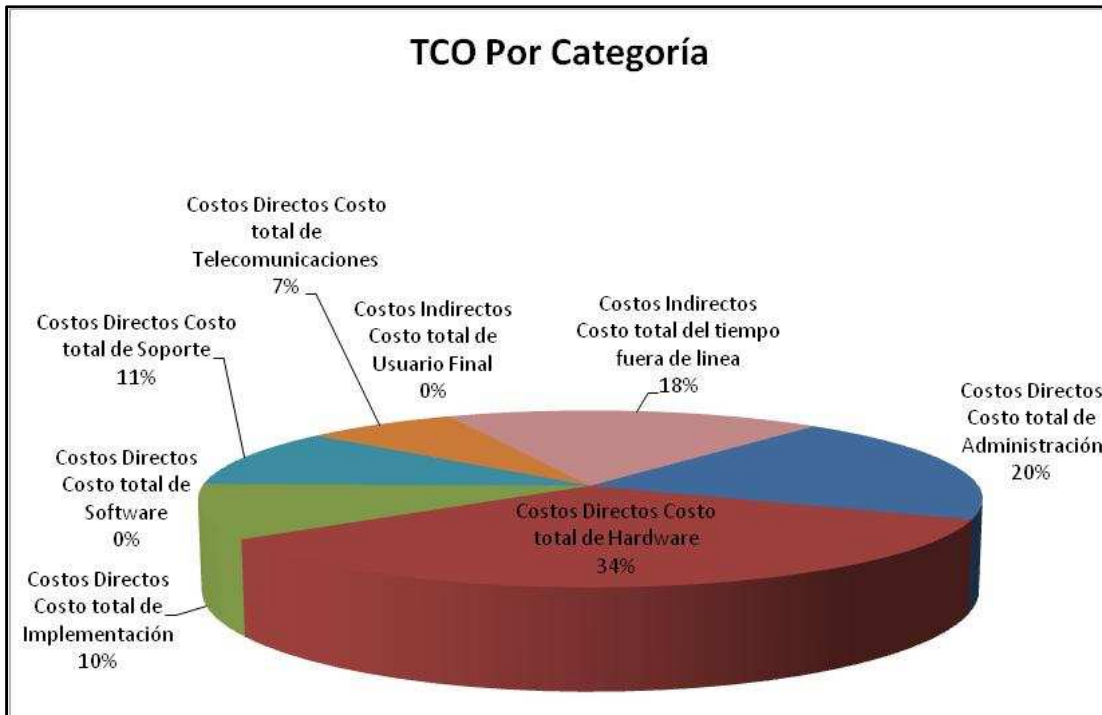
Tabla 5.5

Costos Directos	% del Costo Total
Total Hardware Costs	34.4%
Total Software Costs	0.0%
Total Management Costs	19.9%
Total Support Costs	10.6%
Total Development Costs	10.0%
Total Communication Fees	7.3%
Costo Directo Total	82.1%

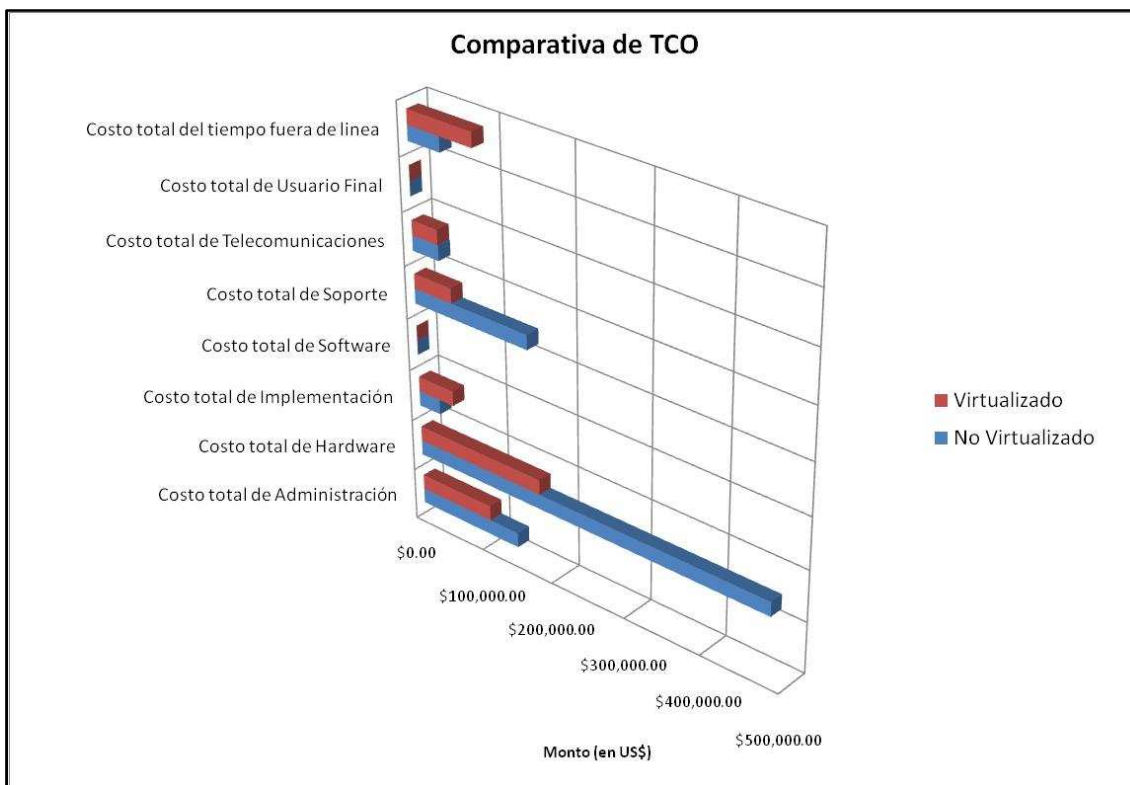
Costo Indirecto	% del Costo Total
Total End User IS costs	0.0%
Total Downtime costs	17.9%
Costo Total Indirecto	17.9%

	Año 1
Total Direct Costs	\$ 411,956.85
Total Indirect Costs	\$ 90,000.00

Tal como se mostró en el escenario de servidores No Virtualizados, en la gráfica 5.14 se muestra la comparativa por categoría en el costo total de propiedad. En proporción, el costo de adquisición de hardware bajó de más del 50% en el escenario No Virtualizado a 34% en el escenario Virtualizado, sin embargo el ahorro real se aprecia en la gráfica 5.15, donde se compara categoría por categoría entre ambos escenarios.



Grafica 5.14 Escenario virtualizado



Grafica 5.15 Comparativa de TCO

En base a la gráfica 5.15 el Análisis de TCO No Virtualizado contra el Análisis de TCO con Virtualización, puede apreciarse a simple vista que el costo de la solución con virtualización tiene un ahorro de aproximadamente \$400,000 USD.

El resultado del análisis mostrado comprueba que una arquitectura virtualizada genera un ahorro sustancial del costo total de un centro de datos.

5.3.3 Espacio físico

Se obtienen las especificaciones del servidor del documento Guía de planificación de la instalación Servidor Sun SPARC Enterprise T2000, donde se proporcionan las especificaciones físicas, dimensiones de altura, ancho, profundidad y peso, así como los requerimientos para la correcta instalación del servidor.

Especificaciones físicas		
Dimensiones	EE.UU.	Sistema métrico
Ancho	17,3 pulgadas	440 mm
Profundidad	24,3 pulgadas	617 mm
Altura (2 unidades de bastidor)	3,5 pulgadas	89 mm
Peso aproximado (sin tarjetas PCI ni piezas de montaje en el bastidor)	40 lb	18 kg

Resultados

Escenario no Virtualizado



Fig. 5.7 Consumo de energía

Escenario Virtualizado

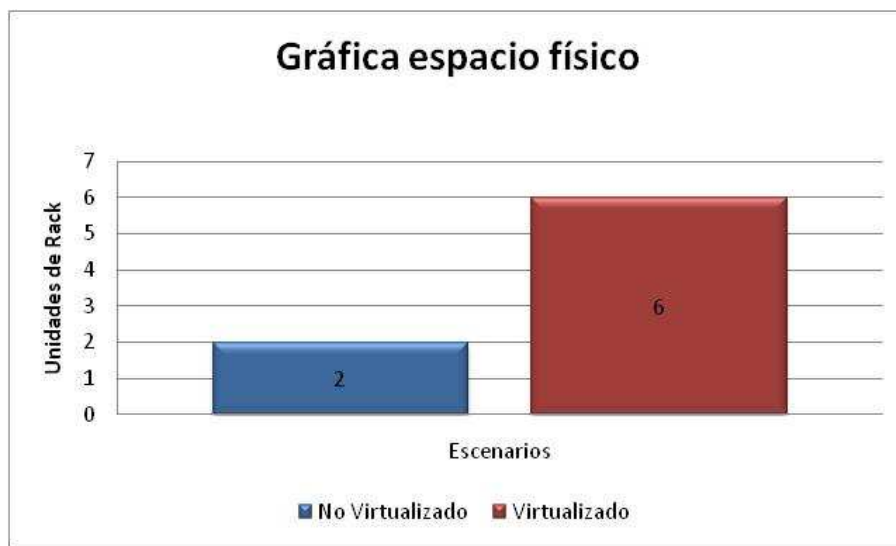


Figura 5.8 Consumo de energía

Análisis de Resultados

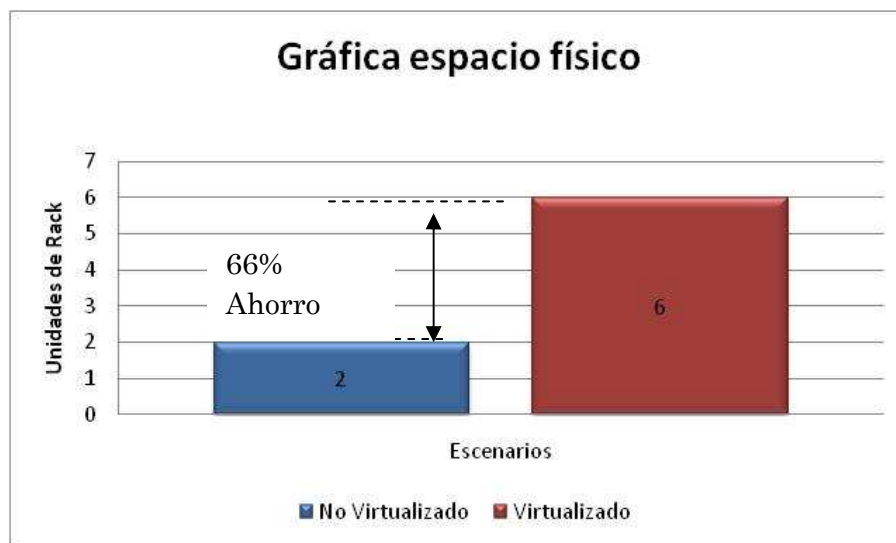
La figura 5.7 muestra que cada servidor ocupa 2U (Unidades de Rack) o 89 mm, entonces con los 3 servidores se ocupa 6 U (Unidades de Rack).

La figura 5.8 muestra que en este escenario gracias a la virtualización, se consolidan los servidores en un solo equipo, cuyo espacio en Rack es de solamente 2U (Unidades de Rack).



Grafica 5.7 Espacio físico en unidades de rack

Se observa en la gráfica 5.7 que un escenario no Virtualizado, los servidores en el Rack ocupan más del doble de espacio que un escenario Virtualizado.



Grafica 5.8 Porcentaje de espacio ahorrado

En la gráfica 5.8 se muestra que en los escenarios Virtualizados representan un ahorro del **66%** de espacio que se ocupa en un Rack.

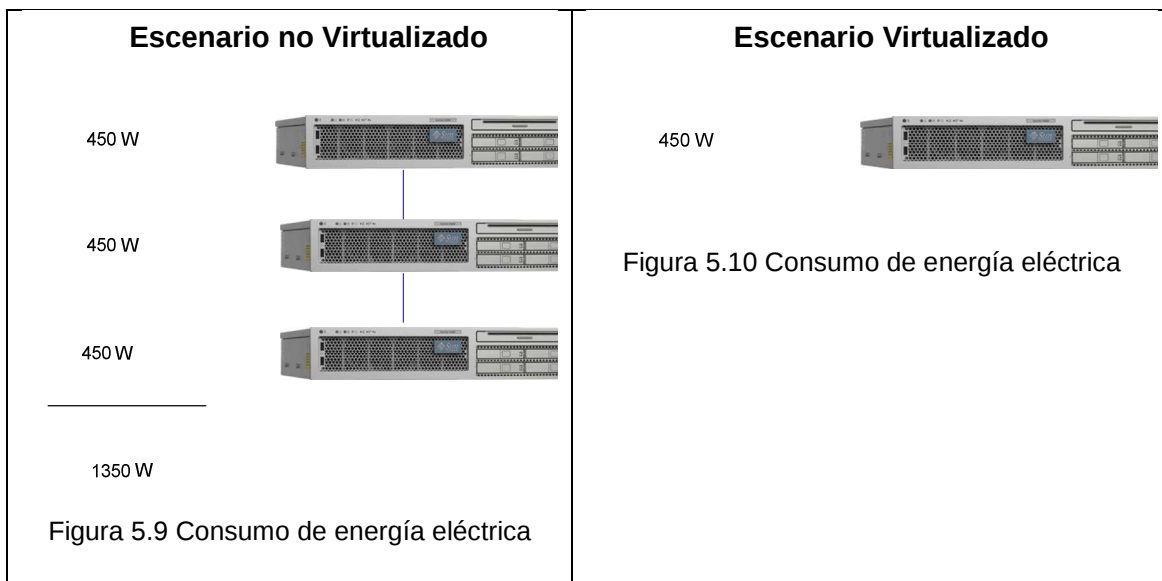
5.3.4 Energía eléctrica consumida

Se obtienen las especificaciones del servidor del documento Guía de planificación de la instalación Servidor Sun SPARC Enterprise T2000, donde se proporcionan las especificaciones de voltaje y potencia, así como los requerimientos para la correcta instalación del servidor.

Sun SPARC Enterprise T2000

Descripción	Especificación
Escala de voltajes de entrada operativos	De 100 a 240 VCA, 50-60 Hz
Máxima intensidad de corriente de entrada operativa	4,5 A a 100 - 120 VCA 2,25 A a 200 - 240 VCA
Máxima potencia de entrada operativa	450 W
Máxima disipación térmica	1.365 BTU/h (1.440 KJ/h)

Resultados



Escenario no Virtualizado

En la figura 5.9 se observa que en este escenario se tienen 3 servidores, cada uno consume 450W y por lo tanto el consumo total de estos servidores es de **1350 W/h**.

Se obtiene el costo promedio del año 2010 para la ciudad de México, el cual es de \$3.2805 pesos por KW/h y correspondiente a U\$ 0.2657 KWh y se tiene que cada servidor consume 450 Wh entonces se obtiene:

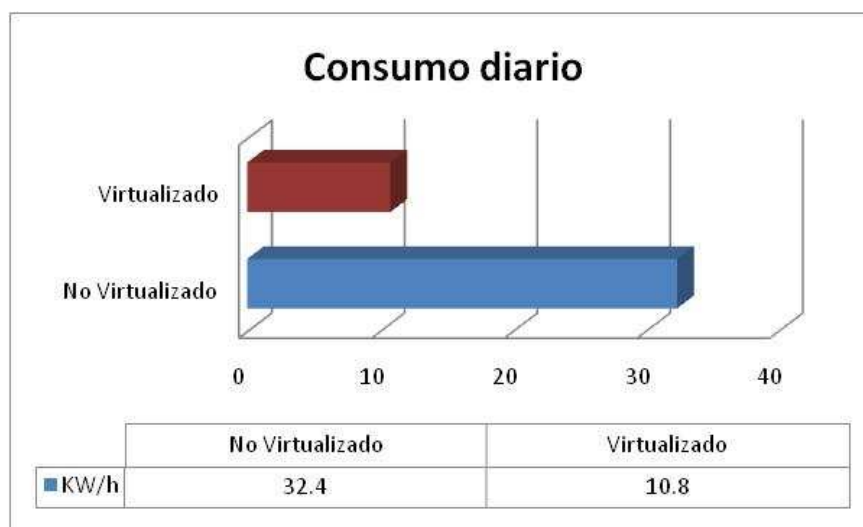
- Consumo diario de **32.4 KW/h**
- Consumo Anual de **11826 KW/h**
- Costo Anual de **U\$3,142**

Escenario Virtualizado

En la figura 5.10 se observa que en este escenario gracias a la virtualización, se consolidan los servidores en un solo equipo, cuyo consumo total es de 450Wh

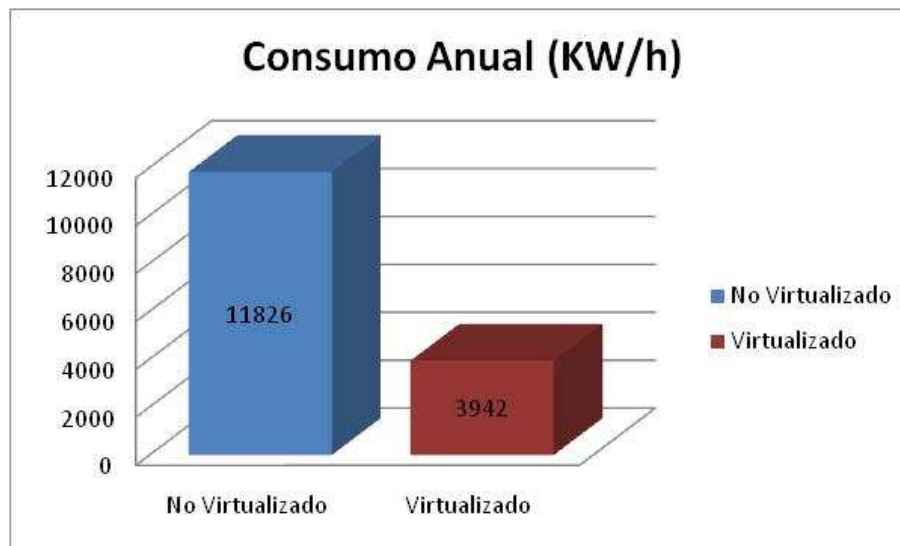
- Consumo diario 32.4 KW/h
- Consumo Anual de 3942 KW/h
- Costo Anual de U\$1,048

Análisis de Resultados



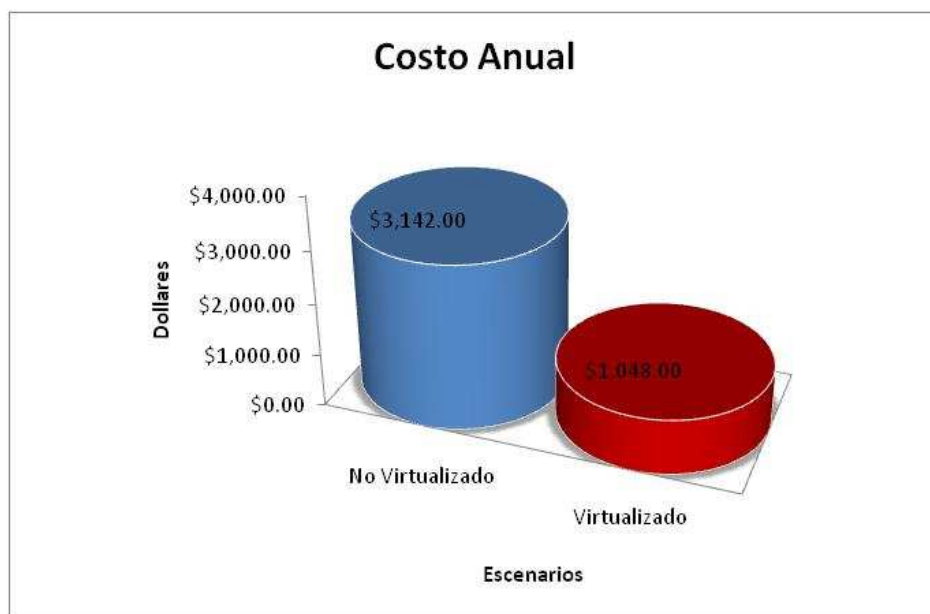
Grafica 5.9 Consumo diario de los servidores

En la gráfica 5.9 se observa que el consumo diario es mayor del 50% en escenario sin virtualización, que uno virtualizado.



Grafica 5.10 Consumo anual de los servidores

Se muestra en la gráfica 5.10 que en el escenario sin virtualizar el consumo es muy alto en comparación con uno virtualizado. En el ambiente virtualizado se ahorran 7884 KW/h Anuales y esto se ve directamente reflejado en los costos asociados con la energía.



Grafica 5.11 Consumo anual

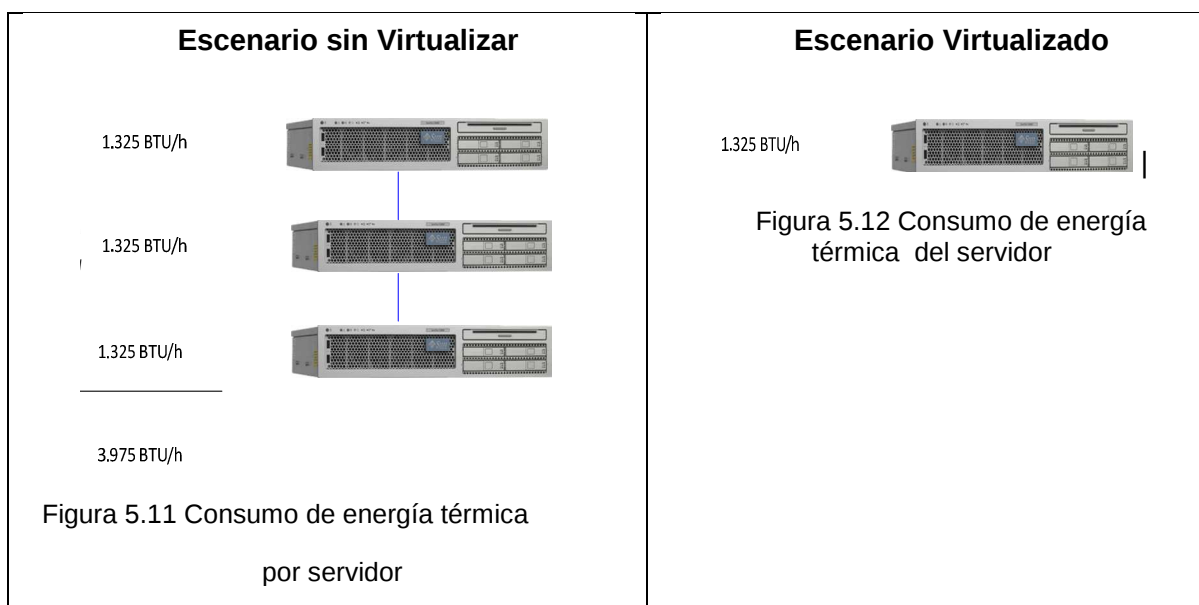
De la gráfica 5.11 se puede inferir que el ahorro de energía es de U\$2,094 anuales, lo que representa un ahorro de más del 50% con la implementación de un escenario virtualizado.

5.3.5 Energía Térmica

Se obtienen las especificaciones del servidor del documento Guía de planificación de la instalación Servidor Sun SPARC Enterprise T2000, donde se proporcionan las especificaciones de disipación térmica.

Descripción	Especificación
Escala de voltajes de entrada operativos	De 100 a 240 VCA, 50-60 Hz
Máxima intensidad de corriente de entrada operativa	4,5 A a 100 - 120 VCA 2,25 A a 200 - 240 VCA
Máxima potencia de entrada operativa	450 W
Máxima disipación térmica	1.365 BTU/h (1.440 KJ/h)

Resultados



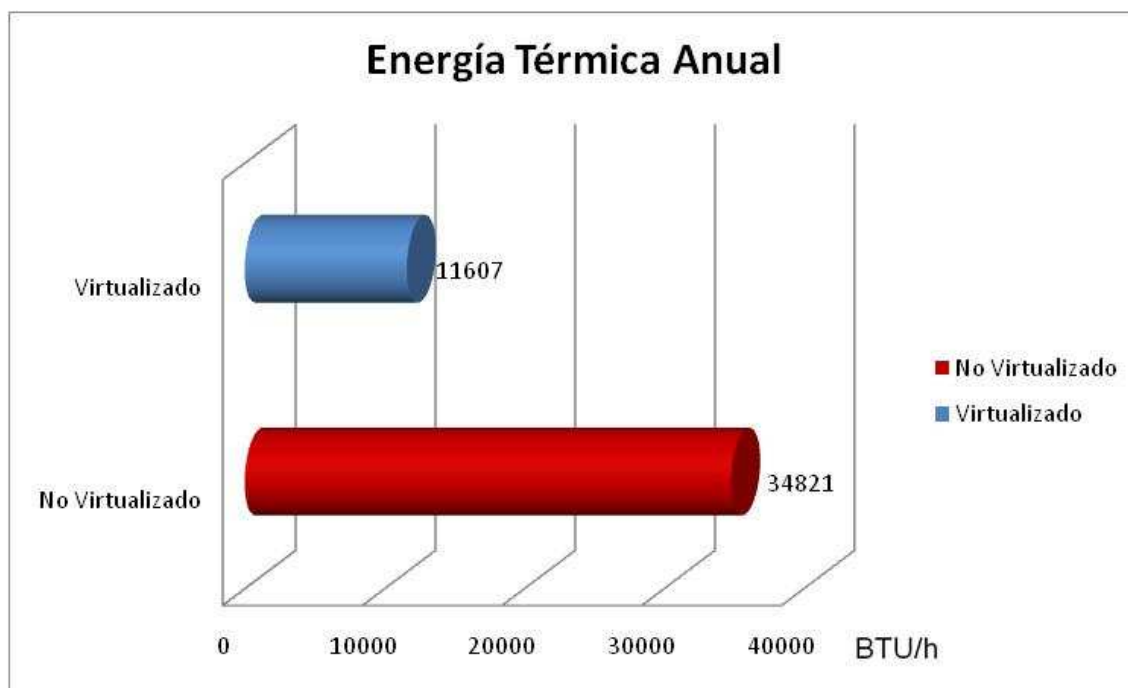
Escenario Virtualizado

En este escenario gracias a la virtualización, se consolidan los 3 servidores en un solo equipo (Figura 5.12), entonces su total de energía térmica es de 1.325 BTU/h. Energía térmica total producida anual es de 11607 BTU/h equivalentes a 3400 Watts.

Escenario sin Virtualizar

En este escenario se tienen 3 servidores (Figura 5.11) cada servidor genera 1.325 BTU/h y con ello se tiene un total de energía térmica de 3.975 BTU/h. Energía térmica total producida anual es de 34821 BTU/h equivalentes a 1200 Watts

Análisis de Resultados



Grafica 5.12 Consumo anual energía térmica

En la gráfica 5.12 se muestra que la energía térmica producida en un ambiente sin virtualizar es mucho mayor que uno virtualizado, es 3 veces mayor y esto se genera una mayor cantidad de calor, entonces para mantener el Network Operations Center (NOC) en

este escenario a su temperatura de operación óptima se requiere de equipos de mayor capacidad de enfriamiento y mejor infraestructura lo que da lugar a incrementos en costos de energía.

5.4. Pruebas de Funcionalidad

Se realizaron pruebas de funcionalidad para corroborar que la Arquitectura de Virtualización con Solaris Containers cumpla con las características especificadas en el Capítulo 3 de Diseño de la Arquitectura.

- Verificación de redundancia en los discos de arranque del Sistema Operativo

Objetivo: Verificar la configuración y funcionalidad de la redundancia de los discos de arranque

Resultado esperado: El sistema debe iniciar desde el disco primario y espejo sin problemas. Los discos deben sincronizarse sin problema ante cualquier eventualidad.

Procedimiento:

1. Verificar que tanto el disco de arranque como su disco espejo tengan tabla de partición idéntica.

Tabla de partición disco de arranque:

c1t0d0 <SUN146G cyl 14087 alt 2 hd 24 sec 848>

Current partition table (original):						
Total disk cylinders available: 14087 + 2 (reserved cylinders)						
Part	Tag	Flag	Cylinders	Size	Blocks	
0	root	wm	0 - 6183	60.01GB	(6184/0/0)	125856768
1	swap	wu	6184 - 7832	16.00GB	(1649/0/0)	33560448
2	backup	wm	0 - 14086	136.71GB	(14087/0/0)	286698624
3	unassigned	wm	7833 - 8657	8.01GB	(825/0/0)	16790400
4	unassigned	wm	8658 - 9482	8.01GB	(825/0/0)	16790400
5	unassigned	wm	0	0	(0/0/0)	0
6	unassigned	wm	9483 - 14060	44.43GB	(4578/0/0)	93171456
7	unassigned	wm	14061 - 14086	258.38MB	(26/0/0)	529152

Tabla de partición disco espejo:

c1t1d0 <LSILOGIC-LogicalVolume-3000 cyl 65533 alt 2 hd 16 sec 273>

Current partition table (original):

Total disk cylinders available: 65533 + 2 (reserved cylinders)

Part	Tag	Flag	Cylinders	Size	Blocks
0	root	wm	0 - 28855	60.10GB	(28856/0/0) 126043008
1	unassigned	wu	28856 - 36539	16.00GB	(7684/0/0) 33563712
2	backup	wu	0 - 65532	136.49GB	(65533/0/0) 286248144
3	unassigned	wm	36540 - 40385	8.01GB	(3846/0/0) 16799328
4	unassigned	wm	40386 - 44241	8.01GB	(3856/0/0) 16843008
5	unassigned	wm	0	0	(0/0/0) 0
6	unassigned	wm	44242 - 65411	44.43GB	(21170/0/0) 92470560
7	unassigned	wm	65412 - 65532	258.07MB	(121/0/0) 528528

2. Verificar la existencia de la base de metadispositivos y sus réplicas.

```

uxsop001 / # metadb -i
      flags      first blk      block count
a m p  lu0      16             8192      /dev/dsk/c1t0d0s7
a   p  lu0      8208            8192      /dev/dsk/c1t0d0s7
a   p  lu0     16400            8192      /dev/dsk/c1t0d0s7
a   p  lu0       16             8192      /dev/dsk/c1t1d0s7
a   p  lu0      8208            8192      /dev/dsk/c1t1d0s7
a   p  lu0     16400            8192      /dev/dsk/c1t1d0s7
r - replica does not have device relocation information
o - replica active prior to last mddb configuration change
u - replica is up to date
l - locator for this replica was read successfully
c - replica's location was in /etc/lvm/mddb.cf
p - replica's location was patched in kernel
m - replica is master, this is replica selected as input
W - replica has device write errors
a - replica is active, commits are occurring to this replica
M - replica had problem with master blocks
D - replica had problem with data blocks
F - replica had format problems
S - replica is too small to hold current data base
R - replica had device read errors

```

3. Ejecutar el comando `metastat -p` y verificar que las características de los metadispositivos listado corresponda con las particiones y dispositivos en uso.

```
uxsop001 / # df -h
Filesystem              size  used  avail capacity  Mounted on
/dev/md/dsk/d0          59G   22G   37G    37%      /
/devices                0K    0K    0K     0%    /devices
ctfs                   0K    0K    0K     0%    /system/contract
proc                  0K    0K    0K     0%    /proc
mnttab                0K    0K    0K     0%    /etc/mnttab
swap                 20G   1.7M   20G     1%    /etc/svc/volatile
objfs                 0K    0K    0K     0%    /system/object
sharefs               0K    0K    0K     0%    /etc/dfs/sharetab
/platform/SUNW,Sun-Fire-T200/lib/libc_psr/libc_psr_hwcapi1.so.1
                        59G        22G        37G          37%
/platform/sun4v/lib/libc_psr.so.1
/platform/SUNW,Sun-Fire-T200/lib/sparcv9/libc_psr/libc_psr_hwcapi1.so.1
                        59G        22G        37G          37%
/platform/sun4v/lib/sparcv9/libc_psr.so.1
fd                     0K    0K    0K     0%    /dev/fd
swap                 20G   112K   20G     1%    /tmp
swap                 20G    64K   20G     1%    /var/run
/dev/md/dsk/d4          7.9G   8.0M   7.8G     1%    /var/crash
zones                 67G   29K   37G     1%    /zones
zones/colaboracion-app 10G   5.0G   5.0G    51%    /zones/colaboracion-app
zones/colaboracion-db  10G   5.0G   5.0G    51%    /zones/colaboracion-db
zones/ecommerce-app    10G   5.0G   5.0G    51%    /zones/ecommerce-app
zones/ecommerce-db     10G   5.0G   5.0G    51%    /zones/ecommerce-db
zones/joomla-app       10G   5.0G   5.0G    51%    /zones/joomla-app
zones/joomla-db        10G   5.0G   5.0G    51%    /zones/joomla-db
```

```
uxsop001 / # dumpadm -d swap
Dump content: kernel pages
Dump device: /dev/md/dsk/d1 (swap)
Savecore directory: /var/crash/uxsop001
Savecore enabled: yes
Save compressed: on

uxsop001 / # metastat -p
d4 -m d14 d24 1
d14 1 1 c1t0d0s4
d24 1 1 c1t1d0s4
d1 -m d11 d21 1
d11 1 1 c1t0d0s1
d21 1 1 c1t1d0s1
d0 -m d10 d20 1
d10 1 1 c1t0d0s0
d20 1 1 c1t1d0s0
```

4. Verificar que el archivo `/etc/system` contenga la variable `rootdev`, cuyo valor debe ser la ruta del metadispositivo espejo que contiene al sistema de archivos `root`.

```

uxsop001 / # cat /etc/system | grep root
* root device and root filesystem configuration:
*   rootfs:      Set the filesystem type of the root.
*   rootdev:     Set the root device.  This should be a fully
*               rootfs:ufs
*               rootdev:/sbus@1,f8000000/esp@0,800000/sd@3,0:a
*   the root filesystem) rather than at first reference. Note that
* Begin MDD root info (do not edit)
rootdev:/pseudo/md@0:0,0,blk

```

5. Verificar que el archivo `/etc/vfstab` contenga todos los metadispositivos configurados en los discos de arranque

```

uxsop001 / # cat /etc/vfstab
#device      device      mount      FS      fsck      mount      mount
#to mount    to fsck      point      type     pass     at boot   options
#
fd      -      /dev/fd fd      -      no      -
/proc   -      /proc  proc   -      no      -
/dev/md/dsk/d1 -      -      swap   -      no      -
/dev/md/dsk/d0 /dev/md/rdisk/d0 /      ufs     1      no      -
/dev/md/dsk/d4 /dev/md/rdisk/d4 /var/crash ufs     2      yes     -
/devices -      /devices devfs   -      no      -
sharefs -      /etc/dfs/sharetab sharefs -      no      -
ctfs     -      /system/contract ctfs    -      no      -
objfs    -      /system/object  objfs   -      no      -
swap     -      /tmp    tmpfs   -      yes     -

```

6. Cambiar el estado del servidor a OBP. Verificar la existencia de un alias hacia el disco de arranque y un alias hacia el disco espejo del sistema.

```

uxsop001 / # sync; sync; shutdown -i0 -g0 -y
Shutdown started.      Sat Nov 27 14:59:32 CST 2010
Changing to init state 0 - please wait
Broadcast Message from root (console) on uxsop001 Sat Nov 27 14:59:32...
THE SYSTEM uxsop001 IS BEING SHUT DOWN NOW ! ! !
Log off now or risk your files being damaged
showmount: uxsop001: RPC: Program not registered
uxsop001 / # svc.startd: The system is coming down.  Please wait.
svc.startd: 93 system services are now being stopped.
Nov 27 14:59:48 uxsop001 rpc.metad: Terminated
Nov 27 14:59:56 uxsop001 syslogd: going down on signal 15
svc.startd: The system is down.
syncing file systems... done
Program terminated
{7} ok
{7} ok devalias
disk                                /pci@7c0/pci@0/pci@1/pci@0,2/LSILogic,sas@2/disk@0
diskmirror                        /pci@7c0/pci@0/pci@1/pci@0,2/LSILogic,sas@2/disk@1
ttya                              /pci@7c0/pci@0/pci@1/pci@0/isa@2/serial@0,3f8
nvram                             /virtual-devices/nvram@3
net3                              /pci@7c0/pci@0/pci@2/network@0,1
net2                              /pci@7c0/pci@0/pci@2/network@0
net1                              /pci@780/pci@0/pci@1/network@0,1
net0                              /pci@780/pci@0/pci@1/network@0
net                               /pci@780/pci@0/pci@1/network@0
ide                               /pci@7c0/pci@0/pci@1/pci@0/ide@8
cdrom                             /pci@7c0/pci@0/pci@1/pci@0/ide@8/cdrom@0,0:f
scsi                              /pci@7c0/pci@0/pci@1/pci@0,2/LSILogic,sas@2
virtual-console                  /virtual-devices/console@1
{7} ok printenv boot-device
boot-device =                    disk diskmirror

```

7. Iniciar el Sistema Operativo desde el disco espejo.

```

{7} ok boot diskmirror
SC Alert: Host System has Reset
_ChassisSerialNumber 0540NNN092
Sun Fire T200, No Keyboard
Copyright 2010 Sun Microsystems, Inc. All rights reserved.
OpenBoot 4.30.4.a, 8064 MB memory available, Serial #64551886.
Ethernet address 0:3:ba:d8:fb:ce, Host ID: 83d8fbce.

Boot device: /pci@7c0/pci@0/pci@1/pci@0,2/LSILogic,sas@2/disk@1 File and
args:
SunOS Release 5.10 Version Generic_142909-17 64-bit
Copyright (c) 1983, 2010, Oracle and/or its affiliates. All rights
reserved.
Hostname: uxsop001
/dev/md/rdisk/d4 is clean
Reading ZFS config: done.
Mounting ZFS filesystems: (7/7)
uxsop001 console login: root
Password:
Nov 27 15:12:59 uxsop001 login: ROOT LOGIN /dev/console
Last login: Sat Nov 27 14:21:29 from 192.168.82.126
Sun Microsystems Inc. SunOS 5.10 Generic January 2005
uxsop001 / # uptime
 3:13pm up 1 min(s), 1 user, load average: 2.78, 0.80, 0.28
uxsop001 / # uname -a
SunOS uxsop001 5.10 Generic_142909-17 sun4v sparc SUNW,Sun-Fire-T200

```

8. Reiniciar e iniciar el Sistema Operativo en modo normal.

```

uxsop001 / # sync; sync; shutdown -g0 -i0 -y
Shutdown started.      Sat Nov 27 15:15:34 CST 2010
Changing to init state 0 - please wait
Broadcast Message from root (console) on uxsop001 Sat Nov 27 15:15:34...
THE SYSTEM uxsop001 IS BEING SHUT DOWN NOW ! ! !
Log off now or risk your files being damaged
uxsop001 / # svc.startd: The system is coming down.  Please wait.
svc.startd: 93 system services are now being stopped.
Nov 27 15:16:39 uxsop001 rpc.metad: Terminated
Nov 27 15:16:40 uxsop001 syslogd: going down on signal 15
svc.startd: The system is down.
syncing file systems... done
Program terminated
{3} ok boot

SC Alert: Host System has Reset
_ChassisSerialNumber 0540NNN092

Sun Fire T200, No Keyboard
Copyright 2010 Sun Microsystems, Inc.  All rights reserved.
OpenBoot 4.30.4.a, 8064 MB memory available, Serial #64551886.
Ethernet address 0:3:ba:d8:fb:ce, Host ID: 83d8fbce.

Boot device: disk File and args:
SunOS Release 5.10 Version Generic_142909-17 64-bit
Copyright (c) 1983, 2010, Oracle and/or its affiliates.  All rights
reserved.
Hostname: uxsop001
/dev/md/rdisk/d4 is clean
Reading ZFS config: done.
Mounting ZFS filesystems: (7/7)
uxsop001 console login: root
Password:
Last login: Sat Nov 27 15:12:59 on console
Nov 27 15:20:35 uxsop001 login: ROOT LOGIN /dev/console
Sun Microsystems Inc.   SunOS 5.10      Generic January 2005
uxsop001 / # uptime
 3:20pm  up 1 min(s),  1 user,  load average: 3.53, 1.09, 0.39

```

9. Retirar físicamente el disco espejo y volverlo a insertar. Validar que una vez insertado el disco espejo se inicie el proceso de resincronización y que el sistema no sufrió afectación alguna.

- **Verificación de redundancia en la red**

Objetivo: Validar la funcionalidad de la configuración de IPMP

Resultado esperado: Al detectarse una falla en cualquiera de las interfaces de red no debe presentarse intermitencia en la red.

Procedimiento:

1. Verificar que las dos tarjetas de red se encuentren funcionando.

```

uxsop001 / # ifconfig -a
e1000g0:
flags=9040843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,DEPRECATED,IPv4,NOFAILOVER>
mtu 1500 index 2
    inet 192.9.198.201 netmask fffffff0 broadcast 192.9.198.255
    groupname ipmp0
    ether 0:3:ba:d8:fb:ce
e1000g0:1: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4>    mtu    1500
index 2
    inet 192.9.198.190 netmask fffffff0 broadcast 192.9.198.255
e1000g0:2: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4>    mtu    1500
index 2
    zone colaboracion-db
    inet 192.9.198.91 netmask fffffff0 broadcast 192.9.198.255
e1000g0:3: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4>    mtu    1500
index 2
    zone colaboracion-app
    inet 192.9.198.185 netmask fffffff0 broadcast 192.9.198.255
e1000g0:4: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4>    mtu    1500
index 2
    zone ecommerce-db
    inet 192.9.198.71 netmask fffffff0 broadcast 192.9.198.255
e1000g0:5: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4>    mtu    1500
index 2
    zone ecommerce-app
    inet 192.9.198.235 netmask fffffff0 broadcast 192.9.198.255
e1000g0:6: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4>    mtu    1500
index 2
    zone joomla-app
    inet 192.9.198.213 netmask fffffff0 broadcast 192.9.198.255
e1000g0:7: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4>    mtu    1500
index 2
    zone joomla-db
    inet 192.9.198.212 netmask fffffff0 broadcast 192.9.198.255
e1000g2:
flags=9040843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,DEPRECATED,IPv4,NOFAILOVER>
mtu 1500 index 3
    inet 192.9.198.130 netmask fffffff0 broadcast 192.9.198.255
    groupname ipmp0
    ether 0:3:ba:d8:fb:d0

```

2. Ejecutar el comando ping hacia el servidor.(Figura 5.13)

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Reply from 192.9.198.190: bytes=32 time<1ms TTL=251
Ping statistics for 192.9.198.190:
    Packets: Sent = 541, Received = 540, Lost = 1 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
Control-C
^C
U:\>

```

Figura 5.13 Ejecución de comando ping

3. Desconectar físicamente el cable de red de la tarjeta primaria y validar que se realice el cambio de las direcciones IP hacia la tarjeta secundaria.

```

uxsop001 /var/adm # dmesg
Nov 19 17:04:32 uxsop001 e1000g: [ID 801725 kern.info] NOTICE: pciex8086,105e -
e1000g[0] : link down
Nov 19 17:04:32 uxsop001 in.mpathd[178]: [ID 215189 daemon.error] The link has
gone down on e1000g0
Nov 19 17:04:32 uxsop001 in.mpathd[178]: [ID 594170 daemon.error] NIC failure
detected on e1000g0 of group ipmp0
Nov 19 17:04:32 uxsop001 in.mpathd[178]: [ID 832587 daemon.error] Successfully
failed over from NIC e1000g0 to NIC e1000g2
uxsop001 / # ifconfig -a
e1000g0:
flags=19040843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,DEPRECATED,IPv4,NOFAILOVER,FAILED>
mtu 1500 index 2
    inet 192.9.198.201 netmask ffffffff00 broadcast 192.9.198.255
    groupname ipmp0
    ether 0:3:ba:d8:fb:ce
e1000g2: flags=9040843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,DEPRECATED,IPv4,NOFAILOVER>
mtu 1500 index 3
    inet 192.9.198.130 netmask ffffffff00 broadcast 192.9.198.255
    groupname ipmp0
    ether 0:3:ba:d8:fb:d0
e1000g2:1: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4> mtu 1500 index 3
    inet 192.9.198.190 netmask ffffffff00 broadcast 192.9.198.255
e1000g2:2: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4> mtu 1500 index 3
    zone colaboracion-db
    inet 192.9.198.91 netmask ffffffff00 broadcast 192.9.198.255
e1000g2:3: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4> mtu 1500 index 3
    zone colaboracion-app
    inet 192.9.198.185 netmask ffffffff00 broadcast 192.9.198.255
e1000g2:4: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4> mtu 1500 index 3
    zone ecommerce-db
    inet 192.9.198.71 netmask ffffffff00 broadcast 192.9.198.255
e1000g2:5: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4> mtu 1500 index 3
    zone ecommerce-app
    inet 192.9.198.235 netmask ffffffff00 broadcast 192.9.198.255
e1000g2:6: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4> mtu 1500 index 3
    zone Joomla-app
    inet 192.9.198.213 netmask ffffffff00 broadcast 192.9.198.255
e1000g2:7: flags=1000843<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST,IPv4> mtu 1500 index 3
    zone Joomla-db
    inet 192.9.198.212 netmask ffffffff00 broadcast 192.9.198.255

```

4. Conectar físicamente el cable de red de la tarjeta primaria y validar su incorporación al grupo de IPMP.

```

uxsop001 /var/adm # dmesg
Nov 19 17:08:07 uxsop001 in.mpathd[178]: [ID 820239 daemon.error] The link
has come up on e1000g0
Nov 19 17:08:52 uxsop001 in.mpathd[178]: [ID 299542 daemon.error] NIC
repair detected on e1000g0 of group ipmp0
Nov 19 17:08:52 uxsop001 in.mpathd[178]: [ID 620804 daemon.error]
Successfully failed back to NIC e1000g0

```

5. Desconectar físicamente el cable de red de la tarjeta secundaria, conectar nuevamente y validar su incorporación al grupo de IPMP.

```

uxsop001 /var/adm # dmesg
Nov 19 17:09:54 uxsop001 in.mpathd[178]: [ID 215189 daemon.error] The link
has gone down on e1000g2
Nov 19 17:09:54 uxsop001 in.mpathd[178]: [ID 594170 daemon.error] NIC
failure detected on e1000g2 of group ipmp0
Nov 19 17:09:54 uxsop001 in.mpathd[178]: [ID 832587 daemon.error]
Successfully failed over from NIC e1000g2 to NIC e1000g0
Nov 19 17:10:31 uxsop001 e1000g: [ID 801725 kern.info] NOTICE:
pciex8086,105e - e1000g[2] : link up, 100 Mbps, full duplex
Nov 19 17:10:31 uxsop001 in.mpathd[178]: [ID 820239 daemon.error] The link
has come up on e1000g2

```