



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

***ESTRATEGIA PARA LA CONSOLIDACIÓN DE SERVIDORES A
TRAVÉS DE TECNOLOGÍAS DE VIRTUALIZACIÓN***

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

P R E S E N T A:

FRANCISCO CARLOS MARTÍNEZ GODÍNEZ

Director:

Ing. Rafael Sandoval Vázquez



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Sinodales

M.C. María Jaquelina López Barrientos
Presidente

Ing. Rafael Sandoval Vázquez
Vocal

Dr. Javier Gómez Castellanos
Secretario

Ing. Noe Cruz Marín
1er Suplente

M.C. Cintia Quezada Reyes
2o Suplente

AGRADECIMIENTOS

A MI MAMÁ

Por su cariño y cuidados sin medida, por su paciencia y comprensión infinitos, por su dedicación hacia mí por encima de todo, muchas veces a costa de ella misma. Todo mi amor y cariño para ella.

A MI PAPÁ

Por sus invaluable consejos, por enseñarme el valor del trabajo, por exigirme siempre mi mayor esfuerzo en todo lo realizado, por mostrarme que las metas son alcanzables. Todo mi cariño y respeto para él.

A MIS PADRES

Por todo el cariño y apoyo a lo largo de mi vida, por darme siempre todo lo que necesité, siendo muchas veces más de lo que merecía. Comparado con el suyo, mi esfuerzo para alcanzar esta meta se ve demasiado pequeño. Siempre estaré en deuda con ellos.

A MI FAMILIA

Por su apoyo incondicional, por su cariño y confianza. A mis abuelos, en especial a mi abuelita Amalia por su tiempo, cuidados y atención, por guiarme y formarme como persona, mucho de lo mejor que hay en mí es un reflejo de ella. Quisiera que estuvieran todos ellos aquí. A mi primo José Luis por crecer junto a mí, por el vínculo a pesar de la distancia, la palabra hermano siempre se ha quedado corta para nosotros.

A MIS AMIGOS DE TODA LA VIDA

Diego, Israel, Marco, Adrian, Vero, May, Ceci, Manuel, Julio por siempre estar ahí para mí, por sus consejos, las charlas, la alegría, la música, por escucharme y levantarme siempre que ha sido necesario, por los proyectos y las ideas, sin duda muchos de los momentos más felices de mi vida los he compartido con todos ellos. A Glory por su alegría y amor, por enseñarme a ver un mundo nuevo y mejor, por ser mi compañera y mi cómplice, por su paciencia, comprensión y cariño en los días más brillantes, pero también en las noches más oscuras.

A MIS MAESTROS

Por formarme profesionalmente, por todo su conocimiento y experiencia, por su confianza y paciencia, por abrirme puertas a mundos que desconocía y por mostrarme que los caminos son infinitos. En particular a Rafael, por el interés, tiempo y paciencia dedicados a este trabajo.

A LA UNAM

Por ser mi alma máter, por abrirme sus puertas, por hacerme crecer intelectualmente pero también como ser humano, por sus enseñanzas dentro y fuera de los salones de clases. La marca de Universitario la llevaré con orgullo toda mi vida.

El mar adentro comienza cuando la tierra firme se pierde de vista. Esas alturas del mar son para los grandes navegantes, para el que deja una orilla convencido de que alcanzará la siguiente.

Al Mar Adentro en la Sangre se llega cuando el corazón ha zarpado con rumbo al siguiente puerto, que puede ser un amor o una idea, sin tierra a la vista, donde cada latido tiene la dimensión de un salto al vacío.

Jordi Soler

CONTENIDO

Contenido	1
Objetivo	5
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
Definición del problema.....	6
Método	6
Prefacio.....	8
1. Fundamentos de la virtualización	10
1.1 Historia de la virtualización	11
1.2 Conceptos	16
1.2.1 Virtualización.....	16
1.2.2 Emulación.....	19
1.2.3 Simulación.....	20
1.2.4 Capa de virtualización.....	21
1.2.5 Máquina virtual	21
1.2.6 Servidor anfitrión y servidor huésped.....	22
1.3 Escenarios de uso	22
1.3.1 Aplicaciones	23
1.3.2 Red.....	24
1.3.3 Hardware	24
1.3.4 Servidores	28
1.3.5 Cómputo en la nube	29
1.4 Visión general	38
1.4.1 Monitor de virtualización.....	38
1.4.2 Requerimientos generales para la virtualización.....	40

1.5	Estado del arte de la virtualización	43
1.5.1	Panorama actual de la virtualización en el mercado	43
1.5.2	Tendencias de la virtualización.....	46
2.	Beneficios de la virtualización	50
2.1	Costos de propiedad total.....	51
2.1.1	Adquisición de servidores	52
2.1.2	Energía eléctrica	57
2.1.3	Impacto ambiental.....	59
2.1.4	Acondicionamiento de espacios.....	61
2.1.5	Recursos Humanos	62
2.2	Retorno de inversión.....	64
2.3	Factores de éxito en la virtualización.....	66
2.3.1	Planeación de una estrategia de virtualización	66
2.3.2	Plan operacional.....	66
2.3.3	Cómputo en la nube	67
2.3.4	Automatización	68
2.3.5	Seguridad	68
2.3.6	Aciertos y errores	69
3.	Estrategia organizacional para la virtualización de servidores	71
3.1	Consideraciones generales.....	72
3.1.1	Declaración de visión.....	74
3.1.2	Alcance.....	74
3.1.3	Consideraciones para definir fases del proyecto.....	75
3.1.4	Análisis de Retorno de Inversión	76
3.1.5	Identificación de riesgos	76
3.1.6	Presupuesto	78
3.2	Análisis situacional.....	79

3.2.1	Determinación de las prioridades del data center	79
3.2.2	Servicios	80
3.2.3	Inventario.....	81
3.2.4	Desempeño	84
3.2.5	Información del entorno.....	86
3.3	Evaluación	88
3.3.1	Hardware	88
3.3.2	Software.....	93
3.3.3	Recursos humanos.....	99
3.3.4	Mantenimiento	103
3.4	Consideraciones para el diseño de la infraestructura.....	104
3.4.1	Implementación de una infraestructura de virtualización	104
3.4.2	Consideraciones posteriores a la consolidación	105
4.	Estudio de caso: Facultad de Ingeniería, UNAM	109
4.1	Antecedentes	110
4.2	El reto.....	110
4.3	La solución.....	111
4.3.1	Estrategia organizacional para la virtualización de servidores	112
4.4	Los resultados.....	132
4.5	El futuro	135
	Conclusiones	136
	Anexos	143
	Anexo A: Acontecimientos importantes	144
	1960-1969	144
	1970-1979	145
	1980-1989	146
	1990-1999	147

2000-2009	148
2010-Actualidad.....	150
Anexo B: Taxonomía de máquinas virtuales	152
Anexo C: Discos duros virtuales.....	153
Discos fijos.....	153
Discos dinámicos.....	153
Discos de diferenciación.....	154
Discos sin procesar.....	154
Discos redo o undo	154
Anexo D: Diagnóstico de servidores para la Unidad de Servicios de Cómputo Académico	156
Anexo E: Planeación estratégica.....	157
Visión y Misión.....	157
Diagnóstico.....	158
Establecimiento de objetivos	160
Diseño, evaluación y selección de estrategias.....	162
Diseño de planes estratégicos	162
Glosario.....	163
Referencias	175

Objetivo

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una estrategia general de consolidación de servidores a través de tecnologías de virtualización, que facilite la migración de entornos físicos a entornos virtualizados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crear un marco teórico que facilite la toma de decisiones en un proyecto de virtualización.
- Definir las bases para poner en marcha un proyecto de virtualización.
- Definir una estrategia para la detección de los recursos y necesidades organizacionales, que pueden ser solventados con tecnologías de virtualización.
- Definir una estrategia para la selección de servidores candidatos a la virtualización.
- Definir una estrategia que facilite la selección de una plataforma de virtualización adecuada.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La virtualización de servidores se ha convertido en una tendencia tecnológica adoptada cada vez más por organizaciones de todos los tamaños y rubros. Lo que inicialmente era un recurso utilizado únicamente por grandes empresas, se ha convertido en una alternativa completamente viable aun para las organizaciones más pequeñas. Ante el rápido y constante crecimiento de las tecnologías de virtualización, puede resultar tentador comenzar inmediatamente la migración de servidores físicos a servidores virtuales, sin realizar un análisis previo del estado actual de la organización y de las necesidades de la misma. Esto puede ser peligroso ya que la falta de una planeación estratégica adecuada, puede desencadenar múltiples problemas en el proceso de consolidación, que pueden ir desde inestabilidad en entorno virtualizado, hasta pérdidas económicas para la organización.

Los recursos y la problemática propios de cada organización son únicos, lo que se traduce en necesidades específicas. Por este motivo no se debería adoptar exactamente la misma solución de virtualización en organizaciones distintas, aunque esta estrategia haya sido probada de manera exitosa. Ante este escenario, es imperiosa la necesidad de adoptar una estrategia para el proyecto de virtualización de servidores que contemple tanto los objetivos como las necesidades reales de cada organización, para de esta forma poder completar exitosamente el proceso de migración hacia un entorno con servidores virtualizados.

MÉTODO

Se requiere iniciar este proyecto con la definición de los fundamentos y conceptos básicos a partir de los cuales se construirá el resto del trabajo. En esta parte se definirá qué es la virtualización, se describirá su evolución hasta convertirse en la tendencia tecnológica que es en la actualidad, y se describirá el panorama actual de esta tecnología. Posteriormente se describirán algunos de los escenarios más comunes en donde se puede ver aplicada la virtualización, destacando los beneficios que se pueden derivar de su

implementación, pero también mencionando las principales desventajas que supone el uso de esta tecnología, información imprescindible para una toma de decisión efectiva.

Una vez planteando los fundamentos principales sobre los que se basa la virtualización, y en particular la virtualización de servidores, se abordará el tema central de este trabajo de titulación, el cual consiste en diseñar una estrategia que facilite la migración hacia servidores virtuales. Como parte de esta estrategia es necesario determinar antes que nada, el estado en que se encuentra la organización en cuestión, y para lograrlo se proponen de manera general algunos mecanismos para definir la visión y el alcance del proyecto, y determinar el estado actual de la organización en materia de TI.

Este proyecto también propondrá una estrategia que permita determinar cuáles de los servidores con que cuenta la organización son candidatos viables para ser virtualizados, y cuáles no lo son. Este proyecto también profundizará en aspectos fundamentales para la selección de la plataforma de virtualización que alojará a los nuevos servidores virtuales. Para documentar este punto, se analizarán temas como el mantenimiento, el manejo de licencias, la capacitación de los recursos humanos, y las características generales de los principales competidores en el mercado de la virtualización. En conjunto, la información obtenida utilizando la estrategia propuesta en este trabajo de titulación podría ser clave en la toma de decisiones en un proyecto de virtualización de servidores.

Prefacio

La consolidación de servidores a través de la virtualización es una tendencia adoptada hoy en día por organizaciones de diversos tamaños y alcances. Para poder entender cómo es que esta tecnología ha logrado posicionarse como una alternativa completamente viable para su adopción en servidores en producción dentro de *data centers*, es necesario comenzar entendiendo sus orígenes y aspectos fundamentales. En el *Capítulo 1: Fundamentos de la virtualización*, se presentan conceptos básicos relacionados con la virtualización, además de mencionar los acontecimientos más importantes en la historia de esta tecnología. También se tocan en este capítulo algunos de los escenarios de uso más comunes, así como el estado del arte y tendencias de la virtualización. Además, se analiza el tema del cómputo en la nube, una tecnología que basa muchos de sus principios en los beneficios y propiedades de la virtualización, y cuya adopción se está incrementando rápidamente.

De acuerdo con lo visto en el capítulo introductorio, es posible destacar a la virtualización como una opción viable y lo suficientemente madura, para su implementación en entornos de producción. Pero, ¿cuáles son los factores que podrían inclinar la balanza hacia el uso de este tipo de tecnologías? Sin lugar a dudas, la optimización de los recursos de cómputo de la organización, así como el mejor aprovechamiento de la infraestructura disponible, representan una gran ventaja con respecto a la utilización de implementaciones tradicionales, sin embargo, es la reducción de costos resultante, la ventaja que parece más atractiva a la hora de que una organización decida apostar por tecnologías de virtualización. A lo largo del *Capítulo 2: Beneficios de la virtualización*, se profundizará en todos aquellos factores relacionados con los beneficios que resultan de una implementación de tecnologías de virtualización.

Una vez que se conocen las ventajas y desventajas que ofrece una implementación de servidores virtuales, y que se ha tomado la determinación de comenzar un proyecto de virtualización, es necesario realizar un análisis a profundidad de la situación actual de la organización, así como de sus necesidades y objetivos. En el *Capítulo 3: Estrategia organizacional para la virtualización de servidores*, se analizarán temas relacionados con la detección del estado actual de la infraestructura de TI de la organización y de los requerimientos para una migración hacia servidores virtuales. Además se estudiarán las consideraciones generales para el diseño de una estrategia de virtualización de servidores, así como el impacto que representa la adopción de este tipo de tecnologías dentro de una organización.

Los primeros dos capítulos permiten estructurar un marco teórico alrededor de la virtualización de servidores, formado a partir de conceptos generales y de los beneficios que esta tecnología ofrece. Por otra parte, en el tercer capítulo se presenta una propuesta estratégica para la adopción de una solución de consolidación de servidores en un entorno organizacional. Para concluir este trabajo, en el *Capítulo 4: Caso de Estudio: Facultad de Ingeniería, UNAM*, se presenta el caso de estudio de un proyecto real de consolidación de servidores a través de la virtualización, el cual servirá para ilustrar algunas de los conceptos y estrategias propuestos a lo largo de este trabajo. Este trabajo de titulación a su vez, ha servido como contexto teórico al proyecto presentado en este caso de estudio, siendo adoptadas algunas de sus propuestas para fundamentar la planeación estratégica del proyecto descrito en este capítulo.

Capítulo

1

Fundamentos de la virtualización

Fácilmente aceptamos la realidad, acaso porque intuimos que nada es real.
Jorge Luis Borges

1.1 HISTORIA DE LA VIRTUALIZACIÓN

A diferencia de lo que se podría pensar, la virtualización no es un concepto nuevo. En realidad, los primeros indicios históricos referentes a esta tecnología, se remontan a finales de la década de los 50's. Sin embargo, no fue sino hasta la década de los 60's, con la aparición del concepto de tiempo compartido, cuando la idea de virtualización comienza a tomar forma.

En 1961 la International Business Machines (IBM) se convierte en pionera en el uso de tecnologías de virtualización como una manera lógica de particionar equipos *mainframe* en máquinas virtuales independientes. Para alcanzar este objetivo, IBM introduce el concepto de *tiempo compartido*, el cual es el verdadero motor detrás de la virtualización. En este mismo año, John McCarthy, profesional en ciencias de la computación y en ciencias cognitivas, propone la idea de que el cómputo puede ser liberado como una utilidad pública tal como ocurre con el servicio de agua o el de electricidad. Este concepto es uno de los primeros precedentes de lo que hoy se conoce como cómputo en la nube (*cloud computing*).

Dos años más tarde, en 1963, J.C.R. Licklider, pieza clave en el desarrollo de la ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network), introduce la idea una *red intergaláctica de computadoras (intergalactic computer network)*. Esta idea consistía en que cada persona en el mundo estuviera interconectada y que tuviera acceso a programas e información desde cualquier lugar. La tecnología *cloud computing* de hoy en día se fundamenta en esta idea. Un año más tarde, IBM lanza al mercado el IBM System/360, cuya arquitectura fue diseñada por Gene Amdhal. Este sistema provee capacidades limitadas de virtualización. Más tarde, en ese mismo año el CP-40 es lanzado, introduciendo por primera vez los conceptos de *máquinas virtuales* y de *memoria virtual*.

En 1965, son desarrollados el System/360 Model 67 y el TTS (*Time Sharing System*). Esto fue seguido en 1967, por el lanzamiento al mercado otra versión de CP-40 y CMS, los cuales ponen dentro del proceso de producción soporte de sistema para 14 máquinas virtuales cada una con 256K de memoria virtual asignada.

En 1972, es desarrollado el System/370 Advanced Function el cual cuenta con un nuevo *Address Relocation Hardware*. Además, cuenta ahora con soporte para cuatro nuevos sistemas operativos: VM/370, DOS/VS, OS/VS1 y OS/VS2. Debido a la popularidad alcanzada por la tecnología de virtualización dentro de la comunidad de IBM, es fundada, en Nueva York en 1973, la Metropolitan VM User Association (MVMUA). Es introducido en el mercado, en 1974, el VM/370 Release 2 que contenía la primera iteración de VMA (*Virtual Machine Assist*) *Microcode*. Es en este mismo año cuando Gerald J. Popek y Robert P. Goldberg escriben un documento titulado *Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures*, que propone los principios básicos para que un sistema pueda ser virtualizado.

Entre los años 1974 y 1987 tuvo lugar un periodo de calma en el espacio de la virtualización, donde el surgimiento de internet provocó la necesidad de soporte para TCP/IP. El surgimiento de VM TCP/IP, también conocido como FAL, logró hacer que el protocolo TCP/IP esté al alcance de las máquinas virtuales. Los eventos que ocurrieron después condujeron de una manera directa a las actuales tecnologías y plataformas de virtualización para servidores x86.

En 1988, es fundada una pequeña compañía llamada Connectix Corporation, la cual se encarga de proveer soluciones para sistemas Apple Macintosh. Connectix se dio a conocer por brindar soluciones a problemas que Apple no podía resolver o en los que no estaba interesado en involucrarse. Dentro de las soluciones que ofrecía Connectix se encontraba el SpeedDoubler, un producto que proveía un puente de emulación

altamente funcional entre procesadores Motorola 68000 y procesadores basados en Power PC. A este desarrollo le siguió el RAM Doubler, el cual proporcionaba una forma de duplicar la memoria de equipos Mac mediante la compresión y descompresión sobre la marcha del contenido de la RAM.

La experiencia adquirida por Connectix al colaborar con Mac, llevo a la empresa a la creación de un producto de virtualización llamado Connectix Virtual PC 1.0 para Mac. Este producto incorporaba un motor de traducción binario para traducir instrucciones de un procesador Intel x86 virtual a un procesador Power PC físico utilizado en las Macs. Fue precisamente este proyecto de tecnología de emulación el que introdujo a *Connectix* en el mundo de las tecnologías de virtualización.

En 1989, Citrix es fundada por el antiguo desarrollador de IBM, Ed Iacobucci, en Richardson, Texas, aunque rápidamente fue mudada a Coral Springs, Florida. Dos años más tarde, Intel y Microsoft llegan a un acuerdo con Citrix para financiar sus investigaciones.

VMware es fundada en 1998 por Diane Greene y su esposo el Dr. Mendel Rosenblum en conjunto con dos estudiantes de la Universidad de Stanford y un colega de Berkley. En Octubre de ese mismo año, el grupo de fundadores hacen una solicitud por una patente referente nuevas técnicas de virtualización basadas en investigaciones conducidas por la Universidad de Stanford. Esta patente fue aprobada el 22 de Mayo de 2002. Al año siguiente, VMware lanzó al mercado la VMware Virtual Plataform el 8 de Febrero. Este producto es considerado por muchos como la primera plataforma de virtualización comercial para x86, y más adelante se convertiría en el producto VMware Workstation.

En el 2000 VMware lanzó al mercado su primera plataforma de virtualización para servidores, el VMware GSX Server 1.0. Esta herramienta de virtualización fue diseñada específicamente para implementaciones de servidores de clase *workstation* e instalaciones sobre sistemas operativos Linux o Windows. Para 2001, VMware lanzó al mercado VMware ESX Server 1.0, una plataforma de virtualización de servidores de clase *mainframe*. VMware ESX Server se distingue del producto de virtualización de servidores VMware GSX Server, al posibilitar la instalación de la plataforma directamente sobre la capa de *hardware*, lo que provee un mejor y más estable funcionamiento del ambiente de cómputo debido a su *hypervisor* nativo, también conocido como *Virtual Machine Monitor* (VMM), el cual requiere la utilización de muchos menos recursos del equipo. Hasta la fecha, VMware ha continuado con el lanzamiento de versiones actualizadas de ambas plataformas de virtualización, mejorando su funcionamiento y agregando nuevas características.

En el 2002, surge Amazon Web Services (AWS) el cual provee una suite de servicios basados en *cómputo en la nube*.

En el 2003, Connectix entró al mercado de la virtualización de servidores x86 con el lanzamiento de la versión candidata de Connectix Virtual Server. Sin embargo, Connectix Virtual Server no entraría al mercado como un producto de Connectix, debido a que Microsoft adquirió de la compañía los derechos de propiedad intelectual tanto de Virtual PC para Mac y Windows así como también de Connectix Virtual Server.

En Diciembre de este año, Microsoft lanzó al mercado su primer producto de virtualización, Virtual PC 2004. Aunque Microsoft planeaba entrar en el mercado de la virtualización de servidores x86, el lanzamiento de este producto tuvo que retrasarse para implementar modificaciones de seguridad derivadas de la nueva iniciativa de seguridad de la compañía. Microsoft lanzó finalmente en 2004 su primera opción para virtualización de servidores, Microsoft Virtual Server 2005, en dos versiones: Microsoft Virtual Server 2005 Standard Edition, la cual soportaba hasta cuatro procesadores físicos, y Microsoft Virtual Server 2005 Enterprise Edition, con soporte para hasta treinta y dos procesadores físicos.

Para 2006, tanto Intel como AMD lanzaron revisiones de sus procesadores x86 con nuevas instrucciones y extensiones dirigidas específicamente a la virtualización asistida por *hardware*. Aunque con diferencias en detalles de implementación, Intel Virtualization Technology (Intel VT) y AMD Virtualization (AMD-V) ofrecen características de virtualización de *hardware* que pueden ser aprovechadas por proveedores de *software* para simplificar el código de la plataforma de virtualización y extender sus arquitecturas.

En este mismo año, Amazon hace otro importante aporte para el Cómputo en la Nube al lanzar EC2 (*Elastic Compute Cloud*) como un servicio web comercial, mediante el cual provee acceso a sus sistemas a través de AWS basándose en el concepto de *utility computing*. En 2007 Google, IBM y algunas universidades inician un proyecto de investigación a gran escala sobre *cómputo en la nube*. Las dos compañías se encargaron de la construcción de un *data center* sobre el cual los estudiantes de las universidades participantes pudieran realizar sus investigaciones. Google lanza en ese mismo año la suite para oficina basada en *web* y servicio de almacenamiento de datos, Google Docs, para usuarios de Google Apps. Este servicio está basado enteramente en el cómputo en la nube, y permite a los usuarios crear y editar documentos en línea mientras colaboran en tiempo real con otros usuarios.

En 2007 y 2008, las mejoras de Intel VT y AMD-V en las versiones de 64 bits de doble núcleo y Quad, facilitaron en gran medida el desarrollo de código de Hyper-V de Microsoft. A partir de este momento, Microsoft y otros proveedores de plataformas de virtualización continuaron trabajando de manera conjunta con AMD e Intel para definir áreas de optimización y mejoras para futuros procesadores.

En enero del 2008, Citrix anuncia una alianza con Microsoft para desarrollar un set de soluciones de virtualización enfocado al mercado de sistemas de escritorio y servidores para garantizar una amplia interoperabilidad entre ambas tecnologías. Más tarde, en ese mismo año, es lanzado Eucalyptus, el cual se convierte en la primer AWS API de código abierto compatible con plataformas para desplegar nubes privadas.

También en 2008 Microsoft liberó la versión beta de Hyper-V en algunas ediciones de Windows Server 2008, para finalmente, el 26 de Junio, lanzar al mercado la versión final. El *hypervisor* de Microsoft es una plataforma de virtualización para servidores, que incorpora una arquitectura basada en *microkernel* con una mínima superficie de ataque y está disponible en el rol de servidor básico. La compañía lanza en, Octubre de ese año, una versión *stand-alone* de Hyper-V, llamada Microsoft Hyper-V Server 2008, la cual es una variante del núcleo de Windows Server 2008 que incluye la funcionalidad de Hyper-V. Por otra parte, Citrix anuncia el lanzamiento de Citrix XenServer Platinum Edition con capacidad para manejar dinámicamente tanto servidores virtuales como servidores físicos. Además, esta compañía anuncia el nuevo nombre para su producto de virtualización de aplicaciones, este cambia de Presentation Server a XenApp.

En febrero de 2009, Citrix extiende su colaboración con Microsoft dentro del mercado de virtualización de servidores con Project Encore. Este fue anunciado para un nuevo producto llamado Citrix Essentials, el cual ofrecía una administración avanzada para Microsoft Windows Server 2008 Hyper-V. En abril, Citrix ofrece su plataforma de virtualización XenServer de manera gratuita. Tres meses después, Citrix y Microsoft anuncian sus planes conjuntos para simplificar el cómputo de escritorio mediante la ampliación de su asociación en el campo de la virtualización de sistemas de escritorio. Dentro de estos planes se incluye la integración de tecnologías para que las organizaciones de TI sean capaces de administrar tanto aplicaciones distribuidas como centralizadas utilizando Citrix XenApp y Microsoft System Center Configuration Manager.

En enero de 2010, Gartner¹ da a conocer los resultados de su estudio anual acerca de las prioridades tecnológicas para los *Chief Information Officers* (CIO), los cuales revelan la búsqueda por alcanzar mejores resultados a través de tecnologías más ligeras como la virtualización y el cómputo en la nube, siendo la primera vez que estas tecnologías encabezan el *ranking* de Gartner.

Como una muestra del avance de las tecnologías de *cloud computing*, Microsoft declara, en marzo de 2010, que aproximadamente el 75% de su gente está trabajando completamente con *cloud computing* y que en un año más esta cifra alcanzará al 90%, de acuerdo con Steve Ballmer², Presidente Ejecutivo de Microsoft. Por otra parte, en junio, Gartner³ advierte una acelerada adopción de *cloud computing* y *cloud services* por parte de las empresas y una explosión en la oferta como una maniobra de los proveedores para aprovechar la oportunidad de crecimiento comercial. El 7 de junio de 2010 Microsoft libera al público la versión final de Office Web Apps vía Windows Live Office. Office Web Apps es la versión basada en web de la suite de oficina Microsoft Office. La suite basada en el cómputo en la nube, permite a los usuarios tener acceso a sus documentos directamente en cualquier dispositivo utilizando un navegador web, facilitando la compartición de archivos y el trabajo colaborativo con otros usuarios en línea.

Apple también entraría en la arena del cómputo en la nube y el 6 de junio de 2011 anuncia el lanzamiento de iCloud. iCloud es un servicio de almacenamiento y cómputo en la nube, que permite a los usuarios almacenar datos en servidores remotos para descargarlos en múltiples dispositivos con sistemas operativos basados en iOS, y en computadoras personales con OS X o Microsoft Office. Además de archivos, este servicio actúa como un centro de sincronización para correo electrónico, contactos, agenda, entre otra información. Hasta febrero de 2012, el servicio contaba con 125 millones de usuarios.⁴

El 24 de abril de 2012 Google lanza Google Drive, un servicio de almacenamiento y sincronización de archivos en la nube diseñado para sustituir a Google Docs. Este servicio combina todas las características de Google Docs con una funcionalidad de almacenamiento mejorada.

En la **Figura 1.1** se presenta una línea de tiempo que ilustra los acontecimientos más relevantes en la historia de la virtualización. Adicionalmente, en el **Apéndice A: Acontecimientos importantes**, al final de este trabajo, se adjunta una recopilación más extensa de hechos destacables en la historia de esta tecnología.

¹ Gartner, Inc. *Gartner EXP Worldwide Survey of Nearly 1,600 CIOs Shows IT Budgets in 2010 to be at 2005 Levels* [en línea].

² http://seattletimes.nwsourc.com/html/microsoftpri0/2011255515_steve_ballmer_speech_at_uw_were_all_in_for_cloud_c.html

³ <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1389313>

⁴ <http://9to5mac.com/2012/04/24/110b-in-the-bank-and-other-monster-numbers/>

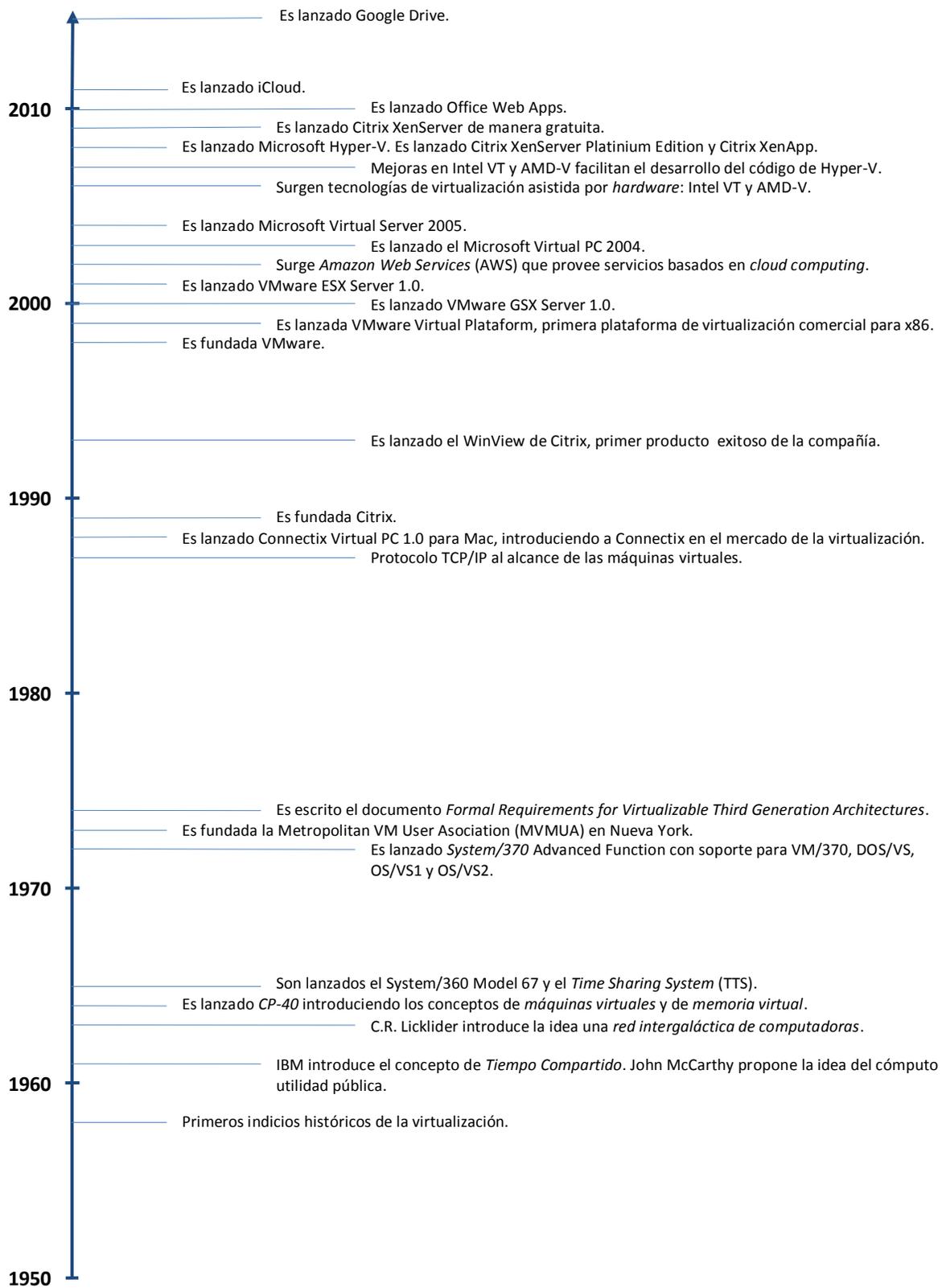


Figura 1.1. Historia de la virtualización, línea de tiempo.

1.2 CONCEPTOS

La virtualización es una tecnología que proporciona ventajas en la implementación de un *data center*, sin embargo, este concepto es confundido en muchas ocasiones con un par de tecnologías, que de manera similar a la virtualización, proveen soluciones en casos específicos en los que no se puede o no es conveniente la utilización de equipos o sistemas reales. Estas tecnologías son la emulación y la simulación. Estos tres conceptos serán profundizados a continuación.

1.2.1 VIRTUALIZACIÓN

La tecnología de virtualización es la forma de lograr que una computadora física funcione como si fuera dos o más computadoras, en donde cada computadora no física o virtualizada está provista con la misma arquitectura básica que la computadora física. Para hacer que una computadora física funcione como si fuera más de una máquina, sus características de *hardware* deben ser recreadas a través del uso de *software*. Esto se lleva a cabo mediante una capa de *software* llamada capa de abstracción. La abstracción es la representación de un conjunto de dispositivos comunes de *hardware* que son enteramente recreados mediante *software*. Este *software* básicamente se ve y actúa como si se tratara de *hardware*. La virtualización es la tecnología que permite la instalación de un sistema operativo sobre *hardware* que en realidad no existe.

“La virtualización permite que los recursos de las computadoras sean compartidos o divididos simultáneamente por múltiples entornos (tal como se ejemplifica en la **Figura 1.2**). Puede existir interoperación entre los diferentes ambientes o pueden funcionar, de manera separada, sin tener conciencia de la existencia de los otros. A estos ambientes se les conoce comúnmente como máquinas virtuales (VMs, por sus siglas en inglés). La función de las máquinas virtuales es la de alojar la instalación de un sistema operativo, por ejemplo, Windows o UNIX. Estas instalaciones son comúnmente conocidas como sistemas operativos huéspedes. Las instrucciones generadas por una máquina virtual son normalmente comunicadas de forma directa a la capa *hardware*, lo cual permite que el ambiente opere de forma más rápida y eficiente que con el uso de emulación.”⁵

⁵ MARSHALL, David; REYNOLDS, Wade A.; MCCRORY Dave. *Advanced Server Virtualization, VMware® and Microsoft® Platforms in the Virtual Data Center*. Auerbach Publications, Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL, USA, 2006.

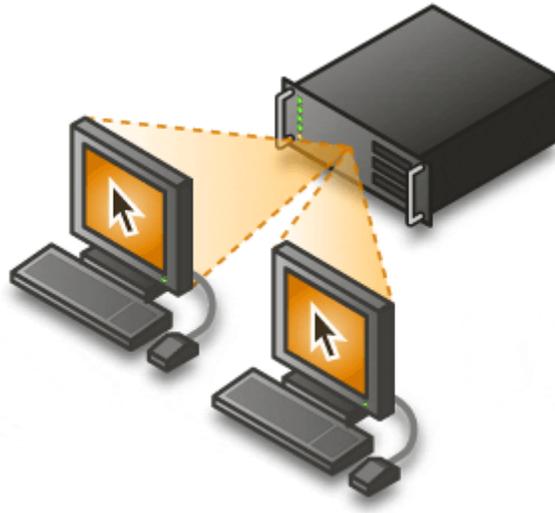


Figura 1.2. La virtualización permite que los recursos de las computadoras sean compartidos o divididos simultáneamente por múltiples entornos.

1.2.1.1 ARQUITECTURA TRADICIONAL

Para entender mejor el concepto de virtualización es necesario conocer la organización básica de una computadora física típica. En la **Figura 1.3** podemos observar la existencia de una capa de dispositivos de *hardware* sobre la cual está instalado un sistema operativo, por ejemplo Linux o Windows. Finalmente, encima del sistema operativo, se encuentran instaladas las diferentes aplicaciones con que cuenta la computadora.

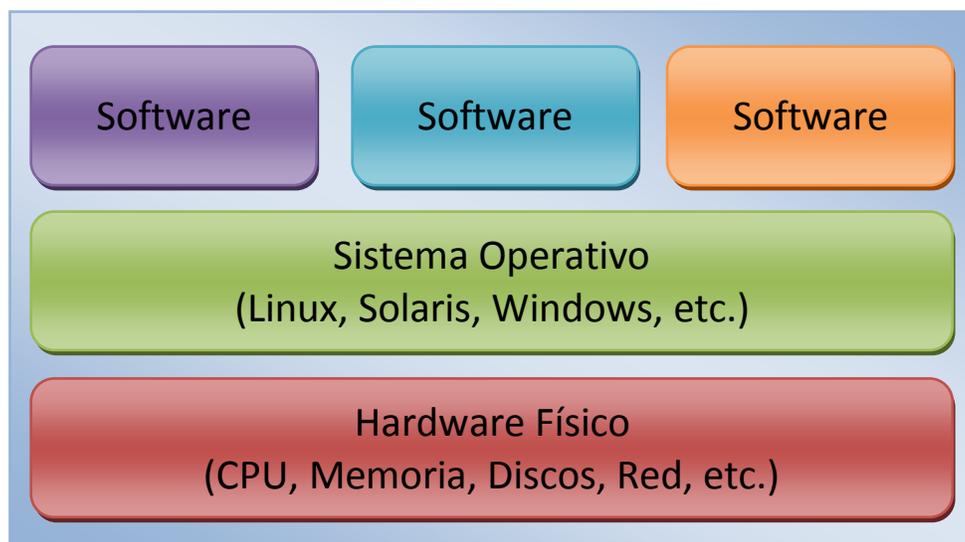


Figura 1.3. Arquitectura tradicional de una computadora.

1.2.1.2 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA VIRTUALIZADO

El uso de la virtualización supone algunas variantes a la arquitectura tradicional explicada anteriormente. Existen diversas formas de implementar una opción diferente a esta organización utilizando algún tipo de tecnología de virtualización. Una solución, similar en los primeros niveles a la organización tradicional, es la instalación de una plataforma de virtualización sobre el sistema operativo, como se muestra en la **Figura 1.4**. De esta manera, una o más máquinas virtuales pueden ser instaladas sobre esta plataforma, teniendo la capacidad, cada una de ellas, de albergar a un sistema operativo.

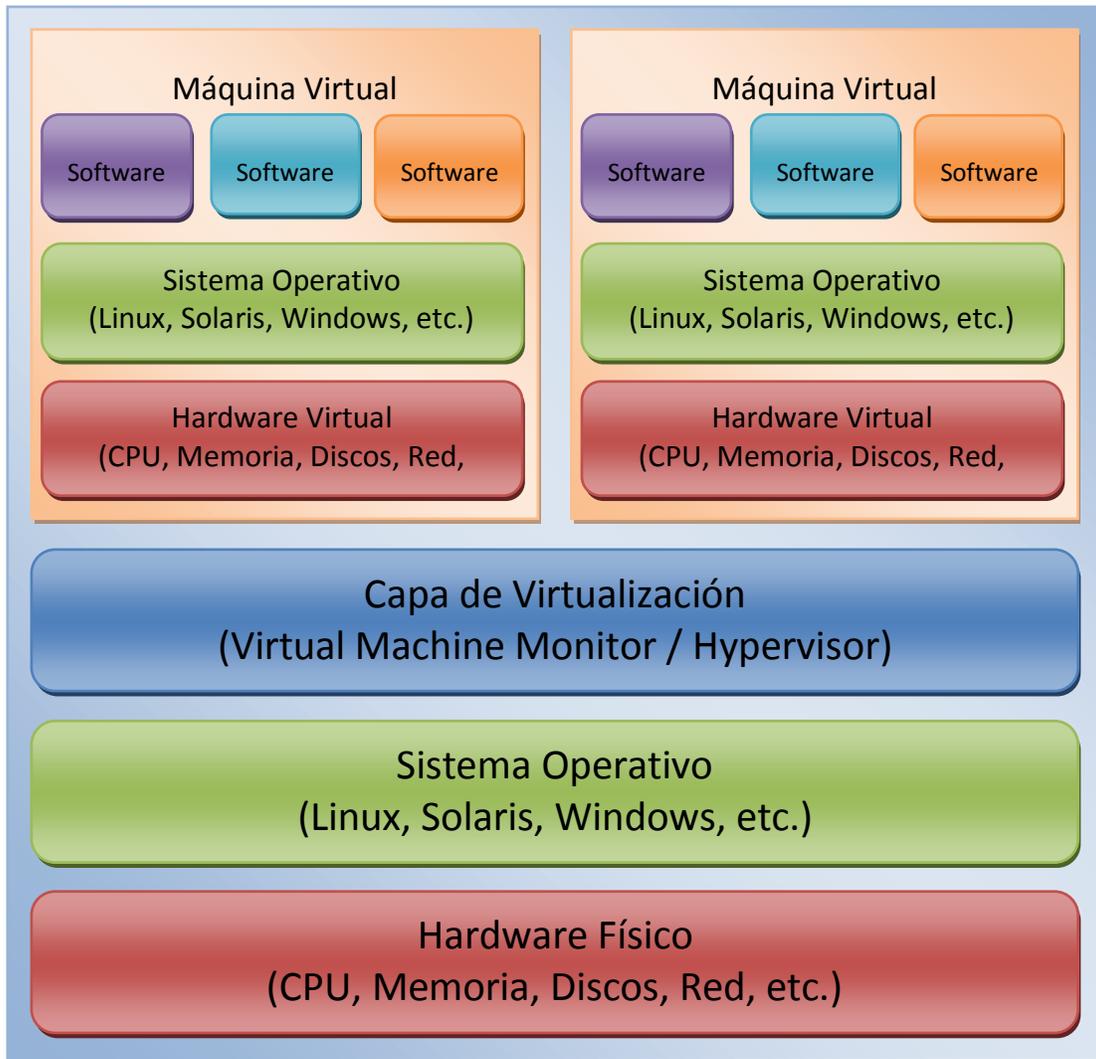


Figura 1.4. Arquitectura de un sistema virtualizado en la que es necesario un sistema operativo sobre el cual instalar la capa de virtualización.

Otra organización, utilizando tecnologías de virtualización, comúnmente utilizada es la mostrada en la siguiente **Figura 1.5**. En ella podemos observar que la plataforma de virtualización está instalada

directamente sobre la capa de *hardware*. Esta forma de virtualización permite la instalación de sistemas operativos sobre maquinas virtuales directamente creadas sobre esta plataforma.

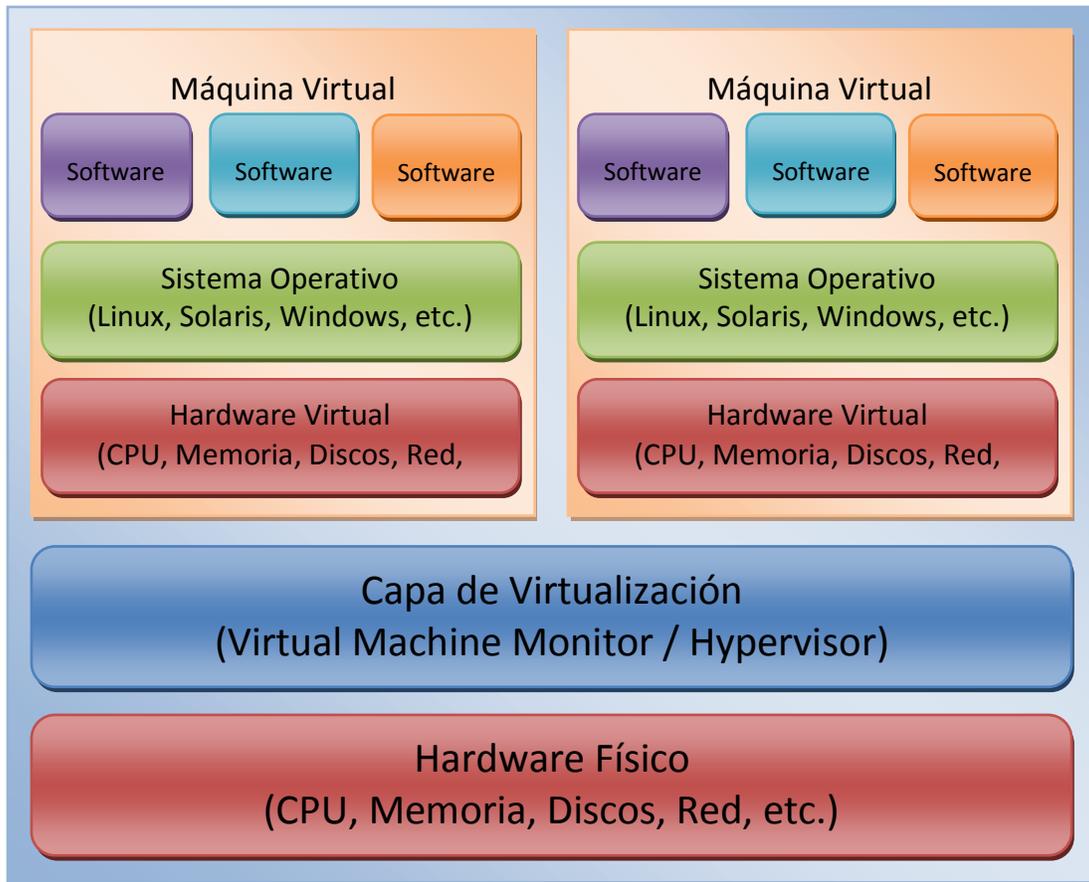


Figura 1.5. Arquitectura de un sistema virtualizado en la que la capa de virtualización se instala directamente sobre la capa de *hardware*.

Los beneficios que representa la implementación de tecnologías de virtualización dentro de una organización de TI son muchos, entre ellos destaca el hecho de permitir reducir costos relacionados con la adquisición de *hardware*, además de incrementar la eficiencia en la administración e implementación de servidores. Otra característica importante relacionada con el uso de tecnologías de virtualización, es la flexibilidad y libertad que tienen las organizaciones de TI para elegir soluciones de *hardware* de distintos proveedores

1.2.2 EMULACIÓN

Emulación es una tecnología que permite a un ambiente comportarse o actuar como si fuera otro completamente diferente. En este sentido, la emulación podría ser también descrita como una suplantación

sofisticada. Las instrucciones, en este caso, son interpretadas desde un ambiente de ejecución dentro de instrucciones que el ambiente real puede entender. Principalmente, la emulación es utilizada para la ejecución de ambientes heredados, desarrollo de sistemas operativos, y pruebas de *software*. El rendimiento de los ambientes emulados es claramente más bajo en comparación con los sistemas virtualizados, principalmente debido al consumo de recursos por parte del intérprete.

1.2.2.1 EJEMPLOS DE EMULADORES

Las siguientes son implementaciones comunes de emulación:

- a) **Bochs.** *Bochs* es un emulador x86 de código abierto cuya función es emular procesadores x86, dispositivos, y BIOS.
- b) **MAME.** El *Multiple Arcade Machine Emulator* (MAME) emula *hardware arcade* para el cual algunos juegos de este tipo fueron programados originalmente. Este emulador permite que *software* con estas características sea ejecutado en Windows.
- c) **Virtual PC para Mac.** Virtual PC para Mac emula ambientes *hardware* x86 lo que permite que sistemas operativos de la familia Microsoft Windows puedan ser instalados y ejecutados en sistemas Mac.
- d) **WINE.** WINE permite que aplicaciones Windows puedan ser ejecutados sobre Linux, FreeBSD, y Solaris. WINE emula particiones del sistema operativo Windows, pero el código se ejecuta de forma nativa sobre procesadores x86.

1.2.3 SIMULACIÓN

Simulación es una tecnología en el cual un ambiente imita a otro. A diferencia de la emulación, esta imitación simplemente acepta entradas predefinidas y, a partir de estas, entrega respuestas también predefinidas. Debido a sus características, la simulación es posiblemente el concepto menos complejo para implementar de los analizados en este apartado. El uso principal de los emuladores esta en el diseño y la construcción de prototipos tanto de *hardware* como de *microchips*. En esta característica radica la principal ventaja del uso de la simulación, la cual es permitir a los diseñadores hacer pruebas sobre *hardware* que aun no se construye, lo que se traduce en la reducción de costos y riesgos relacionados con errores durante la construcción de estos componentes.

1.2.3.1 EJEMPLOS DE SIMULADORES

Las siguientes son implementaciones comunes de simulación:

- a) **Cadence y Synopsis.** Estas compañías proveen *software* para el diseño de chips utilizando simuladores para realizar pruebas de viabilidad, rendimiento, entre otras métricas.
- b) **Simics.** Los Simics evolucionaron de *gsim* en 1991. Simics es capaz de correr sistemas operativos sin modificar utilizando sus procesadores y dispositivos simulados.

- c) **SimOS.** El proyecto SimOS fue el encargado de simular el sistema SPRITE sobre *hardware* SPARC. Otras implementaciones de SimOS soportan sistemas SGI basados en MIPS, *Digital Alpha Processors* y el Power PC.

1.2.4 CAPA DE VIRTUALIZACIÓN

La capa de virtualización es la implementación genérica de un sistema de particionado de *software* para el *hardware* de servidores x86. La capa de virtualización está formada por los componentes de *software* utilizados para crear la abstracción entre el *hardware* físico y los entornos virtuales. Cuando se trata de una implementación específica de una capa de virtualización, tal como VMware ESX Server o Hyper-V, es comúnmente utilizado el término de plataforma de virtualización.

De acuerdo con lo anterior, es posible definir a una plataforma de virtualización como una implementación de una capa de virtualización. Si bien la mayoría de los conceptos entre las diferentes capas de virtualización son comunes, existen algunas diferencias entre las plataformas de virtualización disponibles en el mercado. La diferencia principal radica en la forma en que la capa de virtualización es instalada sobre el sistema. El *software* de la capa de virtualización puede ser instalado directamente sobre el *hardware* del servidor o puede ser instalado sobre un sistema operativo residente en el *hardware* del servidor.

1.2.5 MÁQUINA VIRTUAL

“Una máquina virtual es un contenedor de *software* independiente y aislado que puede ejecutar sus propios sistemas operativos y aplicaciones como si fuera una computadora física. De hecho, una máquina virtual se comporta exactamente como lo haría una computadora física, teniendo su propio *hardware* virtual.”⁶

Los recursos que requiere la máquina virtual para funcionar son localizados a través del *Virtual Machine Monitor* (VMM) o *hypervisor*, y de manera predeterminada, la máquina virtual no sabe de la existencia del servidor anfitrión o de la capa de virtualización. En este sentido, la máquina virtual simplemente ve el *hardware* virtual que es mostrado por el VMM como si se tratara de *hardware* real. Una parte del *hardware* virtual es simulado o emulado por la capa de virtualización, mientras que la otra parte es realmente asociada con el *hardware* físico.

Una máquina virtual ofrece varias ventajas sobre las máquinas físicas, entre las que destacan:

- a) **Compatibilidad.** De la misma manera que una computadora física, una máquina virtual aloja su propio sistema operativo huésped y sus propias aplicaciones, y tiene todos los componentes que tiene un equipo físico. Como resultado las máquinas virtuales son completamente compatibles con los sistemas operativos x86 estándar, aplicaciones y controladores de dispositivos, de esta forma es posible utilizar una máquina virtual para ejecutar el mismo *software* que se puede ejecutar en una computadora física x86.
- b) **Aislamiento.** Mientras las máquinas virtuales pueden compartir los recursos físicos de una computadora, estas permanecen completamente aisladas de las demás equipos virtuales como si

⁶ VMware, Inc. *Virtual Machines, Virtual Server, Virtual Infrastructure* [en línea].

se tratara de máquinas físicas separadas. El aislamiento es una razón importante para que la disponibilidad y la seguridad de aplicaciones corriendo sobre un entorno virtual sean, por mucho, superiores que en aplicaciones corriendo en un sistema tradicional no virtualizado.

- c) **Encapsulamiento.** Una máquina virtual es esencialmente un contenedor de *software* que encapsula, dentro de un paquete, un conjunto completo de recursos de *hardware* virtual, así como un sistema operativo y todas sus aplicaciones. El encapsulamiento hace a las máquinas virtuales increíblemente portables y fáciles de manejar.
- d) **Independencia de hardware.** Las máquinas virtuales son completamente independientes del *hardware* físico que está debajo de ellas. Por ejemplo, es posible configurar una máquina virtual con componentes virtuales de *hardware* completamente diferentes de los que están presentes el *hardware* real. Incluso, máquinas virtuales en el mismo servidor físico pueden ejecutar diferentes tipos de sistemas operativos.

Cuando se combinan las propiedades de encapsulamiento y compatibilidad, la independencia de *hardware* brinda la libertad de mover una máquina virtual de un tipo de computadora x86 a otra sin la necesidad de hacer cambios en los controladores de dispositivos, sistema operativo o aplicaciones. La independencia de *hardware* también significa que es posible ejecutar diferentes tipos de sistemas operativos y aplicaciones sobre una sola computadora física.

Una clasificación taxonómica de máquinas virtuales de acuerdo a sus características, puede ser encontrada en el **Apéndice B: Taxonomía de máquinas virtuales**, al final de este trabajo.

1.2.6 SERVIDOR ANFITRIÓN Y SERVIDOR HUÉSPED

La implementación de tecnologías de virtualización típicamente está conformada por dos partes: el servidor anfitrión (*host server*), y el servidor huésped (*guest server*). El servidor anfitrión es el servidor físico x86 sobre el cual reside la capa de virtualización. Este servidor es el que provee recursos de cómputo, tales como poder de procesamiento, memoria, almacenamiento, dispositivos E/S, red, entre otros. El servidor anfitrión es definido de esta forma porque en el residen la capa de virtualización, así como uno o más servidores huéspedes o máquinas virtuales.

Por otra parte, el servidor huésped es una instancia independiente y completamente separada, de un sistema operativo y sus aplicaciones. Los huéspedes son la carga de trabajo virtual que reside en el servidor anfitrión y a los que este comparte sus recursos de cómputo. Los sistemas operativos instalados sobre un huésped son compatibles con el *hardware* de la máquina virtual y comúnmente también lo son con el servidor anfitrión. Sin embargo, el sistema operativo en el huésped no debe ser necesariamente el mismo que ha sido instalado en el anfitrión, en el caso de que el servidor anfitrión tenga un sistema operativo.

1.3 ESCENARIOS DE USO

Si bien la virtualización no es una tecnología nueva, como hemos visto a lo largo de este capítulo, en los últimos años ha visto una expansión impresionante, alcanzando ámbitos que le eran ajenos en otros tiempos. El uso de máquinas virtuales para crear laboratorios de prueba era, hasta hace poco, la aplicación

más común de tecnologías de virtualización, sin embargo esto ha cambiado con el tiempo. En la actualidad, la migración tanto de servidores como de servicios a entornos virtuales es un hecho cada vez más común, debido a las ventajas que representa, tanto de desempeño como de costo, el uso de este tipo de tecnologías. En este apartado del capítulo se profundizará en algunos de los escenarios más comunes en donde se utiliza la virtualización actualmente.

1.3.1 APLICACIONES

El uso de aplicaciones es necesario para resolver problemas específicos que necesitan un trato determinado. Sin embargo, es común encontrar que algunas aplicaciones no son compatibles o generan ciertos problemas al ser ejecutadas sobre un sistema determinado. Todos estos problemas pueden resultar peligrosos para el rendimiento de un equipo de cómputo, no solo a nivel personal, sino también a nivel organizacional. La virtualización de aplicaciones permite aislar una aplicación determinada del sistema operativo base sobre el cual corre, y de otras aplicaciones, con el objetivo de incrementar la compatibilidad y facilitar la administración.

Al utilizar tecnologías de virtualización de aplicaciones, las aplicaciones no son instaladas en el sistema operativo en el sentido tradicional. En su lugar, los archivos de aplicación y configuración son copiados a un dispositivo destino y la ejecución es controlada por una capa de virtualización de aplicaciones en el mismo momento en que la aplicación está corriendo. Cuando se ejecuta, la aplicación *cree* que esta interactuando directamente con el sistema operativo cuando, en realidad, esta interactuando con un entorno de virtualización que redirige todas las peticiones al sistema operativo.

Otro uso común para la virtualización de aplicaciones es el de proporcionar aplicaciones desde un servidor remoto, respondiendo a peticiones hechas por clientes, vía red, los cuales requieren una aplicación determinada. Con este método de entrega, las aplicaciones son almacenadas de una manera centralizada, dentro de un entorno de aislamiento ubicado en el dispositivo destino donde serán ejecutadas.

1.3.1.1 VENTAJAS

- Reducción de costos de *hardware*.
- Reducción de costos de *software* y de licencias de sistemas operativos.
- Permite la creación de aplicaciones portables, las cuales no necesitan ser instaladas directamente sobre el sistema operativo.
- Elimina o reduce problemas de compatibilidad entre las aplicaciones y el sistema operativo.
- Permite la ejecución de aplicaciones desde cualquier medio sin la necesidad de utilizar privilegios de administrador, lo cual representa una mejora sustancial de la seguridad del sistema.
- Facilita la migración y actualización de aplicaciones.
- Permite hacer un uso óptimo de los recursos del sistema, tanto de *software* como de *hardware*.
- Facilita la escalabilidad del sistema.
- Las aplicaciones se mantienen en su propia burbuja, por lo que no presentan incompatibilidad con otras aplicaciones.
- El registro del sistema no incrementa su tamaño por la instalación de nuevas aplicaciones.

1.3.1.2 EJEMPLOS EN EL MERCADO

- VMware ThinApp
- Microsoft Application Virtualization (App-V)
- Citrix XenApp

1.3.2 RED

De forma similar a su contraparte física, es posible conectar en red varias máquinas virtuales con el objetivo de permitir la comunicación entre servidores virtuales, así como el intercambio de información entre los mismos. Dependiendo de la configuración, los adaptadores de red virtuales pueden ser aislados dentro de redes privadas separadas, las cuales solo permiten la comunicación con otro adaptador de red virtual que se encuentre en la misma red. También, pueden ser aislados, generalmente por motivos de seguridad o de funcionamiento, de tal forma que no tengan comunicación alguna con otras máquinas. Además, los adaptadores de red virtuales tienen la posibilidad de unirse a una red en la que únicamente pueda existir comunicación con el servidor anfitrión. Los adaptadores de red virtuales pueden también *hablar* directamente a través del adaptador de red anfitrión como si ellos fueran interfaces de red separadas en la red del anfitrión. Finalmente, existe un proceso conocido como Network Address Translation (NAT), el cual permite al adaptador de red virtual comunicarse a través del adaptador de red del anfitrión como si se tratara del mismo adaptador anfitrión.

Las formas más importantes de virtualización de red son las siguientes:

- a) **Virtual LAN (VLAN)**. Se refiere al estándar de la IEEE 802.1Q. Las VLANs son un método que permite crear redes lógicas independientes dentro de una misma red física compartida.
- b) **Virtual IP (VIP)**. Es una dirección IP la cual no está conectada a una interface red o computadora específica. Las VIPs generalmente son asignadas a un dispositivo de red que está en el camino del tráfico de red transversal.
- c) **Virtual Private Network (VPN)**. Es una red de comunicaciones utilizada para permitir la transmisión de datos de manera confidencial sobre una red pública que se supone insegura, como internet.

1.3.3 HARDWARE

De forma análoga a como se realiza a nivel físico, las aplicaciones y el mismo sistema operativo, instalados sobre el servidor huésped o máquina virtual, son sostenidos por los recursos que provee el *hardware* virtual que les es asignado. El *hardware* virtual está compuesto por un conjunto de dispositivos virtuales que son expuestos por la máquina virtual. Algunos de estos dispositivos son proporcionados de manera predeterminada por la capa de virtualización y su configuración no puede ser modificada. Existen, sin embargo, otros dispositivos virtuales de *hardware* que pueden ser completamente controlados y configurados desde la capa de virtualización, de acuerdo a las necesidades particulares de cada instalación. En este apartado se profundizará en la explicación de algunos de estos dispositivos virtuales, entre los que destacan procesador, memoria y disco duros.

1.3.3.1 PROCESADOR

De la misma forma que a nivel físico, un procesador virtual tiene como función primaria realizar cálculos complejos utilizando los datos que le proporciona el sistema. La mayoría de las plataformas de virtualización están diseñadas para soportar un procesador virtual único. Sin embargo, el procesador virtual no es completamente emulado, ya que una emulación completa derivaría en lo que se conoce como un cuello de botella. Para solucionar esto, la plataforma de virtualización generalmente atrapa las instrucciones emitidas por las máquinas virtuales manejándolas de dos formas diferentes, o pasa la instrucción directamente hasta el procesador físico, o emula la instrucción descomponiéndola en una o más diferentes instrucciones para el procesador físico, para finalmente regresar el resultado esperado al procesador virtual.

Dependiendo de la plataforma de virtualización y de su respectiva configuración, es posible que las instrucciones de un procesador virtual sean ejecutadas de manera secuencial en uno o más procesadores físicos en el servidor anfitrión, lo que permite optimizar el funcionamiento del programador de recursos del procesador en el VMM. Si bien es cierto que esto no es multiprocesamiento, si representa una ayuda importante en el incremento del rendimiento de la máquina virtual.

Normalmente las plataformas de virtualización ofrecen una opción de configuración por máquina virtual llamada afinidad de CPU. Esta configuración define qué procesador en el servidor anfitrión debe ser utilizado para ejecutar instrucciones emitidas por una máquina virtual determinada. Esto resulta extremadamente útil cuando se desea restringir una o más máquinas virtuales de baja prioridad a un único procesador utilizando afinidad de CPU, mientras que las demás máquinas virtuales tienen permitido el uso de todos los procesadores con que cuenta el servidor anfitrión.

Además de los controles de afinidad de CPU, muchas de las plataformas de virtualización también permiten configuraciones detalladas de los recursos de procesamientos disponibles para cada máquina virtual. Cuando esto ocurre, es posible configurar el porcentaje máximo y mínimo de recursos de procesamiento del total disponible en el servidor anfitrión. Esto puede ser muy útil cuando una máquina virtual determinada requiere una mejor garantía de recursos de procesamiento que otra sobre el servidor anfitrión. Otra configuración de administración de recursos de procesador comúnmente disponible en las plataformas de virtualización, es la asignación de recursos relativa, la cual está diseñada para brindar prioridades detalladas al programador de procesos del VMM.

1.3.3.2 MEMORIA

Las máquinas virtuales necesitan de la memoria RAM de la misma forma que sus contrapartes físicas. Ambas utilizan este tipo de memoria como medio de almacenamiento temporal y de alta velocidad, para los datos que van a ser utilizados por el/los procesadores. Existe un límite de 3.6 GB de memoria asignable, para la mayoría de las plataformas de virtualización. Esto se debe a que la arquitectura de sistemas de 32 bits x86 soporta un tamaño máximo de memoria por proceso de 4 GB y la plataforma de virtualización consume para sí misma una parte de esa cantidad de memoria.

Es importante aclarar en este punto del capítulo, que el concepto de memoria virtual utilizado en el presente trabajo no debe ser confundido con el de memoria virtual asociado a archivos de paginación o archivos de intercambio (*swap*), el cual se refiere a la memoria virtual como un mecanismo, utilizado por algunos sistemas operativos, para extender la cantidad de memoria física disponible mediante el uso de almacenamiento en disco duro como memoria adicional.

La memoria virtual asignada a una máquina virtual usualmente mapea directamente en la memoria física del servidor anfitrión. Es el VMM de la plataforma de virtualización el que se encarga de administrar las direcciones de memoria asignadas a una máquina virtual. En algunos casos, una parte de la memoria de una máquina virtual va a mapear directamente en la memoria física del servidor anfitrión, sin embargo, en algunos otros casos, podría mapear en el archivo de paginación o de intercambio del servidor anfitrión o en el archivo de intercambio de la plataforma de virtualización, en el caso de ser soportada esta característica. Cualquier memoria paginada debe ser intercambiada dentro de la memoria física antes de que pueda ser usada por el procesador virtual.

En la mayoría de los casos, existe una relación uno a uno entre cada unidad de memoria asignada a una máquina virtual y la que se mapea en la memoria física del servidor anfitrión. En otras palabras, el servidor anfitrión necesitaría típicamente al menos la misma cantidad de memoria que demandan las máquinas virtuales que residen en él, más la cantidad de memoria suficiente para el sistema operativo anfitrión, la plataforma de virtualización, y cualquier otra aplicación que deba ser instalada en el servidor anfitrión.

Algunas plataformas de virtualización permiten la asignación de más memoria virtual en las máquinas virtuales que la existe físicamente en el servidor anfitrión. Esto es posible debido a que la plataforma de virtualización utiliza un archivo de intercambio en el disco duro para almacenar información que no es utilizada en determinado momento para que los datos necesarios estén disponibles en la memoria física real. En el momento en que los datos ya no son necesarios, serán intercambiados fuera del disco y otro dato es cargado en memoria.

Existe una característica en algunas plataformas de virtualización que permite un uso más eficiente de los recursos de memoria, la cual es conocida como memoria redundante. En el caso de que un servidor tenga varias máquinas virtuales, todas ellas con el mismo sistema operativo instalado, es muy probable que los mismos módulos sean cargados en memoria por cada máquina virtual. Para evitar que los mismos programas y datos sean cargados en memoria muchas veces, la memoria redundante permite que la plataforma de virtualización consolide artefactos de memoria común, de tal forma que estos existan solo una vez en la memoria física. Esto reduce la cantidad de memoria física utilizada, así como el uso de paginación.

1.3.3.3 DISCO DURO

Una máquina virtual, al igual que su contraparte física, necesita un medio de almacenamiento de datos a largo plazo y no volátil. Para ambos casos el disco duro es el componente de *hardware* más común para satisfacer estos requerimientos de almacenamiento, ya que es capaz de retener datos por periodos largos de tiempo, aun cuando la computadora es apagada.

Existen dos tipos de interfaces de disco duro: *Integrated Device Electronics* (IDE) y *Small Computer Systems Interface* (SCSI). Estas interfaces soportan a las unidades de disco que son conectadas directamente a la computadora física. Las principales diferencias entre estas interfaces radican en sus aspectos físicos, entre los que se encuentran conectores, cables, y señales eléctricas, además de diferencias de *software*, como el protocolo utilizado para transferencia de datos entre la unidad de disco duro y la computadora a la cual está conectada.

Dependiendo de la plataforma de virtualización, las máquinas virtuales pueden contener interfaces IDE y SCSI. Ambas unidades están orientadas a seguir ciertos estándares de la capa de virtualización para que su funcionamiento sea óptimo. En el caso de computadoras de escritorio, la elección más popular de disco duro es el IDE. Por otra parte, cuando se trata de servidores, la elección se inclina hacia el SCSI.

La típica unidad de disco duro virtual almacena sus datos dentro de uno o más archivos residentes en el servidor anfitrión. Estos archivos contienen la imagen almacenada de un disco duro completo, pero ante el sistema operativo huésped, aparecen como un simple disco duro físico. La unidad de disco duro virtual es creada por la plataforma de virtualización, usualmente a través de su interface de administración, y en el momento de su creación, el tipo de interface (IDE o SCSI) y su tamaño deben ser especificados. Al igual que su contraparte física, al tratarse de una nueva unidad, el nuevo disco duro virtual esta inicialmente vacío y sin formato.

Una característica a destacar de los discos duros virtuales es que su tipo de interface es completamente independiente del tipo de *hardware* físico utilizado en el servidor anfitrión. En otras palabras, si el servidor anfitrión solo soportara dispositivos IDE, el disco duro virtual podría ser SCSI si la plataforma de virtualización soporta este tipo de interfaces. Las plataformas de virtualización usualmente soportan por lo menos uno o dos interfaces de disco duro y algunos de ellos soportan tanto interfaces IDE como SCSI.

Las máquinas virtuales tienen típicamente al menos un disco duro virtual sobre el cual el sistema operativo huésped es instalado y desde el cual la máquina virtual inicia. Sin embargo, las máquinas virtuales pueden tener más de una unidad virtual de disco duro si así lo requieren. El número límite de discos duros virtuales que pueden ser agregados a una máquina virtual depende exclusivamente de la plataforma de virtualización. Así como un disco duro físico, una unidad virtual puede ser particionada en una o más volúmenes lógicos y puede ser formateada para utilizar diferentes sistemas de archivos, si así se requiere.

Otra característica interesante es que los discos duros virtuales son completamente portables, es decir, que pueden ser creados independientemente de la máquina virtual en un servidor anfitrión dado. Entre las ventajas que presenta esta característica está el hecho de que las máquinas virtuales pueden ser copiadas o movidas entre diferentes servidores anfitriones. La portabilidad de los discos duros es realizada por el hecho de que el sistema operativo huésped solamente requiere un único tipo de controlador para todas las unidades de disco duro que vayan a ser agregadas, a diferencia de su contraparte física donde normalmente es necesario instalar diferentes controladores de distintos fabricantes o, en otros casos, son necesarias actualizaciones del BIOS para poder soportar unidades de disco duro de tamaños mayores.

En realidad, cuando un disco duro virtual es agregado a una máquina virtual, este es ligado a un controlador de disco duro compatible de la máquina virtual específica. Un disco duro virtual que es agregado a una máquina virtual es mapeado por el VMM en los archivos físicos que residen en el servidor anfitrión. El VMM se encarga de manejar las peticiones E/S de la máquina virtual a la que es agregado y los archivos físicos en el servidor anfitrión son actualizados en caso de ser necesario.

Los discos duros virtuales presentan algunas características especiales normalmente no soportadas por los discos duros físicos, las cuales pueden ser consultadas en el **Anexo**, al final de este trabajo.

1.3.4 SERVIDORES

En un principio, el uso de tecnologías de virtualización estaba orientado hacia la creación de laboratorios de pruebas, en donde las organizaciones podían experimentar sobre *software* nuevo, en equipos de escritorio. Sin embargo, en los últimos años, el área de la virtualización de servidores ha crecido de una forma impresionante, provocando que muchas empresas decidan migrar su infraestructura completa de servidores de producción hacia servidores virtuales. Con el paso del tiempo, los avances tecnológicos en materia de *hardware* han logrado incrementar la capacidad y el poder de cada uno de los dispositivos que forman parte de un servidor, dando como resultado no solo equipos más potentes, sino también, el desaprovechamiento de recursos. Típicamente el procesador, memoria y almacenamiento en disco duro, son utilizados muy por debajo del límite de su potencial. La virtualización de servidores permite el aprovechamiento óptimo de los recursos con que cuenta el servidor, lo que se ve reflejado en la reducción de costos asociados a la adquisición de equipos dentro de la organización.

La virtualización de servidores permite la creación de múltiples servidores virtuales dentro de un mismo servidor físico. Cada uno de estos servidores virtuales tiene instalado un sistema operativo al cual se le asignan recursos del equipo físico en el cual están alojados. La virtualización permite superar la limitante de los servidores físicos de ejecutar únicamente un sistema operativo en un instante determinado de tiempo.

Existen tres enfoques distintos para la virtualización de servidores: *virtualización completa* o *modelo de máquina virtual*, *paravirtualización*, y *particionado del sistema operativo*. A continuación se describen las características de cada uno de estos enfoques.

1.3.4.1 VIRTUALIZACIÓN COMPLETA

La virtualización completa es el método de virtualización más popular y está basado en el paradigma anfitrión/huésped. Cada sistema operativo huésped corre sobre una capa de *hardware* virtual y utiliza un *hypervisor* o VMM para crear una capa de abstracción entre el servidor virtual y el *hardware* físico. Este enfoque permite la instalación de prácticamente cualquier sistema operativo sin modificación, y sin que este “note” que está trabajando sobre un entorno virtual. La principal desventaja del uso de este método es la cantidad de recursos, principalmente de procesador, que requiere el *hypervisor* para operar. Es el *hypervisor* el encargado de coordinar y validar todas las instrucciones del CPU del huésped, así como administrar cualquier código ejecutado que requiera privilegios adicionales. VMware y Microsoft Virtual Server son ejemplos de este modelo.

1.3.4.2 PARAVIRTUALIZACIÓN

El modelo anterior hace un uso intensivo de recursos debido a que el VMM tiene que administrar varios servidores virtuales y mantener la independencia entre ellos. Una forma de reducir el uso excesivo de recursos es mediante la paravirtualización. Este modelo también se basa en el paradigma anfitrión/huésped y haces uso de un VMM como el modelo anterior. Sin embargo, el VMM modifica el código del sistema operativo huésped, de esta forma este puede cooperar con el VMM. Este proceso es conocido como *porting*. El *porting* se encarga de hacer lo necesario para que el sistema operativo huésped corra en el entorno virtualizado. En este caso, el *porting* soporta el VMM de tal forma que haga llamadas al sistema de manera moderada.

La paravirtualización puede ser utilizada para virtualizar sistemas operativos de código abierto, tales como BSD, Linux y Solaris. Sin embargo, no es aplicable para la virtualización de sistemas operativos propietarios como *Windows*, en donde el código no puede ser modificado.

La principal ventaja de la paravirtualización es el desempeño. Los servidores paravirtualizados, trabajando de forma cooperativa con un VMM, presentan una respuesta muy cercana a la de los servidores físicos. *Xen* y *UML* son ejemplos de paravirtualización, aunque Microsoft y VMware están trabajando en el desarrollo de productos regidos por este paradigma

1.3.4.3 PARTICIONADO DEL SISTEMA OPERATIVO

El particionado del sistema operativo funciona de una manera diferente a los dos modelos anteriores. Para empezar no está basado en el paradigma anfitrión/huésped. En su lugar, el anfitrión corre el *kernel* de un sistema operativo como su propio núcleo y exporta la funcionalidad de sistema operativo a cada uno de los servidores huésped. Para este modelo, el sistema operativo instalado en los huéspedes debe ser el mismo que el del anfitrión, o al menos una distribución de este. Esta arquitectura distribuida elimina las llamadas al sistema entre capas, lo cual reduce el uso de procesador. Este paradigma permite que binarios y bibliotecas comunes, en la misma máquina física, puedan ser compartidos, permitiendo que un solo servidor virtual albergue a miles de huéspedes al mismo tiempo. *Virtuozzo* y *Solaris Zones* son ejemplos de particionado del sistema operativo.

1.3.5 CÓMPUTO EN LA NUBE

En el modelo actual o tradicional de infraestructura de TI las organizaciones deben destinar recursos tanto tecnológicos como humanos, agrupados en un área de tecnología, para solucionar problemas relacionados con la infraestructura informática de la empresa y el desarrollo de aplicaciones. La mayoría de los departamentos de TI se ven obligados a dedicar una buena parte de su tiempo a la tarea de implementar, configurar, dar mantenimiento y actualizar proyectos relacionados con la infraestructura de la organización, los cuales normalmente no suponen un valor añadido en el balance final de la producción de la empresa.

Por otro lado, a lo largo de la historia, hemos presenciado la evolución de tecnologías o servicios como la energía eléctrica, el agua potable o la telefonía, así como su forma de distribución. Hoy en día los usuarios de estos servicios pagan únicamente por el uso que hacen de ellos, dejando al proveedor la responsabilidad de generar, organizar y administrar los recursos necesarios para proporcionar al cliente el servicio acordado. El proveedor de servicios utiliza mecanismos para determinar con precisión el uso que hacen los usuarios sobre los servicios que ofrece y generar un cobro en concordancia con este.

De esta manera surge una pregunta interesante, ¿Por qué no conectarnos a internet en un esquema similar al descrito anteriormente y que un proveedor nos proporcione los recursos o servicios de cómputo que nosotros requerimos pagando únicamente por el uso que hacemos de estos? Si esto ocurriera nosotros no tendríamos por qué preocuparnos por la adquisición de equipos de cómputo, o por su mantenimiento, tampoco por mantener actualizada la aplicación o el mismo sistema operativo, ya que, en un modelo como el que se acaba de mencionar, esto sería responsabilidad del proveedor. Es por este motivo que los equipos

La comercialización y estandarización de tecnologías, la virtualización y el crecimiento de arquitecturas de *software* orientadas al servicio, y el aumento en la confiabilidad de las soluciones empresariales de internet, son las bases sobre las que el cómputo en la nube ha logrado crecer. Estas tres tendencias, de acuerdo con el analista de Gartner, Daryl Plummer⁸, constituyen una discontinuidad que creará una nueva forma de relación entre aquellos que utilizan servicios de TI y aquellos que los ofrecen. Esencialmente esto significará que usuarios de servicios de TI serán capaces de centrar su atención en aquello que el servicio proporciona en lugar que preocuparse en cómo se implementan dichos servicios o donde se alojan.

Los tipos de servicios que pueden ser proporcionados a través de la nube son extensos. Los proveedores de servicios de cómputo proporcionan servicios de tal forma que los usuarios pueden utilizar poder de procesamiento sin la necesidad de comprar computadoras. Servicios de almacenamiento proporcionan una manera de almacenar datos y documentos sin tener que aumentar continuamente el tamaño de las granjas de almacenamiento ni la capacidad de los servidores.

1.3.5.1 VENTAJAS

- a) **Costos.** Podría ser esta la ventaja más atractiva que presenta el cómputo en la nube, o si no lo es, al menos es la más evidente de todas las que ofrece esta tecnología. Al dejar la responsabilidad de la implementación de la infraestructura al proveedor, el cliente no tiene que preocuparse por comprar equipos de cómputo, por capacitar personal para la configuración y mantenimiento de estos, y en algunos casos, por el desarrollo del *software*. Además el usuario de este tipo de servicios únicamente paga por los recursos que utiliza, permitiéndole diseñar un plan de pago normalmente a partir del tiempo en que se utiliza este recurso (memoria, procesamiento y almacenamiento).
- b) **Competitividad.** Al no tener que adquirir equipos costosos, las pequeñas empresas pueden tener acceso a las más nuevas tecnologías a precios a su alcance pagando únicamente por consumo. De este modo las organizaciones de cualquier tipo podrían competir en igualdad de condiciones en aéreas de TI con empresas de cualquier tamaño. La ventaja competitiva no está en quien tiene los recursos de cómputo sino en quien los emplea mejor.
- c) **Disponibilidad.** El proveedor está obligado a garantizar que el servicio siempre esté disponible para el cliente. En este aspecto, la virtualización juega un papel fundamental, ya que el proveedor puede hacer uso de esta tecnología para diseñar una infraestructura redundante que le permita ofrecer un servicio constante de acuerdo a las especificaciones del cliente.
- d) **Abstracción de la parte técnica.** Como se menciona al hablar de costos, el cómputo en la nube permite al cliente la posibilidad de olvidarse de la implementación, configuración y mantenimiento de equipos; transfiriendo esta responsabilidad al proveedor del servicio.
- e) **Acceso desde cualquier punto geográfico.** El uso de las aplicaciones diseñadas sobre el paradigma del cómputo en la nube hace que la información y las aplicaciones puedan ser accesibles desde cualquier equipo de cómputo en el mundo que esté conectado a internet. El acceso normalmente se hace desde un navegador *web*, lo que permite a la aplicación ser utilizada no únicamente desde una computadora de escritorio o una computadora portátil, sino que esta tecnología va mas allá permitiendo al usuario hacer uso de la aplicación incluso desde dispositivos móviles como *smartphones*.

⁸ Gartner, Inc. *Gartner Says Cloud Computing Will Be As Influential As E-business* [en línea].

- f) **Escalabilidad.** El cliente no tiene que preocuparse por actualizar el equipo de cómputo sobre el que se está corriendo la aplicación que utiliza, ni tampoco por la actualización de sistemas operativos o instalación de parches de seguridad, ya que es obligación del proveedor del servicio realizar este tipo de actualizaciones. Además estas actualizaciones son transparentes para el cliente, por lo que la aplicación debe de continuar disponible para el usuario en todo momento aun cuando se esté realizando el proceso de actualización del lado del proveedor. Las actualizaciones y nuevas funcionalidades son instaladas prácticamente de manera inmediata.
- g) **Concentración de esfuerzos en los procesos de negocio.** Como resultado de las ventajas antes mencionadas, el cliente puede concentrar más recursos y esfuerzos hacia un aspecto más estratégico y trascendente, que tengan un impacto directo sobre los procesos de negocio de la organización, transfiriendo al proveedor la responsabilidad de la implementación, configuración y mantenimiento de la infraestructura necesaria para que se ejecute la aplicación.

1.3.5.2 DESVENTAJAS

- a) **Privacidad.** Es comprensible la percepción de inseguridad que genera una tecnología que pone la información (sensible en muchos casos), en servidores fuera de la organización, dejando como responsable de los datos al proveedor de servicio. El tema a tratar aquí es el de la privacidad ya que para muchos es extremadamente difícil el confiar su información sensible a terceros y consideran que lo que propone el cómputo en la nube pone en riesgo la privacidad de información vital para los procesos de negocio de la organización.
- b) **Disponibilidad.** Si bien es cierto que se incluyó a la disponibilidad previamente como una ventaja, esta queda como una responsabilidad que compete únicamente al proveedor del servicio, por lo que si su sistema de redundancia falla y no logra mantener al servicio disponible para el usuario, este no puede realizar ninguna acción correctiva para restablecer el servicio. En este caso el cliente debería de esperar a que el problema sea resuelto del lado del proveedor, lo que contribuye a la percepción de inseguridad planteada en el punto anterior.
- c) **Falta de control sobre recursos.** Al tener toda la infraestructura e incluso la aplicación corriendo sobre servidores que se encuentran en la nube, es decir, del lado del proveedor, el cliente carece por completo de control sobre los recursos e incluso sobre su información, una vez que esta es subida a la nube.
- d) **Dependencia.** En una solución basada en cómputo en la nube el cliente se vuelve dependiente no solo del proveedor del servicio, sino también de su conexión a internet, debido a que el usuario debe estar permanentemente conectado para poder alcanzar al sistema que se encuentra en la nube.
- e) **Integración.** No en todos los entornos resulta fácil o práctica la integración de recursos disponibles a través de infraestructuras de cómputo en la nube con sistemas desarrollados de una manera tradicional, por lo que este aspecto debe ser tomado en cuenta por el cliente para ver que tan viable resulta implementar una solución basada en la nube dentro de su organización.

Esta tecnología, como sucede normalmente, requiere de un crecimiento gradual. Si bien es cierto que el cómputo en la nube es una tecnología que ya se utiliza desde hace algunos años, aun falta por ser completamente absorbida como una tendencia central por las organizaciones. El nivel de aceptación entre las organizaciones ira variando dependiendo del tamaño de estas. Las pequeñas y medianas empresas

parecen ser las primeras beneficiadas por la aparición del cómputo en la nube debido a las ventajas que presenta este modelo, las cuales ponen a estas organizaciones a competir de una manera menos desfavorable con otras de mayor tamaño. Son las empresas más pequeñas las que empiezan a adoptar soluciones basadas en cómputo en la nube de forma más rápida. Las grandes organizaciones también comienzan a encontrar en el mercado soluciones de este tipo a gran escala de acuerdo a sus necesidades particulares. En la otra cara de la moneda se encuentran los usuarios finales, a los que el cómputo en la nube también les está cambiando la forma en que realizan sus actividades, para mejorarlas, en la mayoría de los casos, permitiéndoles colaborar de una manera distinta con otros usuarios en diferentes lugares, tener acceso a las aplicaciones que requieren desde su navegador *web* y prácticamente desde cualquier equipo, incluso desde sus dispositivos móviles.

1.3.5.3 MODELOS DE IMPLEMENTACIÓN

El cómputo en la nube ofrece dos posibilidades básicas de implementación: nube pública y nube privada. Las nubes públicas están disponibles para cualquier organización que pueda pagar por este servicio a un proveedor, mientras que las nubes privadas están diseñadas para que sean utilizadas exclusivamente desde dentro de la organización. La diferencia entre una nube pública y una privada es esencialmente el almacenamiento, es decir, el lugar en donde la nube será desplegada y los datos de la organización guardados. Una nube pública es ofrecida como un servicio por parte de un proveedor, usualmente sobre una conexión de internet. Por otra parte, una nube privada es desplegada detrás del *firewall* de la organización y administrada por el personal de TI con que esta cuenta. Aunque la ubicación de la nube puede parecer una diferencia trivial, esta conduce a experiencias y posibilidades muy particulares para la organización que adopte alguna de estas vertientes.

Los proveedores de nubes públicas generalmente cobran una tarifa de uso mensual aunada a una de transferencia de ancho de banda. En este tipo de nube, los usuarios pueden escalar el almacenamiento según sus necesidades sobre demanda. El proveedor de servicios se encarga de la administración de la infraestructura y crea contenedores de recursos de cómputo que cualquier cliente puede utilizar.

Por su parte, las nubes privadas son construidas a partir del *software* ejecutándose sobre el *hardware* proporcionado por la organización para tal fin. El almacenamiento normalmente no es compartido fuera de la empresa y el control total sobre la información recae en la organización. Escalar los recursos de la nube consiste, en este caso, en la adición de nuevos servidores al contenedor de recursos y la administración de la arquitectura extenderá la nube mediante el incremento de rendimiento y capacidad.

El NIST⁹ considera también un par de modelos más: nube comunitaria y nube híbrida. La nube comunitaria proporciona una infraestructura que es compartida por más de una organización y es compatible con una comunidad específica que comparte características comunes (por ejemplo, misión, requerimientos de seguridad, políticas, y consideraciones de cumplimiento). Este tipo de nube puede ser administrada por alguna de las organizaciones que conforman la comunidad o por un tercero, y puede existir dentro de las instalaciones de la comunidad o fuera de estas. Por otra parte, la nube híbrida propone una infraestructura compuesta por dos o más tipos de nubes (privada, pública o comunitaria), las cuales permanecen como

⁹ MELL Peter; GRANCE Tim. *The NIST Definition of Cloud Computing* [en línea].

entidades únicas pero son unidas por tecnologías propietarias o estandarizadas, las cuales permiten portabilidad de aplicaciones y de datos.

1.3.5.4 MODELOS DE SERVICIO

El cómputo en la nube se puede dividir en tres niveles, o modelos de servicio, en función de los servicios que ofrecen los proveedores. Desde el nivel más externo hasta el más interno se encuentran: *Software como Servicio* (SaaS, *Software as a Service*), *Plataforma como Servicio* (PaaS, *Platform as a Service*) e *Infraestructura como Servicio* (IaaS, *Infrastructure as a Service*). A continuación se describen brevemente cada uno de estos niveles.

1.3.5.4.1 SOFTWARE COMO SERVICIO

Es el más conocido de los niveles de cómputo en la nube. El *Software como Servicio* es un modelo de negocio de distribución de *software* en el cual un proveedor o un tercero aloja una aplicación y la hace disponible a los clientes en una base de suscripción. Los clientes de un modelo como este utilizan *software* que se ejecuta sobre la infraestructura del proveedor pagando únicamente por lo que se utiliza. No hay compromisos por adelantado, de esta forma el cliente evita contratos a largo plazo. El NIST define este modelo como “La capacidad ofrecida al consumidor para utilizar aplicaciones de los proveedores ejecutándose sobre una infraestructura de nube. Las aplicaciones son accesibles desde diversos dispositivos cliente a través de una interfaz ligera tal como un navegador *web* (por ejemplo, correo basado en *web*). El consumidor no administra o controla la infraestructura de nube subyacente incluyendo red, servidores, sistemas operativos, almacenamiento, o incluso capacidades de aplicación individual, con la posible excepción de configuraciones de limitadas aplicaciones específicas de usuario.”¹⁰

Basados en los términos del contrato, los clientes pueden elegir en cualquier momento dejar de recibir el servicio. La infraestructura sobre la que se ejecuta la aplicación y la configuración de *software* son invisibles para los usuarios, por lo que los clientes deben conformarse con la funcionalidad que ofrece el proveedor. SaaS utiliza una arquitectura de multitenencia, y el entorno de los usuarios están separados entre sí de una manera lógica, tanto en tiempo de ejecución como en periodos de inactividad.

Esta multitenencia puede resultar inconveniente para algunas organizaciones debido a la naturaleza de su negocio, así que algunos proveedores pueden ofrecer una infraestructura aislada físicamente para estos clientes en específico y realizar un cargo extra al costo asociado al mantenimiento de *software* y de *hardware*.

Las aplicaciones que requieren de colaboración las cuales resuelven el mismo problema para varias empresas han sido exitosas en el entorno de SaaS. Debido a que la configuración, tanto de *hardware* como de *software*, es transparente para el usuario final, la participación del personal de TI se vuelve mínima. Algunas aplicaciones SaaS pueden ser personalizadas por usuarios finales; sin embargo, la mayoría no permite este tipo de configuraciones. Esto da como resultado, que la participación del equipo de desarrollo también sea minimizada.

¹⁰ *Ibidem*.

La situación actual de los entornos de TI plantea un panorama de competencia con claras desventajas para las pequeñas y medianas empresas en comparación con organizaciones más grandes. La adopción de SaaS puede proporcionar a cualquier organización el mismo tipo de recursos de TI que ahora solo están al alcance de grandes empresas. Debido a que el SaaS no requiere de grandes inversiones en recursos de TI, es capaz de nivelar el escenario para organizaciones pequeñas, y poner recursos de TI de clase empresarial a su alcance.

Desde la perspectiva de los proveedores de servicio, cualquier organización puede convertirse en un proveedor de SaaS y competir con las grandes casas de *software*. Estas organizaciones pueden ahora concentrarse en los procesos de negocio de su organización en vez de invertir capital en la adquisición y administración de la infraestructura de *software* y de *hardware*.

Este modelo tiene como objetivo al cliente final que utiliza el *software* para cubrir procesos de su organización. El *Software como Servicio* se puede describir como aquella aplicación consumida a través de internet, normalmente a través del navegador, cuyo pago está condicionado al uso de la misma y donde la lógica de la aplicación así como los datos residen en la plataforma del proveedor.

Ejemplos de *Software como Servicio* son Salesforce, Zoho, Microsoft Business Productivity Online Suite (BPOS), CRM Online y Google App.

1.3.5.4.2 PLATAFORMA COMO SERVICIO

El *Software como Servicio* parece ser una solución para las necesidades de *software* de una organización. Sin embargo, cada empresa tiene características y necesidades únicas, resultado de su herencia tecnológica además de su particular dominio del negocio. Encontrar una solución de SaaS para las necesidades de cada línea de negocio es prácticamente imposible, por lo que las organizaciones requieren continuar desarrollando aplicaciones. La *Plataforma como Servicio* llena la necesidad de aquellas organizaciones que desean desarrollar y ejecutar aplicaciones que se ajusten a sus necesidades particulares como servicios. Una implementación de PaaS ofrece servidores de aplicaciones alojados con una escalabilidad prácticamente infinita, como resultado de los grandes contenedores de recursos de los cuales dependen. También ofrece los servicios de soporte necesarios para una plataforma completa, entre los que se encuentran: almacenamiento, seguridad, infraestructura de integración y herramientas de desarrollo. El NIST define este modelo como “La capacidad ofrecida al consumidor de despliegue dentro de la infraestructura de nube creada para los consumidores o aplicaciones adquiridas creadas utilizando lenguajes de programación o herramientas proporcionadas por el proveedor. El consumidor no administra o controla la infraestructura de nube subyacente incluida la red, servidores, sistemas operativos, o almacenamiento, pero tiene control sobre las aplicaciones desplegadas y posiblemente sobre el alojamiento de aplicaciones de configuraciones de entorno.”¹¹

Un proveedor de servicio ofrece un entorno de servidor de aplicaciones virtualizado preconfigurado, sobre el que las aplicaciones pueden ser desplegadas por el equipo de desarrollo de la organización. Como los proveedores de servicio administran todo lo relacionado con el *hardware*, como puede ser la actualización o el aprovisionamiento de nuevos servidores, así como el tiempo de actividad del servidor de aplicaciones, la participación en la realización de estas tareas por parte del equipo de TI de la organización se minimiza,

¹¹ MELL Peter; GRANCE Tim. *The NIST Definition of Cloud Computing* [en línea].

permitiendo que este se enfoque en actividades más estratégicas. Los desarrolladores construyen aplicaciones y asignan a estas descriptores de recursos. Una vez desplegadas las aplicaciones, el motor de aprovisionamiento asocia los recursos de la infraestructura necesarios declarados en los descriptores de la aplicación. Los recursos pueden incluir *endpoints* de red, balanceadores de carga, núcleos de CPU, memoria y dependencias de *software*. La escalabilidad bajo demanda, combinada con la administración de *hardware* y del servidor de aplicaciones, libera a los desarrolladores de responsabilidad en lo concerniente a la infraestructura, además de permitirles enfocarse exclusivamente en el desarrollo de aplicaciones. PaaS es generalmente conveniente para aplicaciones nuevas, debido a que las aplicaciones heredadas usualmente requieren una amplia refactorización para cumplir con reglas de la *sandbox*.

La idea principal de una *Plataforma como Servicio* es la cantidad de capas que ofrece al desarrollador a la hora de programar una aplicación sobre una infraestructura proporcionada por un tercero. No se limita a resolver el problema de la infraestructura de *hardware*, sino también varias capas de la infraestructura de *software*. El cliente que hace uso de este tipo de soluciones no necesita instalar, configurar ni dar mantenimiento a sistemas operativos, bases de datos y servidores de aplicaciones ya que todo esto es proporcionado por la plataforma de servicio.

Una *Plataforma como Servicio* resuelve más problemas que una solución que solo ofrezca una Infraestructura como Servicio, pero a cambio presenta muchas limitaciones relacionadas con el entorno de ejecución. Entre estas limitaciones se encuentran el tipo de sistema, el lenguaje de programación (en algunos casos las bibliotecas que estos podrán utilizar), y el manejador de bases de datos.

Algunos ejemplos de Plataformas como Servicio son Google App Engine, Force de Salesforce y Azure de Microsoft.

1.3.5.4.3 INFRAESTRUCTURA COMO SERVICIO

La *Infraestructura como Servicio* es similar al *hosting* tradicional, donde una organización utiliza un entorno de alojamiento como una extensión lógica del *data center* de la organización. Los servidores, tanto físicos como virtuales son rentados en función de las necesidades de la organización, y los profesionales de TI encargados de administrar la infraestructura tienen control completo de la configuración de *software*. Existen algunos proveedores de IaaS que incluso pueden permitir cierta flexibilidad en la configuración de *hardware*, lo que hace que el servicio sea más caro en comparación con una oferta equivalente de PaaS. El NIST define este modelo como “La capacidad ofrecida al consumidor para proporcionar poder de procesamiento, almacenamiento, red, y otros recursos de cómputo fundamentales en donde el consumidor es capaz de desplegar y ejecutar *software* arbitrario, el cual puede incluir sistemas operativos y aplicaciones. El consumidor no administra o controla la infraestructura de nube subyacente pero tiene control sobre el sistema operativo, almacenamiento, aplicaciones desplegadas, y posiblemente control limitado en la selección de componentes de red (por ejemplo, *firewalls*).”¹²

La composición de *software* puede incluir sistemas operativos, plataformas de aplicación, *middleware*, servidores de base de datos, componentes de terceros y *frameworks*, así como *software* de administración y monitoreo. Con la libertad de elección del servidor de aplicaciones viene también la flexibilidad en la elección de herramientas de desarrollo. Este tipo de flexibilidad incrementa necesariamente la complejidad

¹² MELL Peter; GRANCE Tim. *The NIST Definition of Cloud Computing* [en línea].

del entorno de TI, debido a que el área de TI de la organización necesita mantener a los servidores como si estos realmente estuvieran dentro de las instalaciones. Entre las actividades de mantenimiento se incluyen actualizaciones del sistema operativo y del servidor de aplicaciones, balanceo de cargas, recuperación de fallas de los *clusters* de los servidores de bases de datos, copias de seguridad y restauración, y algunas otras actividades que permiten mitigar los riesgos de *hardware* y fallas de *software*.

El equipo de desarrollo se encargara desarrollar, probar y desplegar aplicaciones con plena conciencia de la configuración de *hardware* y *software* que tienen los servidores. A menudo la recuperación de desastres y la continuidad de negocio son responsabilidades del cliente. Un beneficio importante de una implementación de IaaS es que permite la migración de aplicaciones heredadas a la nube. Dado que la flexibilidad de la IaaS permite la construcción de cualquier configuración, la portabilidad de una aplicación entre proveedores de servicios de cómputo en la nube es difícil. La migración de aplicaciones heredadas permite imitar la infraestructura corporativa en la nube. La flexibilidad de una IaaS también hace posible el desarrollo de nuevas aplicaciones que requieran un control significativo de la configuración de *software*. Por ejemplo, algunas aplicaciones pueden requerir la instalación de bibliotecas y servicios de terceros, en este caso, una implantación de IaaS permite esta instalación sin restricciones.

La idea básica de este concepto es la internalización de servidores para espacio de disco, base de datos y tiempo de cómputo, en vez de tener el control completo de estos desde el *data center* dentro de la organización. Con una Infraestructura como Servicio lo que se tiene es una solución basada en virtualización en la que se paga el consumo de recursos bajo demanda.

La ventaja más evidente de utilizar una IaaS es la de transferir hacia el proveedor problemas relacionados con la administración de equipos de cómputo. Otra ventaja atractiva es la reducción de costos, como ocurre en general en las tecnologías asociadas al cómputo en la nube, al pagar únicamente por lo consumido. Además las *Infraestructuras como Servicio* permiten escalabilidad prácticamente automática y transparente para el consumidor, dejando la responsabilidad a los proveedores de los servicios.

Un ejemplo de Infraestructura como Servicio son los *web services* de Amazon.

1.4 VISIÓN GENERAL

Aunque podemos identificar diferencias entre las diversas arquitecturas de virtualización, existen algunas características que son comunes a la mayoría de ellas. En esta parte del capítulo se profundizará en temas que conciernen a la mayor parte de los entornos de virtualización como lo son el monitor de virtualización y los requerimientos generales para que se pueda aplicar alguna tecnología de virtualización, que sin lugar a dudas, son temas fundamentales independientemente de la solución de virtualización que se prefiera implementar.

1.4.1 MONITOR DE VIRTUALIZACIÓN

En un entorno no virtualizado el sistema operativo es el *software* que cuenta con el nivel más alto de privilegios dentro de una computadora. Se encarga de administrar las actividades de cada una de las aplicaciones que están corriendo sobre él, pero además, realiza otra función muy importante: funciona como la interfaz entre las aplicaciones y el *hardware* del sistema. En este sentido, el sistema operativo es el encargado de administrar los recursos de *hardware* en el equipo, asignándolos a las aplicaciones que los soliciten, de una manera centralizada y organizada. En un entorno virtualizado, el monitor de virtualización se convierte en el programa con el máximo nivel de privilegios dentro del sistema.

El *Virtual Machine Monitor* (VMM) o *hypervisor* es una capa de *software* que se sitúa entre las máquinas virtuales y el sistema operativo anfitrión o directamente sobre la capa de *hardware*, dependiendo de la arquitectura de virtualización. El VMM permite la utilización de diferentes sistemas operativos sobre las máquinas virtuales que él mismo soporta dentro de un servidor físico anfitrión, como se puede apreciar en la **Figura 1.7**. Es función de este, presentar a cada uno de los entornos virtuales como si fueran los únicos sobre el sistema, es decir, como si los recursos del servidor anfitrión estuvieran dedicados completa y exclusivamente a cada uno de los huéspedes. Como consecuencia de esto, el VMM es capaz de permitirle a un solo servidor anfitrión, la ejecución simultánea de distintos sistemas operativos huéspedes. A partir de este punto se hará uso indistintamente de los términos VMM y *hypervisor* para hacer referencia al mismo concepto a lo largo del presente trabajo.

El VMM funciona creando una capa de abstracción entre la capa de *hardware* del equipo físico y el sistema operativo huésped. De esta forma, administra los recursos de *hardware* del anfitrión y los asigna a cada una de las máquinas virtuales que han sido creadas sobre él. Cada uno de los sistemas operativos huéspedes maneja sus propias aplicaciones normalmente, como lo harían en un entorno no virtualizado, con la excepción de que su ejecución se realiza sobre un entorno aislado por el VMM.

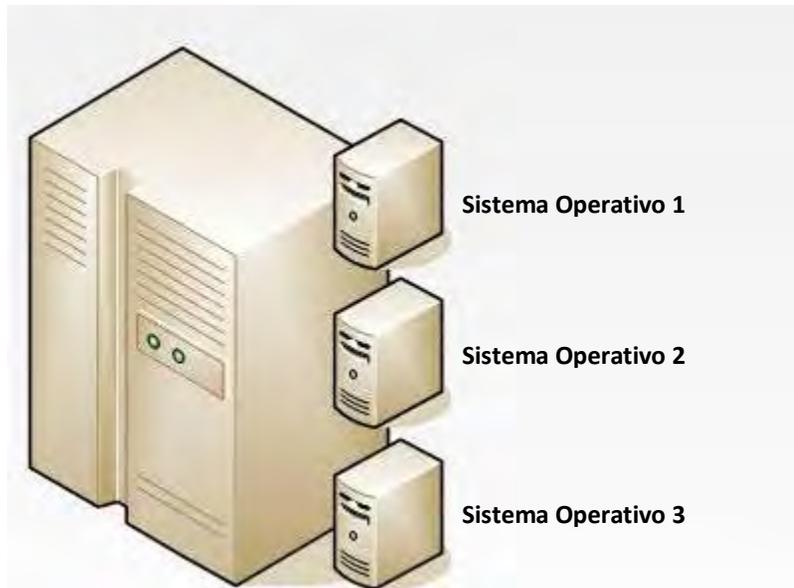


Figura 1.7. El VMM permite la utilización de diferentes sistemas operativos sobre las máquinas virtuales que él mismo soporta dentro de un servidor físico anfitrión.

Como ya se ha mencionado, existen diferentes tipos de VMM de acuerdo con la arquitectura de virtualización. En este sentido, podemos encontrar *hypervisors* que necesitan forzosamente de un sistema operativo completo para poder ejecutarse y otros que operan como capa intermedia entre el *hardware* del equipo físico y las máquinas virtuales en donde residen los sistemas operativos huéspedes.

1.4.1.1 SEGURIDAD EN EL HYPERVISOR

Merece la pena el hablar acerca de la seguridad dentro de un entorno virtualizado, en particular, en lo que se refiere al *hypervisor*, como pieza central en el proceso de virtualización. La característica de los VMM de aislar diferentes sistemas operativos huéspedes dentro de un solo servidor físico, ha sido aprovechada de una manera significativa, en los años recientes, como un mecanismo para mejorar la seguridad de los sistemas. El *hypervisor* provee una interfaz de instrucciones hacia el CPU más simple y pequeña que la de un sistema operativo tradicional, lo que lo hace más fácil de asegurar. Sin embargo, existe hoy en día un problema relacionado con la seguridad de los VMM difícil de solucionar: la virtualización de la arquitectura E/S.

El problema de asegurar un entorno virtualizado se hace aun más difícil porque algunos *hypervisors* se vuelven más grandes y complejos para poder manejar de una manera optima las modernas arquitecturas de dispositivos E/S, abandonando la característica de simpleza que les permitía brindar seguridad de una manera más sencilla. Stu Madnick y John Donovan, quienes por primera vez propusieron, en 1973, el uso de VMMs como mecanismos para brindar seguridad, señalaron lo siguiente. “Como el VMM tiende a ser más pequeño, simple y fácil de depurar que los sistemas operativos multiprograma convencionales, es menos

propenso a errores.”¹³ La tendencia de que los VMMs son más pequeños y menos complejos que un sistema operativo convencional continuo siendo constante hasta hace algunos años. La realidad es que hoy en día, los modernos *hypervisors* son mucho más grandes y complejos porque ellos incluyen un sistema operativo completo, matizando así los beneficios de seguridad que proveían anteriormente.

1.4.2 REQUERIMIENTOS GENERALES PARA LA VIRTUALIZACIÓN

En 1974, Popek y Goldberg escribieron un artículo llamado *Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures*¹⁴, el cual define las condiciones para que una arquitectura de computadora sea capaz de soportar la virtualización. Este documento es comúnmente tomado en cuenta como la referencia original para el criterio de los VMMs. En la fecha en la que se escribió, el mundo de la tecnología estaba viviendo la tercera generación de computadoras, por lo que el análisis realizado por Popek y Goldberg era válido para sistemas como el IBM 360, el Honeywell 6000, o el DEC PDP-10. Sin embargo, este modelo puede extenderse sin ningún problema a las máquinas actuales, ya que las condiciones necesarias para lograr la creación de un sistema virtual permanecen aún vigentes. El artículo también generaliza las condiciones que el *software* que provee la abstracción de una máquina virtual, es decir el VMM o *hypervisor*, debe satisfacer. Existen tres propiedades que un sistema debe tener para que pueda ser virtualizado, las cuales se presentan a continuación.

1.4.2.1 EQUIVALENCIA

Un programa corriendo bajo el VMM debe exhibir un comportamiento predecible que es esencialmente idéntico al demostrado cuando está corriendo sobre la plataforma de *hardware* subyacente directamente. Esta propiedad es también conocida como *Fidelidad*.

1.4.2.2 CONTROL DE RECURSOS

El VMM debe estar en completo control de los recursos virtualizados de *hardware* actual para los sistemas operativos huéspedes en todo momento. Esta propiedad es también conocida como *Seguridad*.

1.4.2.3 EFICIENCIA

Un gran número de instrucciones máquina deben ser ejecutadas sin la intervención del VMM o, en otras palabras, directamente por el *hardware*. Esta propiedad es también conocida como *Desempeño*.

¹³ KARGER Paul A.; SAFFORD David R. *I/O for Virtual Machine Monitors: Security and Performance Issues*. IEEE Security & Privacy. IEEE Computer Society, Vol. 6, No. 5. Septiembre/Octubre 2008.

¹⁴ <http://delivery.acm.org/10.1145/370000/361073/p412-popek.pdf?key1=361073&key2=0256758921&coll=DL&dl=ACM&ip=132.248.124.176&CFID=11388092&CFTOKEN=82904722>

De acuerdo con lo estipulado por Popek y Goldberg, los desarrolladores deben crear VMMs capaces de satisfacer cada una de las condiciones descritas anteriormente cuando operan dentro del *Instruction Set Architecture* (ISA) de la plataforma de *hardware* que forma parte del entorno de virtualización. El ISA se clasifica en tres grupos de instrucciones: Instrucciones Privilegiadas, Instrucciones de Control Sensible, e Instrucciones de Comportamiento.

- **Instrucciones Privilegiadas.** En este grupo se encuentran aquellas instrucciones que son atrapadas si el procesador está en Modo Usuario y por las que no son atrapadas si está en Modo Supervisor.
- **Instrucciones de Control Sensible.** Este grupo está conformado por aquellas instrucciones que intentan cambiar la configuración de los recursos actuales en la plataforma de *hardware*.
- **Instrucciones de Comportamiento.** En este grupo se encuentran aquellas instrucciones cuyo comportamiento o resultado depende de la configuración de los recursos del sistema.

En un entorno de virtualización, los VMMs necesariamente deben de trabajar con cada uno de los grupos de instrucciones manteniendo al mismo tiempo las propiedades de equivalencia, control de recursos, y eficiencia, descritas por Popek y Goldberg. Prácticamente todos los *hypervisors* modernos satisfacen las propiedades de equivalencia y control de recursos mediante la administración del sistema operativo huésped y la plataforma de *hardware*, que está debajo de este. Estos objetivos son alcanzados a través de los conceptos de emulación, aislamiento, asignación, y encapsulamiento, los cuales son descritos a continuación:

- a) **Emulación.** Permite presentar un conjunto de recursos virtuales a cada uno de los sistemas operativos huéspedes. Idealmente, tanto los sistemas operativos como las aplicaciones no son capaces de “ver” que en realidad están compartiendo recursos de *hardware* con otras aplicaciones. En este sentido, la emulación es la clave para satisfacer la propiedad de equivalencia en un entorno de virtualización.
- b) **Aislamiento.** Si bien es cierto que esta no es una condición requerida, es extremadamente importante para garantizar un entorno seguro y fiable. En el caso de que alguna máquina virtual llegue a fallar, no afectará la ejecución de otra en el mismo anfitrión. Gracias a esto, el entorno puede proveer altos niveles de seguridad y disponibilidad. Esto se logra a través de la abstracción de *hardware*, la cual permite que cada máquina virtual tenga la separación adecuada y que pueda ser lo suficientemente independiente de las operaciones y actividades que ocurren en otras máquinas virtuales.
- c) **Asignación.** Es función del VMM el asignar los recursos de la plataforma, de una manera metódica, a cada una de las máquinas virtuales que esta soporta. Cada uno de los recursos físicos debe ser balanceado para optimizar el desempeño, además de alinear los niveles de servicio con los requerimientos de negocio de cada organización. A través de la asignación, el VMM satisface las propiedades de Control de Recursos y Eficiencia.
- d) **Encapsulamiento.** Aunque tampoco es una condición requerida, es importante, puesto que permite que cada una de las máquinas virtuales sean portables. La portabilidad hace posible que las máquinas virtuales sean copiadas de una plataforma a otra sin mayores problemas. El encapsulamiento debe incluir información de estado con el objetivo de mantener la integridad de las máquinas virtuales transferidas.

El resultado del análisis realizado por Popek y Goldberg puede ser expresado en los siguientes teoremas (en la **Figura 1.8** se aprecia la necesidad del cumplimiento de los dos teoremas para poder hablar de virtualización de acuerdo con Popek y Goldberg):

1.4.2.4 TEOREMA 1

Para una computadora convencional de tercera generación, un VMM puede ser construido si el conjunto de instrucciones sensibles para ese equipo es un subconjunto del conjunto de instrucciones privilegiadas.

1.4.2.5 TEOREMA 2

Una computadora convencional de tercera generación es virtualizable recursivamente si

1. Es virtualizable.
2. Un VMM sin ninguna dependencia de tiempo puede ser construido para él.

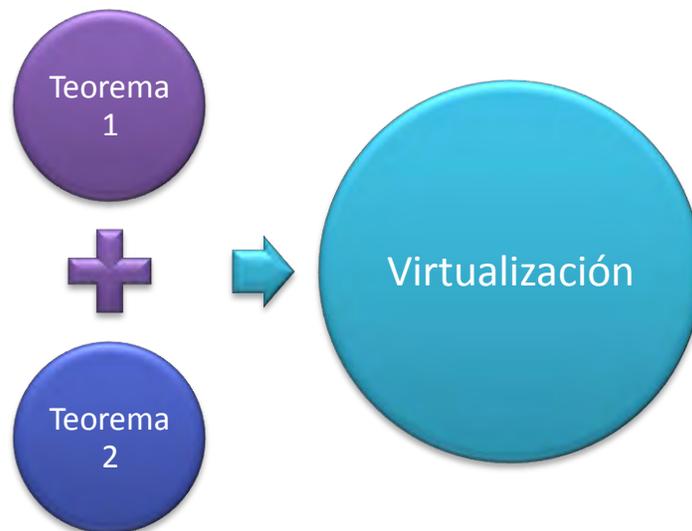


Figura 1.8. De acuerdo con Popek y Goldberg es necesario que se cumplan dos teoremas para que una arquitectura de computadora sea capaz de soportar la virtualización.

1.5 ESTADO DEL ARTE DE LA VIRTUALIZACIÓN

La virtualización se ha convertido hoy en día en una importante alternativa para resolver diversos problemas en una organización. Atrás ha quedado el uso limitado de la virtualización únicamente para generar ambientes de pruebas y cada vez más, las organizaciones están dirigiendo sus miradas hacia los productos y soluciones que proveen empresas como VMware Citrix o Microsoft, para virtualizar servidores, redes, servicios y muchas otras cosas que antes no se relacionaban con las tecnologías de virtualización. La virtualización está disponible para *data centers*, servidores, redes, *hardware*, servicios, entre muchas otras cosas. Estos elementos pueden ser utilizados de manera conjunta o por separado, dependiendo de las necesidades de cada organización.

Hoy en día, en el mercado, podemos encontrar diferentes arquitecturas de virtualización, las cuales brindan una solución para cada una de las capas que componen la infraestructura de TI de una organización. Son tantas las opciones en cuanto a arquitecturas de virtualización, que actualmente podemos hablar del dominio de una de ellas en el campo de los servidores. La virtualización de servidores al parecer tiende a la utilización de soluciones que se fundamentan en plataformas basadas en *host*. Las cosas son diferentes en otras aéreas como las redes y el almacenamiento. En estos casos, los controladores probablemente sean los que influyan en la adopción generalizada de una arquitectura virtual particular de red o de almacenamiento.

Pero el alcance de la virtualización va mas allá de los ejemplos antes mencionados, esta se encuentra extendiéndose rápidamente. A continuación se mencionan algunos ejemplos de los usos comunes de la virtualización hoy en día.

- **Consolidación y contención de servidores.** Poderosa opción que permite eliminar la expansión de servidores físicos mediante la implementación de sistemas que corren sobre máquinas virtuales.
- **Aprovisionamiento de infraestructura.** Logra reducir el tiempo de aprovisionamiento de una nueva infraestructura con la automatización de sofisticadas capacidades.
- **Continuidad del negocio.** Permite reducir los costos y complejidad de la continuidad del negocio en una organización. Esto se logra encapsulando sistemas de archivos completos que pueden ser replicados y restaurados fácilmente en otro servidor.
- **Prueba y desarrollo.** El uso más común que se le daba a la virtualización. Permite proveer servidores de prueba y desarrollo que contengan equipos de prueba preconfigurados.
- **Entornos de escritorio empresariales.** Permite la creación de equipos de escritorio seguros no administrados. Además, provee entornos de escritorio empresariales alojados en servidores, los cuales pueden estar disponibles para determinadoras circunstancias en la organización.
- **Re-hosting de aplicaciones.** La virtualización, actualmente, permite migrar sistemas operativos y *software* a máquinas virtuales corriendo sobre nuevo *hardware* más fiable.

1.5.1 PANORAMA ACTUAL DE LA VIRTUALIZACIÓN EN EL MERCADO

La virtualización de servidores ha sido un mercado extremadamente dinámico (y una tendencia) desde que VMware introdujo sus productos para servidores en 2001. Por muchos años, la competencia fue muy limitada. Sin embargo, desde 2006 (con la primera versión comercial de Xen) y 2008 (con el lanzamiento de Hyper-V por parte de Microsoft), han surgido otras alternativas muy viables. Inicialmente utilizada solo para reducir costos, la virtualización de servidores está también siendo utilizada para aumentar la velocidad de

procesos operacionales e implementación de servidores, crear soluciones de recuperación de desastres donde no existían anteriormente, y mejorar la disponibilidad de los servidores. La virtualización de servidores es hoy en día considerada una tendencia general, y la ruta estratégica de esta hacia el cómputo en la nube está siendo cada vez más evidente para las empresas.

El número de servidores virtualizados casi se ha duplicado en el último año debido a múltiples factores como la mejora en la competencia, la adopción generalizada de la virtualización, la adopción de la virtualización en medianas empresas, y a que la virtualización de escritorio conduce más cargas de trabajo a servidores y a que las cargas de trabajo son desplegadas por proveedores de cómputo en la nube.

De acuerdo con Gartner¹⁵, hasta mediados del 2012, más del 50% de las cargas de trabajo de arquitecturas x86 han sido virtualizadas, y el mercado está viviendo su expansión más rápida hasta la fecha. Mientras que la saturación comenzará a tener un efecto y detendrá el crecimiento del mercado en los próximos años, continúa el crecimiento de oportunidades para medianas empresas, el mercado de servidores Linux (los cuales son menos virtualizados que los servidores Windows) y la expansión hacia cargas de trabajo de misión crítica. Muchas de las grandes empresas se encuentran en las primeras etapas de la implementación de nubes privadas, lo que está causando un crecimiento en su base de virtualización, que consideren múltiples servicios basados en diferentes tecnologías, y que analicen la posibilidad de administrar múltiples plataformas de virtualización. El precio continúa siendo un problema, con grandes disparidades entre las diferentes ofertas y licencias. Los proveedores de servicios están también agregando un mayor soporte para interoperabilidad con empresas virtualizadas, permitiendo migraciones más fáciles y nubes híbridas. Todas estas tendencias están afectando el mercado de la virtualización de servidores.

Gartner en su reporte anual titulado *Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure*¹⁶, presenta un estudio detallado acerca de las empresas dedicadas a ofrecer servicios de virtualización de servidores y de los productos que estas desarrollan. El resultado de esta investigación es un cuadrante que clasifica a las empresas en *Lideres*, *Retadores*, *Visionarios* y *Especialistas*. Para esta clasificación Gartner contempla no solo características técnicas de los productos, sino también su viabilidad general, ventas, *marketing*, entre otros aspectos administrativos y financieros. En la **Figura 1.9** se presenta el cuadrante que Gartner obtuvo para 2012.

¹⁵ BITTMAN Thomas J. [et al]. *Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure* [en línea].

¹⁶ *Ibidem*.

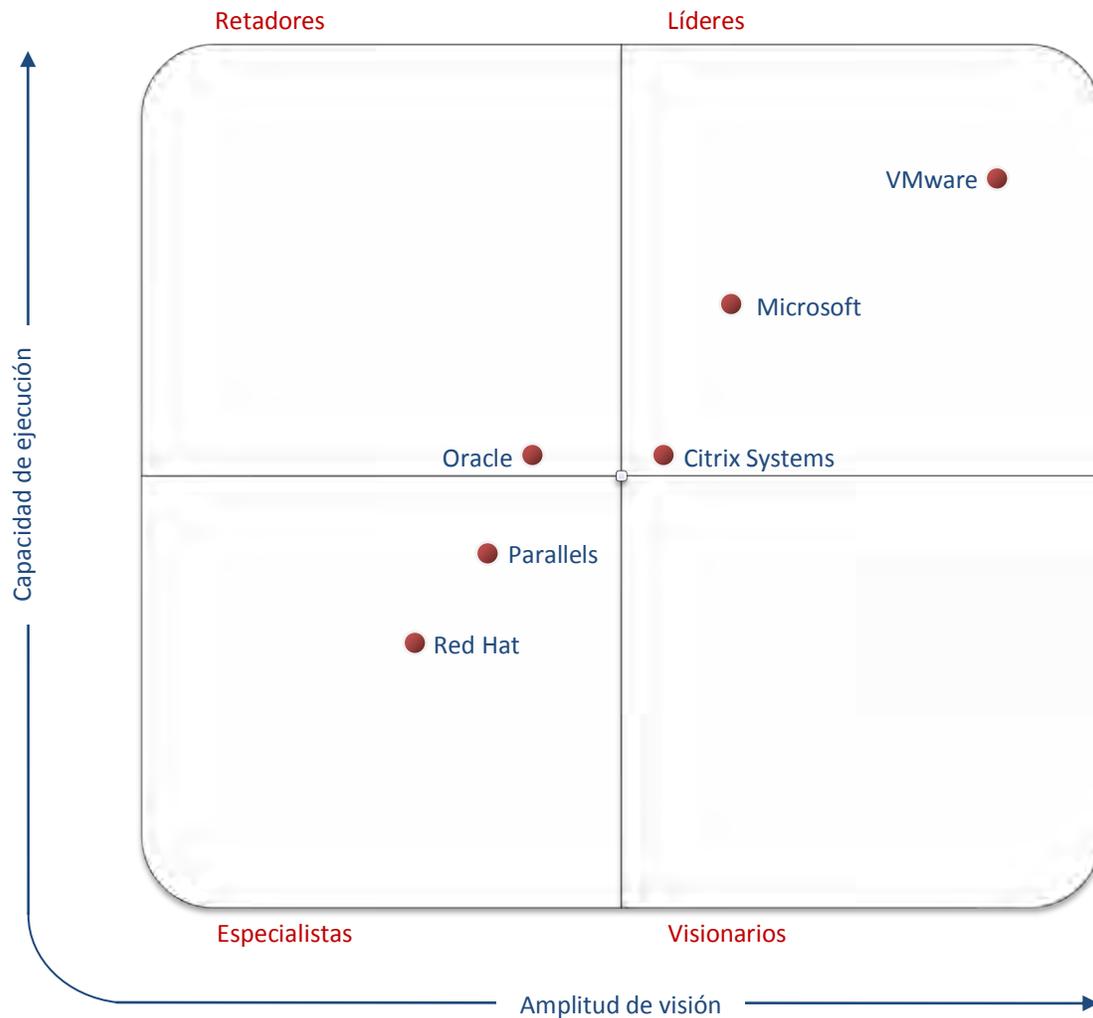


Figura 1.9. Cuadrante de la infraestructura de virtualización de servidores x86 para 2012, de acuerdo con Gartner.

Hasta el 2010, el mercado de la virtualización de servidores se veía aun dominado enteramente por VMware, siendo Microsoft el único proveedor de tecnologías de virtualización que representaba una posible competencia, en algunos sectores del mercado. En 2011 las cosas cambiaron drásticamente, debido principalmente a la adopción generalizada de tecnologías de virtualización de servidores en organizaciones de todos los tamaños, y a la consolidación de productos de compañías que han sido constantes en el desarrollo de tecnologías de virtualización. Para 2012, Microsoft y Citrix Systems acompañan a VMware en como líderes del mercado de las tecnologías de virtualización, una clara muestra del acelerado crecimiento de este sector de las TIs.

1.5.1.1 LÍDERES

Citrix, Microsoft y VMware permanecen en el cuadrante de *Líderes* en 2012. Microsoft ha venido mejorando su estrategia de negocios, pero aun busca hacer frente al arraigo que tienen VMware, especialmente en grandes empresas. La brecha de funcionalidad entre VMware y Microsoft para la virtualización de servidores

se ha reducido gradualmente, sin embargo, la diferencia de precios entre sus productos no lo ha hecho. Citrix permanece como uno de los principales competidores del mercado, sin embargo, debe mucha de su fuerza en el sector a la virtualización de escritorio, y no tanto al mercado de la virtualización de servidores.

1.5.1.2 RETADORES

Oracle ha ingresado al cuadrante de *Retadores* en 2012, ya que está mejorando las capacidades de sus productos, ganando más seguidores en aplicaciones basadas en Oracle y enfocando de una mejor manera su estrategia de negocios.

1.5.1.3 VISIONARIOS

Desde que Citrix abandono en 2011 el este sector para posicionarse en el de *Retadores*, en este mercado en desarrollo, no hay proveedores de tecnologías de virtualización en el cuadrante de *Visionarios*.

1.5.1.4 ESPECIALISTAS

Parallels y Red Hat siguen siendo especialistas en este mercado. Parallels continua siendo una fuerte alternativa para proveedores de servicio enfocados en implementaciones de alta densidad de aplicaciones específicas, y es probable que aproveche esta fortaleza para ampliar su oferta en un futuro. En el último año. Red Hat se mantiene como un contendiente general en el mercado de la virtualización de servidores, con una cantidad significativa de servidores Linux que aun no han sido virtualizados. De acuerdo con Gartner, hay espacio suficiente para especialistas en un mercado tan grande y en crecimiento como el de la virtualización, pero las empresas deben de diferenciarse lo suficiente y llenar un campo específico de mercado para que tengan éxito.

1.5.2 TENDENCIAS DE LA VIRTUALIZACIÓN

La virtualización de servidores es la base para dos extremadamente importantes tendencias del mercado que se relacionan y se superponen: la modernización de la infraestructura y el cómputo en la nube. Para la modernización de la infraestructura, la virtualización está siendo utilizada para mejorar la utilización de recursos, aumentar la velocidad de entrega de los mismos y encapsular imágenes de cargas de trabajo en una forma que permita automatización. La virtualización es una tendencia horizontal en este sentido, con la gran mayoría de las empresas y servicios siendo eventualmente virtualizados. El cómputo en la nube es un estilo más específico de cómputo que será aplicable a cargas de trabajo muy particulares. La virtualización es un habilitador fundamental para IaaS, y será utilizada para establecer servicios de nubes privadas, públicas e híbridas. Todas las ofertas de IaaS se basarán en máquinas virtuales o tecnologías de contenedores. En el último año, la base instalada de contenedores de servidores virtuales y máquinas virtuales continuó creciendo significativamente debido a:

- El crecimiento en las cargas de trabajo.
- El rápido y continuo crecimiento en la adopción de los clientes y en la penetración.
- El incremento en el uso de Virtual Desktop Infrastructure (VDI) en servidores.
- El incremento en el uso de IaaS en la nube.
- El continuo crecimiento de las medianas empresas.
- La madurez de las ofertas de productos competitivos.

La interoperabilidad entre proveedores de servicios y empresas está cobrando cada vez más importancia, debido a que las empresas planean construir arquitecturas que puedan permitir la migración de cargas de trabajo entre proveedores de tecnologías de cómputo en la nube, nubes híbridas.

Una infraestructura de virtualización de servidores provee la base para nuevas herramientas de administración y automatización, nuevas arquitecturas de seguridad y nuevas metodologías de procesos. Aunque las tecnologías en el mercado de la virtualización de servidores son simplemente habilitadoras, están siendo utilizadas por proveedores para llevar a los consumidores a un nivel más alto de tecnologías de administración y automatización. Aunque algunas alternativas están surgiendo para habilitar infraestructuras de virtualización heterogéneas, todavía no cuentan con el grado de madurez adecuado y tienen una funcionalidad limitada.

Como hemos visto en la primera parte de este capítulo, la virtualización no es un concepto nuevo, sin embargo, la virtualización de servidores sobre plataformas x86 sí lo es. Aun debido a su estado de novedad, la virtualización de servidores se ha extendido rápidamente. De acuerdo con Barb Goldworm¹⁷, presidente y jefe de analistas de Focus, podemos hablar de que la consolidación a través de la virtualización de servidores se ha convertido en los años recientes, en la tendencia para el 80% de los usuarios que utilizan tecnologías de virtualización en servidores en producción, y para el 95% de aquellos que utilizan la virtualización en otro contexto.

¿Pero en qué basa su éxito la virtualización? La virtualización basa su éxito en los beneficios que representa la optimización en la utilización de recursos; la reducción de espacios, energía y enfriamiento; además de ser un factor importante en el incremento de la agilidad de TI y la reducción de tiempo de respuesta en las organizaciones.

La virtualización ha extendido su alcance abarcando campos donde antes era poco probable encontrarla. Los primeros esfuerzos se centraron en la consolidación de servidores *web*, de archivos o de impresión, alcanzando en las organizaciones entre el 70% y el 80% de servidores virtualizados, dejando de lado, en los años pasados, otro tipo de servidores. De hecho, existía la creencia de que no era posible virtualizar algunos tipos de servidores, como los de bases de datos, por ejemplo. Sin embargo, Goldworm presenta algunas estadísticas que revelan que casi el 60% de las organizaciones utilizan, en producción, servidores de bases de datos virtualizados. Y con las características que incluyen los más recientes procesadores que facilitan el proceso de virtualización, se ha dado un paso importante para extender el uso de servidores virtualizados.

En los últimos años, la adopción de la virtualización de servidores ha sido mucho mayor que la virtualización de almacenamiento o la de sistemas de escritorio. Sin embargo, la virtualización de entornos de escritorio ha tenido un repunte importante y se ha convertido en la más grande prioridad para los próximos esfuerzos de virtualización, solo por debajo de la virtualización de servidores. De acuerdo con este nivel de crecimiento,

¹⁷ http://searchvmware.techtarget.com/tip/0,289483,sid179_gci1376299_mem1,00.html#

es muy probable que la virtualización de entornos de escritorio se consolide como una tendencia en poco tiempo.

La expansión de la virtualización está apuntando hacia un escenario con múltiples *hypervisors*. Si bien es cierto que VMware aun mantiene su dominio en el mercado, muchas organizaciones están evaluando otras plataformas. Desde esta perspectiva podemos encontrar en una organización más de un *hypervisor* diferente en producción. De acuerdo con el estudio realizado por Goldworm a 250 organizaciones, cuyos resultados se encuentran en el artículo ya citado, el 44% de las organizaciones está utilizando únicamente un *hypervisor* en producción, el 23% utiliza dos plataformas de virtualización y el 19% tres o más en producción. El 74% de las organizaciones utiliza VMware ESX, sin embargo, resulta interesante que de ese porcentaje únicamente el 24% utiliza esta plataforma sola, en contraste con un número creciente de organizaciones que está utilizando o evaluando otras alternativas de plataformas de virtualización de servidores. En la **Gráfica 1.1** se presenta una gráfica en la que se aprecia el dominio de VMware en el mercado.



Gráfica 1.1. VMware se mantiene como el *hypervisor* más utilizado en producción, aunque muchas organizaciones están evaluando ya otras alternativas, de acuerdo con el estudio de Goldworm.

Aunque el uso de otras plataformas de virtualización está en una fase de evaluación para muchas organizaciones, es notable el crecimiento en el mercado de otros *hypervisors* con respecto a VMware. De la parte del mercado restante, el 29% está utilizando o evaluando Hyper-V, el 27% Citrix XenServer, y el 39% hace lo propio con soluciones basadas en Xen. Si se toma en cuenta los últimos lanzamientos de Hyper-V y XenServer, que son incluidos de manera gratuita con otros productos de sus respectivas compañías, se puede esperar que continúe la expansión acelerada de entornos con múltiples *hypervisors*. En la **Gráfica 1.2** se ilustra la utilización de estos *hypervisors* en infraestructuras de TI.



Gráfica 1.2. Alternativas a VMware en producción de acuerdo con el estudio de Goldworm.

Existe otra tendencia referente a la utilización de arquitecturas de virtualización que tiene que ver con la seguridad de la información, específicamente con la disponibilidad. Hoy en día, el concepto de *Recuperación de Desastres* se ha convertido en prioridad dentro de la estructura de una organización. La adopción de la virtualización ha extendido el mercado a organizaciones más pequeñas con un número pequeño de servidores, en donde no existen suficientes servidores para implementar una solución al problema de recuperación de desastres que involucre muchos equipos. La virtualización ha reducido considerablemente el costo de la recuperación de desastres eliminando la necesidad de adquirir y configurar duplicados físicos, mediante la implementación de servidores virtuales.

El mercado de la virtualización de servidores se está volviendo cada vez más competitivo en términos de ofertas de productos y de enfoques hacia el cómputo en la nube. VMware sigue siendo el líder tecnológico del mercado, pero el sector continúa creciendo, así como los competidores. Aunque la mayoría de las grandes empresas están completamente virtualizadas, un creciente porcentaje tiene infraestructuras con múltiples tecnologías de virtualización. Muchas de las pequeñas empresas en economías emergentes están apenas iniciando con sus primeros esfuerzos en materia de virtualización. Estas organizaciones tienen varias alternativas viables de donde elegir. Además, mientras el paradigma del cómputo en la nube continúe evolucionando, los proveedores de servicios en la nube que ofrecen IaaS buscarán facilitar la interoperabilidad con sus ofertas de servicios. Una tendencia clave entre los proveedores de servicios es un cambio para soportar mejor la interoperabilidad con las infraestructuras de virtualización existentes en las empresas, en muchos casos, extendiendo su soporte para las mismas tecnologías que las empresas están utilizando.

Capítulo

2

Beneficios de la virtualización

Un cronopio es una flor, dos son un jardín.
Julio Cortázar

2.1 COSTOS DE PROPIEDAD TOTAL

Hasta hace algunos años, las empresas contaban generalmente con servidores dedicados a servicios únicos y específicos. Esto significaba que las organizaciones tenían la necesidad de contar con un gran número de equipos para abarcar toda la gama de servicios que estas requerían. Todavía en la actualidad, es fácil encontrar en las empresas servidores dedicados a brindar servicios como correo, alojamiento de páginas de internet, archivos, etc. Como es de suponerse la utilización de más servidores se ve traducida en mayores costos.

En primer lugar, las organizaciones tienen que absorber los costos de adquisición de los equipos, lo que representa un gasto inmediato cuando se desea implementar un nuevo servicio, además, deben de acondicionar un área destinada específicamente para albergar a los servidores, lo cual también genera gastos. El *data center* requiere condiciones muy particulares para garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos. El siguiente costo que tiene que ser cubierto, y probablemente el más alto a largo plazo, es el de mantenimiento de los equipos ya que más allá del mantenimiento propio del *hardware* de los servidores, provocado por el uso o por alguna falla, existen otros gastos ligados inevitablemente a la posesión y utilización de equipos de cómputo. El uso de energía eléctrica es probablemente el gasto adicional más evidente, sin embargo existen algunos otros como el derivado de la utilización de recursos humanos destinados a la administración y mantenimiento de los servidores.

En general los costos de TI se pueden obtener de una combinación de factores fáciles de calcular entre los que se incluyen servidores, almacenamiento, e infraestructura de red, sin embargo, existen algunos otros factores más difíciles de calcular que también deben de ser considerados como lo son el costo derivado del tiempo de inactividad de un equipo, impacto ambiental y productividad. La complejidad para realizar un cálculo de todos estos factores podría dificultar la obtención del *Costo de Propiedad Total* que refleje el estado real de la organización. El uso de herramientas en línea para calcular el *Costo de Propiedad Total* puede ser de utilidad para generar un cálculo aproximado, sin embargo, muchas de ellas pueden arrojar información incorrecta. Citrix¹⁸ considera que la mejor forma de realizar un cálculo de *Costo de Propiedad Total* es simplificando el número de entradas y cálculos a un conjunto manejable de factores significativos en el mundo real, que apliquen a la mayoría de las organizaciones de TI. Entre estos factores deberían de incluirse:

- Servidores.
- Infraestructura de red.
- Almacenamiento.
- Espacio en el *data center*.
- Alimentación de energía eléctrica y enfriamiento.
- *Software* de virtualización.
- Administración de TI.

En caso de que la organización requiera un conjunto de factores más extenso para realizar el cálculo de Costo de Propiedad Total, Citrix sugiere agregar:

¹⁸ Citrix Systems. *Achieving the lowest server virtualization TCO* [en línea].

- Costo de tiempo de inactividad y nivel de servicio.
- Servicios de implementación.
- Impacto ambiental.

De acuerdo con Gartner¹⁹, “Muchas organizaciones de TI se están acercando a la virtualización de servidores como una medida de ahorro. Sin embargo, las organizaciones que tienen una implementación de virtualización madura están aprovechando esta tecnología para mucho más: implementaciones más rápidas, reducción de tiempo de inactividad, recuperación de desastres, capacidad de planificación integral y más.”

2.1.1 ADQUISICIÓN DE SERVIDORES

La virtualización ofrece como una de sus principales ventajas la optimización de recursos de cómputo. Esto se ve reflejado inmediatamente en la utilización de un menor número de servidores ya que en un mismo equipo físico, pueden ser alojados varios servidores virtualizados corriendo cada uno de ellos servicios diferentes no necesariamente relacionados entre sí. El aislamiento y la independencia entre equipos virtuales es una característica de la virtualización que permite romper con el esquema de servidores dedicados. A menor número de servidores físicos, menor resultara el gasto de mantenimiento, de energía eléctrica e incluso de recursos humanos.

La transición de servidores físicos a servidores virtuales representa un paso importante para las organizaciones de TI. La forma en la que se decide qué tipo de servidor adquirir cambiará necesariamente, si bien en una arquitectura basada en virtualización la cantidad de servidores necesarios para la organización tenderá a disminuir, la adquisición de equipos se deberá enfocar ahora en cubrir los requerimientos técnicos de los *hypervisors* que serán instalados en los equipos y sobre los cuales correrán los servidores virtuales.

Los requerimientos para adquirir un servidor dependerán antes que nada del tipo de servidores que se desea virtualizar, después, del tipo de *hypervisor* que se pretenda implementar, e inevitablemente, de los recursos con los que dispone la organización para realizar la adquisición.

El líder actual en el área de la virtualización, VMware, ofrece una amplia variedad de productos de virtualización a diferentes niveles. A nivel de virtualización de servidores destaca una plataforma: VMware vSphere Hypervisor. Esta plataforma de virtualización está diseñada para su implementación en ambientes de producción, aunque también podría utilizarse en entornos de prueba y desarrollo. VMware vSphere Hypervisor está basado en VMware ESXi, arquitectura de *hypervisor* la cual puede ser implementada solamente en servidores con procesadores de 64 bits x86. Requiere además, como mínimo, 2 GB de RAM, sin embargo, requerirá de 3 GB de RAM al menos, si el servidor ESXi es administrado con vCenter Server. Respecto al espacio mínimo de almacenamiento, necesita al menos de 1 GB de espacio en disco. También requiere de uno o más controladores ethernet Gigabyte o 10 Gb. Los sistemas operativos huéspedes que soporta VMware vSphere Hypervisor se muestran en la **Tabla 2.1**.

¹⁹ <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1440213>

Tabla 2.1. Sistemas operativos soportados por VMware vSphere Hypervisor (hasta la fecha de finalización del presente trabajo de titulación).

Familia	Sistema Operativo	
Microsoft Windows	Windows 7 (x86, x64)	
	Windows Server 2008 R2	
	Windows Server 2008	
	Windows Vista (x86, x64)	
	Windows Server 2003	
	Windows XP	
	Windows 2000	
	Windows NT 4.0	
	Windows Me	
	Windows 98	
	Windows 95	
	MS-DOS 6.22	
	Windows 3.1x	
	Unix/Linux	Asianux Server 3.0
		CentOS (5, 4)
Debian (5,4)		
eComStation 1.0		
FreeBSD (4, 5, 6, 7.x, 8)		
IBM OS/2 Warp (4.0, 4.5.2)		
Mac OS X Server 10.5		
Mandriva Corporate 4		
Mandriva Linux (2006, 2007, 2008, 2009)		
Mandrake Linux (8.x, 9.x, 10)		
NetWare (4.2 Server, 5.1 Server, 6.0 Server, 6.5 Server)		
Novell Linux Desktop 9		
Oracle Enterprise Linux (4, 5)		
Red Hat Enterprise Linux (2.1, 3, 4, 5)		
Red Hat Linux (6.2, 7, 8.0, 9.0)		
Sun Java Desktop System 2		
SCO OpenServer 5.0		
SCO UnixWare 7		
SUSE Linux Enterprise (10, 11)		
SUSE Linux Enterprise Server (7, 8, 9)		
openSUSE Linux (10.x, 11.x)		
Solaris (8 Operating System x86 Platform Edition, 9 Operating System x86 Platform Edition, 10 Operating System for x86 Platforms)		
Solaris (8 Operating System x86 Platform Edition, 9 Operating System x86 Platform Edition)		
SUSE Linux (7.3, 8.x, 9.x, 10.x)		
Turbolinux (7.0, 8, 10, 11)		
Ubuntu (8.04 LTS, 8.10, 9.04, 9.10, 10.04)		
Ubuntu Linux (5.04, 5.10, 6.06, 6.10, 7.04, 7.10)		

Microsoft ofrece dos versiones de su sistema de virtualización Hyper-V: como producto *stand-alone* llamado Microsoft Hyper-V Server 2008 R2, y como rol en Microsoft Windows Server 2008 R2. Los requerimientos técnicos para cada versión varían un poco entre sí, sin embargo, al estar la versión *stand-alone* basada en el *core* de Windows Server 2008, tienen requerimientos en común. Microsoft Hyper-V Server 2008 R2 requiere un procesador x64 con la tecnología Intel VT o AMD-V habilitada, *Hardware Data Execution Prevention* (DEP), y específicamente Intel XD bit (*execute disable bit*) o AMD NX bit (*no execute bit*) deben estar disponibles y habilitados. Necesita al menos de 1 GB de RAM y 8 GB de espacio disponible en disco duro para su que pueda ser instalado. Por su parte, la versión de Hyper-V disponible como rol en Microsoft Windows Server 2008 R2, necesita la instalación previa de este sistema operativo, por lo que los requerimientos para su instalación son en realidad los que necesitaría este sistema. Microsoft Windows Server 2008 R2 requiere como mínimo de 512 MB de RAM y de 32 GB de disco duro disponible. Además de los requerimientos propios de Microsoft Windows Server 2008 R2, los dos requerimientos claves para la plataforma Hyper-V son la necesidad de garantizar que el servidor sea un entorno de 64 bits y que soporte tecnologías de virtualización asistida por *hardware* (Intel VT o AMD-V). Los sistemas operativos huéspedes que soporta Microsoft Hyper-V Server 2008 R2 se muestran en la **Tabla 2.2**.

Tabla 2.2. Sistemas operativos soportados por Microsoft Hyper-V Server 2008 R2 (hasta la fecha de finalización del presente trabajo de titulación).

Familia	Sistema Operativo
Microsoft Windows	Windows Server 2008 R2 (Standard, Enterprise, Datacenter)
	Windows Web Server R2 2008
	Windows Server 2008 (Standard x64, Datacenter x64, Enterprise x64)
	Windows Web Server 2008 x64
	Windows Server 2008 (HPC Edition x64, Standard without Hyper-V x64, Enterprise without Hyper-V x64, Datacenter without Hyper-V x64, Standard x86, Enterprise x86, Datacenter x86)
	Windows Web Server 2008 x86
	Windows Server 2008 (HPC Edition x86, Standard without Hyper-V x86, Enterprise without Hyper-V x86, Datacenter without Hyper-V x86)
	Windows Server 2003 (Standard x86 Edition with Service Pack 2, Enterprise x86 Edition with Service Pack 2, Datacenter x86 Edition with Service Pack 2, Web x86 Edition with Service Pack 2)
	Windows Server 2003 R2 (Standard x86 Edition with Service Pack 2, Enterprise x86 Edition with Service Pack 2, Datacenter x86 Edition with Service Pack 2, Web x86 Edition with Service Pack 2, Standard x64 Edition with Service Pack 2, Enterprise x64 Edition with Service Pack 2, Datacenter x64 Edition with Service Pack 2)
	Windows Server 2003 (Standard x64 Edition with Service Pack 2, Enterprise x64 Edition with Service Pack 2, Datacenter x64 Edition with Service Pack 2)
Unix/Linux	SUSE Linux Enterprise Server 10 with Service Pack 3 (x86 Edition or x64 Edition)
	SUSE Linux Enterprise Server 11 (x86 Edition or x64 Edition)
	Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 5.2, 5.3 , 5.4 and 5.5 (x86 Edition or x64 Edition)

Al igual que las propuestas de *hypervisors* tanto de VMware como de Microsoft, la oferta de Citrix, XenServer, requiere de un sistema de 64 bits x86 para poder ser instalado, con un procesador a 1.5 GHz como mínimo. Para compatibilidad con huéspedes Windows necesita las tecnologías de virtualización asistida Intel VT o AMD-V. Requiere además de al menos 1 GB de memoria RAM y 16 GB de espacio en disco disponible. Los sistemas operativos huéspedes que soporta Citrix XenServer se muestran en la **Tabla 2.3**.

Tabla 2.3. Sistemas operativos por soportados Citrix XenServer (hasta la fecha de finalización del presente trabajo de titulación).

Familia	Sistema Operativo
Microsoft Windows	Windows Server 2008 R2
	Windows Server 2008 (x64 with Service Pack 1, x64 with Service Pack 2, x86 with Service Pack 1, x86 with Service Pack 2)
	Windows Server 2003 (Standard x64 with Service Pack 2, Enterprise x64 with Service Pack 2, Datacenter Edition x64 with Service Pack 2, Web, Standard, Enterprise, Datacenter, Web with Service Pack 1, Standard with Service Pack 1, Enterprise with Service Pack 1, Datacenter with Service Pack 1, Web with Service Pack 2, Standard with Service Pack 2, Enterprise with Service Pack 2, Datacenter with Service Pack 2)
	Windows Server 2003 R2
	Windows 7 (x86, x64)
	Windows Vista (original and with Service Pack 1)
	Windows Small Business Server (2003, with Service Pack 1, with Service Pack 2)
	Windows Small Business Server R2
	Windows XP (with Service Pack 2, with Service Pack 3)
	Windows 2000 with Service Pack 4
Unix/Linux	CentOS x64 (5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4)
	CentOS x86 (4.5, 4.6, 4.7, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4)
	Debian Lenny (5.0)
	Novell SUSE Enterprise Linux (10 SP1, 10 SP2, 10 SP3, 11)
	Novell SUSE Linux Enterprise Server (9 SP1, 9 SP2, 9 SP3, 9 SP4, 10 SP1, 10 SP2, 10 SP3, 11)
	Oracle Enterprise Linux x64(5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4)
	Oracle Enterprise Linux x86 (5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4)
	Red Hat Enterprise Linux x64 (5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4) Red Hat Enterprise Linux x86 (3.6, 3.7, 3.8, 4.5, 4.6, 4.7, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4)

Parallels ofrece una opción de *hypervisor* para pequeñas y medianas empresas llamado Parallels Server 4 Bare Metal Edition, la cual se instala directamente sobre la capa de *hardware*. Este *hypervisor* necesita, como los mencionados anteriormente, una plataforma de 64 bits x86 con las tecnologías de virtualización asistida Intel VT o AMD-V para poder ser instalado, además de un procesador a 1.5 GHz como mínimo. Requiere de 3 GB de espacio libre en disco como mínimo y de al menos 2 GB de memoria RAM para poder

ser utilizado. Los sistemas operativos huéspedes que soporta Parallels Server 4 Bare Metal Edition se muestran en la **Tabla 2.4**.

Tabla 2.4. Sistemas operativos soportados por Parallels Server 4 Bare Metal Edition (hasta la fecha de finalización del presente trabajo de titulación).

Familia	Sistema Operativo
Microsoft Windows	Windows Server 2008
	Windows 7
	Vista
	Windows Server 2003
	XP
	Windows 2000
Unix/Linux	CentOS (4, 5)
	Debian GNU/Linux (4.0, 5.0)
	Fedora (10, 11)
	FreeBSD (6, 7)
	Red Hat Enterprise Linux (4, 5)
	SUSE Linux Enterprise Server 10
	Ubuntu Linux (8.10, 9.04)

En la **Tabla 2.5** se presenta una comparativa de los requerimientos de *hardware* más importantes entre las plataformas de virtualización analizadas previamente.

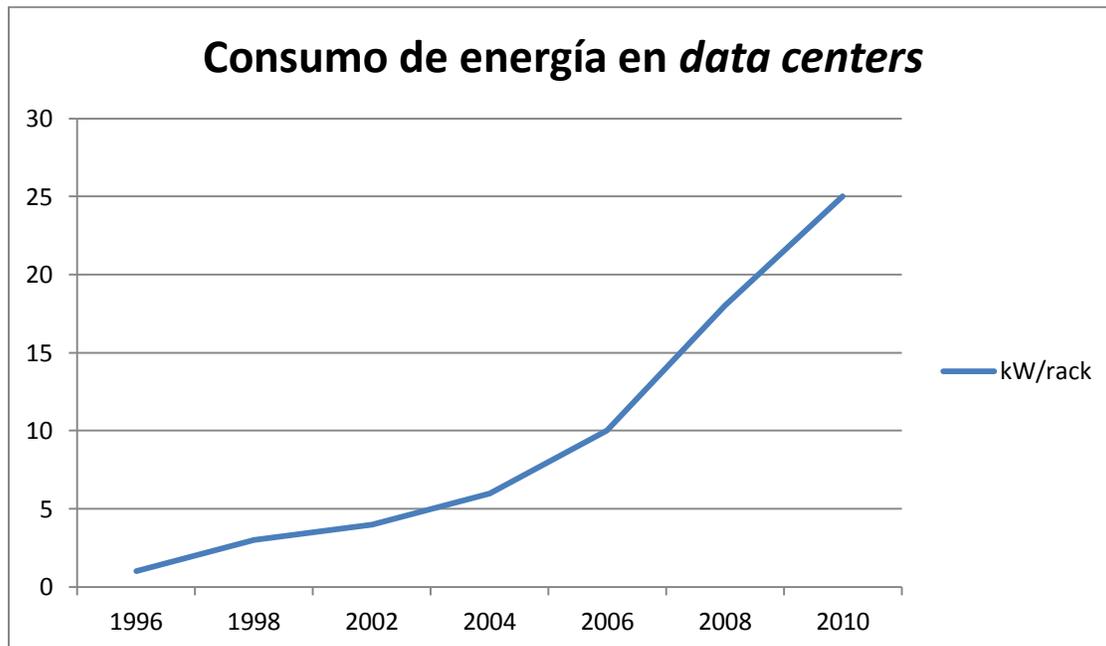
Tabla 2.5. Requerimientos de hardware para las plataformas de virtualización analizadas.

Plataforma de Virtualización	Gratuita	Arquitectura requerida	Memoria Física (mínimo)	Espacio Libre en Disco (mínimo)	Tecnología de Virtualización Asistida
VMware vSphere Hypervisor	Si	x64	2 GB	1 GB	Intel VT o AMD-V
Microsoft Hyper-V Server 2008 R2	Si	x64	1 GB	8 GB	Intel VT o AMD-V
Hyper-V como Rol en Microsoft Windows Server 2008 R2	No	x64	512 MB	32 GB	Intel VT o AMD-V
Citrix XenServer	Si	x64	1 GB	16 GB	Intel VT o AMD-V (para compatibilidad con huéspedes Windows)
Parallels Server 4 Bare Metal Edition	No	x64	2 GB	3 GB	Intel VT o AMD-V

2.1.2 ENERGÍA ELÉCTRICA

El consumo de energía se ha convertido en un asunto crítico para las organizaciones de TI. Aunque el costo de adquisición de servidores normalmente es alto, costos relacionados con el mantenimiento de los equipos, como son el consumo de energía eléctrica y el enfriamiento, impactan seriamente en los recursos económicos asignados al funcionamiento de *data centers*. De acuerdo con especialistas²⁰, muy pronto el costo anual de alimentación eléctrica de un servidor excederá su costo de adquisición, lo cual representa un serio problema de eficiencia.

Es una realidad, los *data centers* consumen demasiada energía eléctrica. Tan solo en Estados Unidos, de acuerdo con un reporte de la Agencia de Protección Ambiental²¹ (EPA, por sus siglas en inglés), los *data centers* consumen 4.5 billones de kWh anualmente, 1.5% del total de todo el país. Cabe destacar que estas estadísticas se han visto duplicadas de 2000 a 2006, y es muy probable que este dato se duplique una vez más en los próximos años. En la **Gráfica 2.1** se puede observar el creciente consumo de energía eléctrica por parte de *data centers*.



Gráfica 2.1. Aumento del consumo de energía en *data centers* medido en kW/rack, de acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

Existen muchos factores que contribuyen al excesivo consumo de energía de los *data centers*, sin embargo la raíz del problema es la subutilización del *hardware*. En una arquitectura tradicional, los equipos de cómputo, tanto de escritorio como servidores, utilizan en promedio entre 5-15% de sus recursos, el problema es que consumen prácticamente la misma cantidad de energía eléctrica cuando están inactivos que cuando están

²⁰ VMware, Inc. *Reduce Energy Costs and Go Green With VMware Green IT Solutions* [en línea].

²¹ VMware, Inc. *How VMware Virtualization Right-sizes IT Infrastructure to Reduce Power Consumption* [en línea].

activos. De acuerdo con la EPA, en 2006, los servidores consumían 80% de la de energía eléctrica total de la infraestructura de TI y 40% del consumo total del *data center*. La infraestructura del *site* (incluyendo el equipo de enfriamiento) aporta otro 50% del consumo de energía total del *data center*. Como ya se ha visto, estas cifras tenderán a duplicarse en el futuro cercano.²²

Como es de esperarse, el consumo de energía aumentara conforme el *data center* se expande, algo que ocurre con cierta regularidad. En las organizaciones de TI normalmente se configuran servidores para que ejecuten únicamente un servicio debido a la creencia de que aplicaciones sofisticadas requieren forzosamente servidores dedicados, lo que provoca que se tenga que adquirir e instalar un nuevo servidor prácticamente cada vez que se desee configurar un nuevo servicio. Al tratarse de servidores dedicados, el *hardware* de los equipos se configura para que soporte los picos de carga de trabajo, desaprovechando recursos durante los periodos de carga promedio. La ineficiencia en el aprovechamiento de recursos no solo representa el desperdicio de los mismos, sino que se traduce en costos elevados, teniendo en cuenta que tanto el costo de la alimentación eléctrica como del poder de cómputo continúan aumentando.

Un beneficio clave de la virtualización es la capacidad de consolidar varios servidores dentro de un solo equipo físico, lo que permite la ejecución de múltiples servicios en el mismo servidor. La posibilidad de tener varios servidores virtualizados dentro del mismo equipo se traduce en la reducción del número de servidores dentro del *data center*, lo que impacta, entre muchas otras cosas, en el consumo de energía eléctrica, el cual tendrá forzosamente que disminuir. El uso de tecnologías de virtualización permite que la utilización promedio de recursos de los servidores se incremente del 5-15% antes mencionado, al 70-80%²³. La reducción del número de servidores físicos a través de la virtualización reduce los costos de consumo de energía eléctrica y de enfriamiento, y proporciona más poder de cómputo en menos espacio, todo esto sin sacrificar los niveles de servicio. Como resultado, el consumo de energía eléctrica deciente alrededor de 80%²⁴.

Otra ventaja importante de la virtualización es la capacidad de adaptación y rápida respuesta a los cambios en los procesos de negocios de la organización y en los requerimientos de cómputo. En una arquitectura basada en virtualización es posible asignar de manera dinámica, únicamente los recursos que requieren los diferentes servidores virtuales, lo que implica una adecuada distribución de los recursos con los que cuenta el servidor físico. Una adecuada distribución de recursos de cómputo significa también un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica. Soluciones de virtualización en el mercado cuentan con características para la administración del consumo de energía, las cuales permiten apagar los servidores cuando no son utilizados y reiniciados cuando así se requiera.

La virtualización representa una alternativa cada vez más utilizada no solo para ahorrar energía y reducir costos derivados del consumo de esta, sino que también pospone la necesidad de adquirir nuevos y costosos servidores, que como se ha visto a lo largo de este tema, tienen asociado un costos de consumo eléctrico y de enfriamiento. Debido a los cambios en la economía y en el medio ambiente el consumo energético se volverá un tema cada vez más importante para los directivos de las organizaciones.

²² VMware, Inc. *Reduce Energy Costs and Go Green With VMware Green IT Solutions* [en línea].

²³ VMware, Inc. *How VMware Virtualization Right-sizes IT Infrastructure to Reduce Power Consumption* [en línea].

²⁴ *Ibidem*.

2.1.3 IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental es la otra cara de la moneda del consumo energético de servidores en *data centers*. Como ya se ha mencionado, las organizaciones de TI necesitan destinar recursos económicos para cubrir los costos derivados del consumo de energía del *data center*, ya sea alimentación o enfriamiento. El problema de la subutilización de *hardware*, y el desperdicio de grandes cantidades de energía eléctrica asociado a este, ha conseguido ya la atención de los directivos de las organizaciones, pero hay más. El consumo energético y, en mayor medida, el desperdicio de energía eléctrica provocado por el mal aprovechamiento de los recursos con los que cuentan los servidores, tienen un impacto directo en el medio ambiente del planeta.

Para muchas industrias, los *data centers* son una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero. Algunos administradores de *data centers* como Michael Manos de Microsoft, esperan que la EPA empiece a monitorear las emisiones de carbono en las empresas de Estados Unidos en un futuro cercano. “Los CEO de las compañías tendrán que comenzar a reportar emisiones de carbono y consumo de energía, y esa responsabilidad va a ser transferida al departamento de TI que mantiene los *data centers*. La mayoría de los profesionales de *data centers* no han pensado acerca de esto aun.” Manos advierte “No es una cuestión de si se hará, sino más bien de cuando se hará, y que métricas serán requeridas para reportar.”²⁵

El uso de tecnologías de virtualización tiene un impacto positivo, no solo en lo concerniente a la economía de las organizaciones, sino que también lo tiene en el medio ambiente. De acuerdo con VMware, cada servidor virtualizado ahorra 7000 kWh de energía eléctrica,²⁶ lo que equivale a eliminar 4 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) del ambiente o quitar 1.5 automóviles de las carreteras anualmente.²⁷

Existen herramientas que permiten calcular el impacto en el ambiente que resultaría de adoptar una consolidación de servidores. VMware, en su sitio de internet, cuenta con una herramienta en línea llamada *Green Calculator*²⁸, la cual permite calcular el ahorro de energía, la reducción de costos, y el impacto ambiental, que resultarían de la utilización de tecnologías de virtualización. En cuanto al impacto ambiental, determina el equivalente de equipos virtualizados en: árboles plantados, autos fuera de la carretera y emisiones de CO₂ anuales. Esta herramienta únicamente pide que se indique la cantidad de servidores que se planean virtualizar. A manera de ejemplo, en la **Figura 2.1** se pueden observar los resultados que arroja la herramienta al considerar la virtualización de 20 servidores, un escenario como el de una pequeña organización. Por motivos didácticos se realizó la traducción, de inglés a español, del resultado que arroja esta herramienta. Cabe resaltar que el uso de este tipo de herramientas no proporciona resultados siempre acertados, pero si brinda una buena perspectiva de lo que la virtualización puede lograr en favor del medio ambiente.

²⁵ STANSBERRY Matt. *The green data center 2.0: Beyond best practices* [en línea].

²⁶ VMware, Inc. *How VMware Virtualization Right-sizes IT Infrastructure to Reduce Power Consumption* [en línea].

²⁷ VMware, Inc. *Reduce Energy Costs and Go Green With VMware Green IT Solutions* [en línea].

²⁸ VMware, Inc. *Green IT Calculator - Reduce Energy Costs with VMware Virtualization* [en línea].

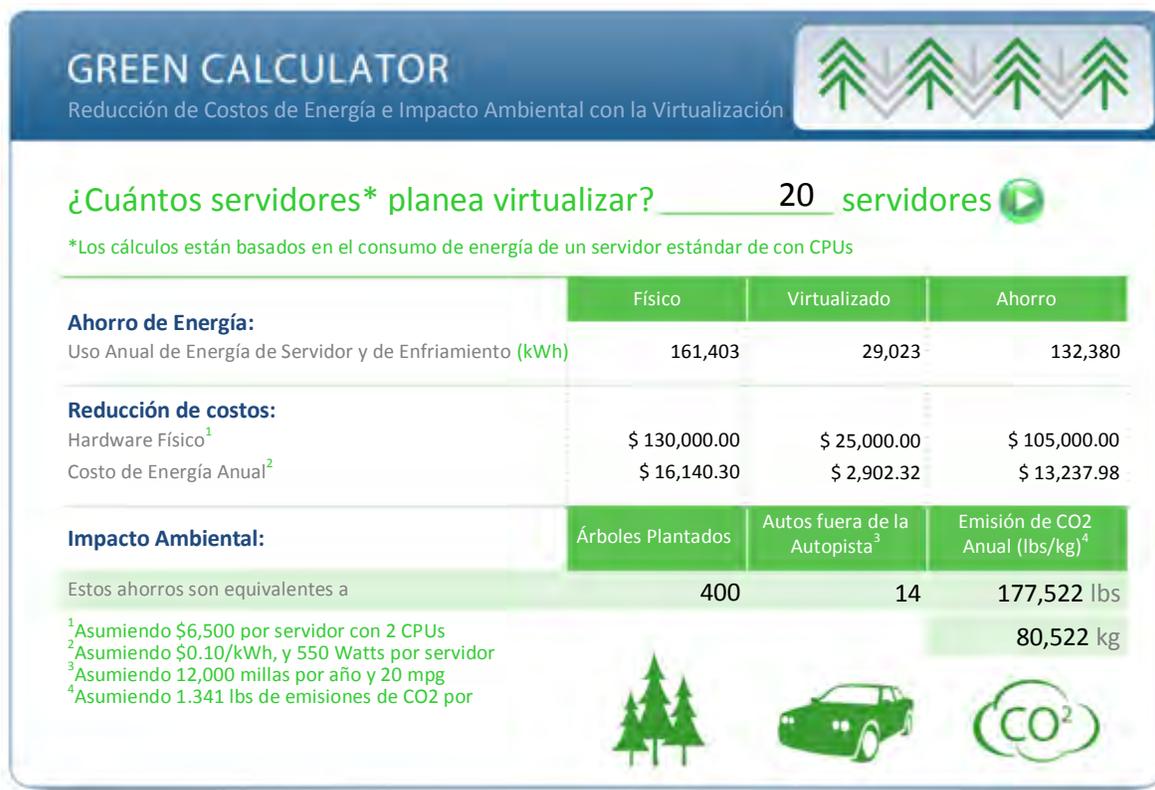


Figura 2.1. Resultados de la herramienta *Green Calculator* de VMware considerando la virtualización de 20 servidores.

El calentamiento global es un serio problema ambiental al cual nos enfrentamos en la actualidad, y que está relacionado con los altos niveles dióxido de carbono en la atmosfera. La generación de energía, especialmente la proveniente de plantas que utilizan combustibles fósiles, contribuyen al incremento de de la cantidad de dióxido de carbono en el ambiente. Según acuerdos internacionales, países como Estados Unidos deben de reducir sus emisiones de dióxido de carbono al ambiente mientras que 25 millones de toneladas de dióxido de carbono serán liberadas cada año para poder alimentar de energía a *data centers*.²⁹

Es necesario que los encargados de TI desarrollen una estrategia integral para los *data centers* que incluya un plan de eficiencia de energía, entre otras consideraciones ambientales, orientado al correcto diseño y construcción del sitio que albergara a los servidores y equipos de cómputo en general, a la precisa implementación del sistema de enfriamiento y, por supuesto, a la adecuada elección del *hardware*. La tendencia indica que una gran cantidad de servidores serán consolidados utilizando virtualización, ahora que esta se ha convertido en una alternativa completamente viable. La extensión de la consolidación de servidores y la asignación dinámica adecuada de los recursos de cómputo de las TI tendrán un gran impacto económico y ambiental.

²⁹ KAPLAN Steve. *A convenient truth: Virtualization's eco-advantages* [en línea].

2.1.4 ACONDICIONAMIENTO DE ESPACIOS

Existen muchas categorías en las que pueden ser apreciados los beneficios de la virtualización como mecanismo para la consolidación de servidores, además del evidente ahorro de energía eléctrica y del sistema de enfriamiento, de los servidores que han sido removidos. Existen ventajas relacionadas con los espacios. Empresas que estaban en planes de construir nuevos *data centers* debido a la necesidad de más espacio, y que han probado la virtualización, han logrado evitar el acondicionamiento de nuevos espacios optimizando el aprovechamiento de sus recursos de cómputo en los *data centers* existentes.

Un *data center* requiere para su instalación, el acondicionamiento de espacios de acuerdo a un diseño que debe estar alineado con los requerimientos de TI de la organización. Este acondicionamiento incluye la elección de las instalaciones, el diseño del cableado de red así como la distribución de esta, la instalación de *racks* y gabinetes, la instalación del sistema de alimentación eléctrica y del sistema de enfriamiento, entre otros aspectos.

Además de satisfacer los requerimientos de la organización, el diseño de un *data center* debería estar alineado a estándares. La adopción de estándares no solamente favorece un mejor funcionamiento de la infraestructura de TI, sino que además podría significar una ventaja para la imagen de la organización, en comparación con otras que no se han alineado con estos. En el caso específico de *data centers* existe un estándar llamado *ANSI/TIA-942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers*, el cual fue diseñado por miembros de la industria de TI para estandarizar el diseño de *data centers*. Dentro de los lineamientos de este estándar se encuentra un sistema de clasificación creado por el Uptime Institute conocido como *tiers*.

Los *tiers* permiten clasificar a los *data centers* en diferentes niveles, de acuerdo a la disponibilidad que estos ofrecen. Un mayor número de *tier* representa un mayor nivel de disponibilidad de acuerdo con este sistema de clasificación, lo que necesariamente implica mayores costos y tiempo de implementación. Hasta este momento se han definido cuatro *tiers*:

- **Tier I.** *Data center* básico. Disponibilidad del 99.671%.
- **Tier II.** Componentes redundantes. Disponibilidad del 99.741%.
- **Tier III.** Mantenimiento concurrente. Disponibilidad del 99.982%.
- **Tier IV.** Tolerante a fallos. Disponibilidad del 99.995%.

Las instalaciones que albergan a los *data centers* no siempre logran alcanzar los requerimientos operacionales y de capacidad especificados en sus diseños iniciales. El surgimiento de nuevas tecnologías, la necesidad de consolidar *data centers* en espacios más pequeños, la necesidad de nuevos espacios para albergar nuevos servidores, el cambio en los procedimientos operacionales, los cambios en regulaciones de seguridad, y la adopción de estándares son algunos de los principales factores que provocan cambios en los requerimientos en *data centers* en la actualidad.

El acondicionamiento de espacios principalmente debe considerar en su diseño flexibilidad y escalabilidad, para que, en caso de cambios en los requerimientos, se logre ajustar con el mínimo de modificaciones. Esto abarca necesariamente la ubicación del *site* y la elección de las instalaciones, el diseño de la planta, el diseño de los sistemas eléctricos y mecánicos, la selección e instalación del sistema de enfriamiento, y la modularidad, la cual es una característica muy importante en el acondicionamiento de espacios, ya que es esta la que permite que las instalaciones se puedan adaptar a nuevos requerimientos sin la necesidad de realizar muchos cambios.

La virtualización, por su naturaleza, ofrece flexibilidad y escalabilidad. Por un lado, la flexibilidad permite la fácil creación de servidores virtuales que se ajusten a los requerimientos de la organización optimizando la utilización de recursos, ofreciendo además un fácil manejo y administración de estos. Por otra parte, la escalabilidad permite el crecimiento de los servidores virtuales de una manera fácil y dinámica, apoyada en tecnologías de migración de máquinas virtuales y de configuraciones de alta disponibilidad, algunos de los puntos a destacar de utilización de máquinas virtuales.

Por otra parte, la virtualización, como se ha mencionado a lo largo del presente trabajo, tiene como una de sus principales características, la de permitir la consolidación de múltiples servidores en un mismo equipo. Esta característica impacta de una manera significativa en el acondicionamiento de espacios en *data centers* al reducir el número de servidores requeridos. El uso de servidores virtuales, aunado a la utilización de *blade servers*, los cuales permiten la integración del *hardware* de múltiples servidores en espacios mucho más pequeños, podría ser una alternativa que ayude a un mejor aprovechamiento de los espacios en *data centers*. Sin embargo, el uso de *blade servers* tiene un costo, ya que al reunir más *hardware* en un mismo equipo, la necesidad de una mayor alimentación eléctrica y de poder de enfriamiento resulta inevitable. De hecho, este tipo de servidores utiliza al menos el doble de energía eléctrica que los servidores tradicionales.³⁰ En este caso, la decisión de qué tipo de solución implementar deberá resultar de una análisis que contemple tanto la densidad como la capacidad que se desea del *data center*.

El cómputo en la nube representa otra opción para las organizaciones de TI que requieren invertir menos recursos en el acondicionamiento de espacios. Al delegar la responsabilidad de adquisición, instalación y mantenimiento de *hardware* a un tercero, las organizaciones pueden diseñar un *data center* mucho más pequeño y con menos requerimientos de alimentación eléctrica, de enfriamiento, de cableado y de *hardware* en general, únicamente para cubrir las necesidades los de servicios y aplicaciones que no se necesitan subir a la nube.

2.1.5 RECURSOS HUMANOS

Tradicionalmente se podía encontrar en las organizaciones a dos grupos encargados de la administración del *data center*. Por un lado se tiene al equipo encargado del acondicionamiento de espacios, responsable de la elección del lugar, la instalación del sistema de alimentación eléctrica y del sistema de enfriamiento, el cableado y configuración de red, el acondicionamiento de *racks*, la instalación de equipos, entre otros aspectos. Por otra parte esta al equipo de TI, enfocado en las aplicaciones, instalación de nuevos dispositivos y del soporte a usuarios. Aunque este modelo parecía suficiente hasta hace algunos años, actualmente tiende a fallar, precisamente por el vacío de responsabilidad que se crea entre estas dos entidades, que sumado a una escasa comunicación entre ambos equipos, impide en muchas ocasiones que el *data center* opere a su máxima capacidad. Es cada vez más común en las organizaciones que estos dos equipos se integren formando una sola entidad de TI, mejorando los canales de comunicación y respondiendo mejor ante los requerimientos de la organización.

Este equipo de TI se encarga entonces de tener al *data center* funcionando de una manera adecuada. El número de integrantes de este equipo, dependerá en gran medida de la cantidad de servidores que se tengan que administrar y del grado de automatización que tengan los procesos destinados a esta actividad.

³⁰ Emerson Electric Co. *Emerson | Aperture | Data Center Power and Cooling: New Requirements for a New Generation of Computing* [en línea].

Como ya se ha comentado, en muchas empresas aun se cuenta con muchos servidores dedicados, hecho que favorece al aumento de equipos cada que un nuevo servidor es requerido. Si el tamaño del *data center* tiende a crecer requerirá muy probablemente de una mayor cantidad de recursos humanos para su administración. Es cierto que existen herramientas para la administración de servidores tradicionales que facilitan en gran medida la labor del personal de TI encargado del data center, sin embargo, el aumento en el numero de servidores también representa un aumento en la complejidad de la administración. Un solo administrador puede administrar varios servidores si cuenta con las herramientas adecuadas, pero muy probablemente podría ocuparse de una mayor cantidad y de una manera más efectiva con la ayuda de tecnologías como la virtualización.

Además del cambio en la estructura del departamento de TI, requerido por la industria para poder adaptarse a las nuevas necesidades de los *data centers*, la virtualización provoca otro nuevo. Antes de la virtualización los recursos humanos del departamento de TI estaban segmentados en administradores de servidores, personal de almacenamiento, administradores de red, y el equipo de seguridad. Una vez que las organizaciones adoptaron la virtualización la división entre estas áreas dentro del departamento de TI se fueron desvaneciendo. Ahora los administradores de servidores que manejan servidores virtuales deben conocer más sobre redes y estar más en contacto con los administradores estas. La red se ha extendido a los equipos virtuales, y ahora el equipo de redes y el de servidores deben de trabajar de una manera mucho más cercana que hace unos años. Por su parte, el equipo de almacenamiento esta mucho más inmerso en la implementación de servidores, dado que cada servidor virtual que es creado es almacenado en la Red de Área de Almacenamiento (SAN, por sus siglas en ingles). También, el equipo de almacenamiento debe de involucrarse más a fondo con la infraestructura de red debido a que el uso de almacenamiento basado en IP (*iSCSI, NFS, FCoE*) se ha vuelto más frecuente. Mientras la virtualización se adentre más en el *data center* los equipos dentro del departamento de TI deberán de trabajar cada vez más cerca.

La virtualización ofrece como otra más de sus ventajas, la administración centralizada y remota de máquinas virtuales. Los proveedores de soluciones de virtualización ofrecen herramientas para la administración remota de sus *hypervisors*, por lo que el acceso físico al equipo que aloja a la plataforma de virtualización es poco frecuente, ya que operaciones como creación y administración de máquinas virtuales, instalación y administración servidores virtuales, migración, creación de copias de seguridad y monitoreo de recursos, pueden ser realizadas desde un solo equipo, lo que se traduce en la necesidad de un menor número de recursos humanos atendiendo la administración del *data center*.

La capacitación del personal de TI suele ser decisiva ante el surgimiento de nuevas tecnologías y su adopción en las organizaciones, y la virtualización no parece ser la excepción. Aunque la virtualización ofrece una gran cantidad de ventajas para la consolidación de servidores, y que estas ventajas se reflejan en la reducción de costos dentro de la organización, es necesario que el personal entienda los cambios en la forma de hacer las cosas dentro del área para sacar el máximo provecho de lo que promete la virtualización, que al ser una tendencia en la actualidad, está en constante evolución. Los proveedores de tecnologías de virtualización entienden que los encargados de TI en pequeñas y medianas empresas comúnmente asignan a una sola persona para la administración de los diferentes aspectos del *data center*, por lo que sus esfuerzos están dirigidos hacia la creación de herramientas que permitan un aprendizaje fácil e intuitivo. De acuerdo con Chris Wolf, analista de Burton Group, "A menudo, las pequeñas empresas generan su propio talento."³¹

³¹ <http://www.infoworld.com/d/virtualization/tricky-math-server-virtualization-roi-192?page=0,1>

2.2 RETORNO DE INVERSIÓN

La consolidación de servidores a través de la virtualización tiene un claro *Retorno de Inversión*. Este tipo de implementaciones reduce costos de *hardware*, alimentación de energía eléctrica y enfriamiento, así como costos relacionados con recursos humanos derivados del mejor aprovechamiento del personal de TI. Sin embargo, para alcanzar las reducciones de costos que promete la virtualización es necesaria una planeación adecuada. El cálculo del *Retorno de Inversión* es necesario para que la consolidación de servidores sea exitosa, y puede ser realizado a través de herramientas destinadas específicamente para este fin, algunas de ellas desarrolladas por los propios proveedores de tecnologías de virtualización como lo son *VMware ROI TCO Calculator*³² de VMware y *Microsoft Integrated Virtualization ROI Tool*³³ de Microsoft.

Un análisis adecuado del *Retorno de Inversión* deberá de tener en cuenta todos los costos que puedan surgir en torno al proyecto de virtualización. Costos como adquisición y mantenimiento de *hardware*, *software*, acondicionamiento de espacios, y otros gastos que pudieran no parecer tan evidentes, como la capacitación del personal, deben ser analizados para obtener los mejores resultados. Un análisis de *Retorno de Inversión* apropiado, sumado al análisis de *Costo de Propiedad Total*, convierte la gestión de un proyecto de virtualización en algo más sencillo. Este tipo de análisis también contribuye al descubrimiento de problemas potenciales, los cuales pueden ser corregidos en etapas más tempranas del proyecto.

Ya se ha tratado a profundidad a lo largo de este capítulo la reducción de los *Costos de Propiedad Total* atribuidos a la virtualización, sin embargo, después de analizar las bondades que la virtualización de servidores, surge la pregunta ¿realmente la virtualización es capaz de reducir tanto los costos como todos afirman? La respuesta no siempre es positiva, y el éxito o el fracaso dependen en gran medida de la forma en que se implemente esta tecnología. Lo más apropiado es realizar el cálculo de Retorno de Inversión antes de iniciar con el proyecto de virtualización de servidores, porque, aunque la consolidación de servidores favorece por sus características a la reducción de costos, es fácil obviar algunos gastos no tan evidentes. Por este motivo, el cálculo del *Retorno de Inversión* contribuye al manejo más adecuado de costos y genera expectativas realistas del proyecto.

Es importante destacar que la clave en el cálculo exitoso del *Retorno de Inversión* es el entender los costos asociados a la virtualización. Es evidente el ahorro en la adquisición de equipos, en los espacios requeridos y en la administración, pero se debe tener en cuenta algunos aspectos no tan obvios. La virtualización favorece la necesidad de menos servidores físicos, sin embargo, estos servidores tienen nuevos requerimientos al alojar, en menos equipos, mas cargas de trabajo. Otro aspecto que se debe tomar en cuenta al realizar este cálculo es el del costo de la plataforma de virtualización y de las herramientas de administración, así como de su mantenimiento, actualizaciones y condiciones de licencia.

Como se ha mencionado, existen algunos costos ocultos o, al menos no tan evidentes, implícitos en la implementación de tecnologías de virtualización. Por ejemplo, no siempre basta con actualizar el *hardware* de los equipos con los que ya se cuenta, algunas veces, para obtener el máximo provecho de la virtualización, es necesario adquirir equipos más potentes, gastos no siempre fáciles de prever. También, los proyectos de virtualización requieren de almacenamiento, configuración de red y actualizaciones de seguridad particulares, por lo que la identificación oportuna de estas necesidades debe contemplarse en el momento de calcular el *Retorno de Inversión*. De especial importancia en este cálculo es considerar los costos potenciales de los periodos de inactividad de los entornos virtuales, de la capacitación del personal y

³² <http://roitco.vmware.com/vmw/>

³³ <https://roianalyst.alinean.com/microsoft/virtualization/>

de la administración del *data center*, así como el impacto de los planes de continuidad de negocios y de recuperación de desastres de la organización.

La virtualización de servidores promete un sin número de beneficios para las organizaciones que adopten esta tendencia, sin embargo es muy importante tener en cuenta el grado de madurez del *data center* y ser cuidadosos en el tipo de estrategia de virtualización que es más conveniente adoptar, de acuerdo con las necesidades reales de la organización. La consolidación de servidores a través de virtualización para empresas pequeñas y medianas puede no parecer tan ventajosa al momento de hacer el análisis de *Retorno de Inversión*, como lo parecería para organizaciones más grandes, al menos al comienzo.

Almacenamiento compartido, adquisición de nuevos equipos, acondicionamiento de espacios, y en general la construcción de la infraestructura, parecen ser los costos principales de la virtualización. Sin embargo, las licencias de *software* de las plataformas de virtualización, el mantenimiento de los servidores y la capacitación del personal son gastos que no se deben pasar por alto. Para organizaciones pequeñas, que buscan construir desde cero un *data center* con menos de 20 servidores³⁴, el costo de implementar una infraestructura virtual podría no resultar tan ventajoso si se le compara con una implementación física, al menos en los costos relacionados con la infraestructura del *data center*. Aun así, la virtualización ofrece muchas otras ventajas que las relacionadas con la reducción de costos, como la simplificación de la administración de los servidores, o su aporte a la continuidad de negocios de la organización, por lo que esta sigue representando una opción atractiva para pequeñas y medianas empresas.

Por otra parte, si se trata de organizaciones más grandes, que buscan implementar más de 20 servidores, el optar por la virtualización podría ser una decisión mucho más sencilla debido a que se pueden apreciar más resultados a corto plazo. De acuerdo con Chris Wolf, analista de Burton Group, “En estos entornos, un Retorno de Inversión de entre 8 y 18 meses es fácilmente alcanzable.”³⁵ Al tratarse de una organización grande, la virtualización si ofrece una ventaja evidente, en cuanto a costos se refiere, por encima de entornos basados en servidores físicos, pero las organizaciones más pequeñas deben de buscar otras razones que las estrictamente económicas para justificar la adopción de servidores virtuales. De acuerdo con cifras de Matt Prigge, consultor de virtualización y colaborador de InfoWorld Test Center, “muchas de las pequeñas empresas que adoptan la virtualización pagan de 10% a 15% más cuando todo esta implementado.”³⁶ Pero este costo extra, continua Prigge, “es justificado mediante el incremento en la capacidad de recuperación ante una falla de *hardware*.”

Si las organizaciones pequeñas y medianas ven más allá de la reducción de numero de servidores, pueden encontrar muchos otros beneficios en la virtualización como la flexibilidad y simplicidad de la continuidad de negocios para el *data center*, posiblemente uno de los más destacables beneficios de la virtualización de servidores. Por otra parte, las organizaciones más grandes ya llevan tiempo adoptando la consolidación de servidores como una estrategia para reducir sus costos y mejorar su *Retorno de Inversión* principalmente, pero aprovechando también otros beneficios derivados de la virtualización.

³⁴ KANESHIGE Tom. *The tricky math of server virtualization ROI | Virtualization – InfoWorld* [en línea].

³⁵ *Ibidem*.

³⁶ *Ibidem*.

2.3 FACTORES DE ÉXITO EN LA VIRTUALIZACIÓN

Con la virtualización de servidores convertida en una tendencia en el mundo de TI, puede resultar muy tentador para todo tipo de organizaciones tratar de adoptar esta tecnología sin hacer un análisis previo de las necesidades reales de la organización. Esto puede ser un riesgo, ya que de acuerdo con algunos estudios³⁷, muchos de las organizaciones que adoptan la virtualización de servidores no son capaces de determinar si sus proyectos fueron exitosos. Una organización que no es capaz de definir métricas para medir que tan exitosos resultan sus proyectos, tampoco sabrá si es conveniente seguir en el mismo camino o si es prudente explorar alguna otra alternativa. La virtualización, como cualquier otro proyecto de TI a gran escala, debe de tener un plan cuidadosamente diseñado, objetivos claramente definidos y una ejecución adecuada para cumplir con las expectativas de la organización. A continuación se presentan algunos de los principales factores de éxito en proyectos de virtualización.

2.3.1 PLANEACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE VIRTUALIZACIÓN

Probablemente el factor más determinante para que un proyecto de consolidación de servidores sea exitoso, es la planeación, la cual debe ser el primer paso en todo proyecto de virtualización. Una buena planeación debe conformarse por una análisis profundo a través de las características propias de la organización, sus procesos de negocio, el proceso de toma de decisiones, y la forma en cómo está integrada la tecnología y el personal dentro de la organización.

La llegada de la virtualización de servidores a las empresas ha transformado la forma en que se hacen las cosas en las áreas de TI. Una implementación de un entorno virtual obliga a considerar el ecosistema de TI en su totalidad, ya que las funciones que antes de la virtualización estaban aisladas y alojadas en servidores específicos, se encuentran ahora consolidadas y distribuidas a lo largo de una plataforma virtual de servicios de TI. La facilidad y la rapidez con la que se puede desplegar un nuevo servidor virtual es otro factor que se debe de tomar en cuenta dentro de la planeación del proyecto. Un servidor que podía tardar días o semanas en ser instalado y configurado, puede estar listo para utilizarse en minutos si se hace en una arquitectura de virtualización. La forma de manejar el despliegue de nuevos servidores debe ser similar a como se haría con equipos físicos, es decir, debe de existir un plan que justifique la adición de un nuevo equipo al *data center*, ya que si no se utiliza un criterio adecuado, se podría sobre pasar con facilidad la capacidad de los recursos de cómputo con los que cuenta el *data center*. Esta facilidad de despliegue permite al departamento de TI moverse a la velocidad del negocio.

2.3.2 PLAN OPERACIONAL

Una vez que se cuenta con una estrategia para realizar la consolidación, es importante diseñar un plan operacional detallado que establezca la forma en que se va a realizar cada etapa del cambio de un entorno físico a uno virtual. Esta estrategia debe permitir determinar:

³⁷ DAMOULAKIS Jim. *Opinion: 6 keys to virtualization project success – Computerworld* [en línea].

- La capacidad actual de los recursos de la organización así como las cargas de trabajo de cada servidor.
- Limitaciones físicas del espacio del piso del *data center*, alimentación de energía eléctrica y enfriamiento, y antigüedad del *hardware*.
- Niveles de servicio requeridos para aplicaciones y bases de datos.
- Análisis de *Costo de Propiedad Total* y de *Retorno de Inversión*.

Este plan debe iniciar con la recolección de información acerca de la infraestructura de TI de la organización, como si se tratara de de la migración a un nuevo *data center*. Información como el número y tipo de servidores, sistemas operativos, y aplicaciones con los que se cuenta deben ser incluidas dentro de esta recolección de información. La conectividad de redes LAN y WAN, y los servicios de red de los que depende la organización, son consideraciones importantes que deben estar presentes en este tipo de plan. En cuanto a la seguridad, este análisis debe permitir la comprensión de cada capa de la infraestructura de seguridad que gobierna al *data center*, desde una perspectiva de usuario, de *host* y de red.

El monitoreo constante del estado de la infraestructura de TI en el *data center* es un paso importante para determinar con precisión la capacidad requerida por la nueva infraestructura de TI, la cual tendrá que soportar las cargas de trabajo que alojaran los servidores virtuales. Es sumamente importante que durante el diseño del plan operacional se utilicen datos obtenidos de monitoreos recientes, ya que la vigencia de la información es sumamente importante para determinar una estrategia adecuada.

2.3.3 CÓMPUTO EN LA NUBE

El cómputo en la nube permite, como ya se ha visto, el acceso a los servicios de TI de la organización desde cualquier punto geográfico y a través de cualquier dispositivo. Detrás de la nube existe un conjunto de servidores virtuales que pueden ser asignados por un administrador o de manera automatizada, basada en roles y procedimientos. Cabe destacar que no todas las organizaciones están listas aun para subir su infraestructura y aplicaciones a la nube, incluso hay algunas que no necesitan hacerlo, es decir, que sus procesos no requieren de una arquitectura basada en la nube. Sin embargo, el contemplar una estrategia para una posible transición, ya sea parcial o total, hacia el computo en la nube, es un factor que debería ser considerado por todas las organizaciones.

Si la tendencia hacia la nube se mantiene, organizaciones preparadas para adaptarse mejor a este paradigma, podrán obtener mayores beneficios. Es necesario un análisis previo a cualquier intento de migración, para de esta forma conocer la madurez de la organización y sus necesidades, ya que como se ha mencionado, no todas las empresas son susceptibles de esta transición. Mantener como una alternativa viable la adopción de cómputo en la nube durante la planeación de la consolidación de servidores, es la única forma de alcanzar una transición exitosa, en el momento en el que se presente la necesidad u oportunidad de realizarla.

2.3.4 AUTOMATIZACIÓN

La automatización es otro factor importante para una implementación exitosa de tecnologías de virtualización, sin la cual sería difícil alcanzar los objetivos tanto financieros como operacionales planteados durante la planeación del proyecto. La automatización en un entorno virtualizado puede incrementar la eficiencia y favorecer la reducción de costos mediante la eliminación de tareas que pueden ser agrupadas, realizadas de manera sistemática, y administradas de forma centralizada. El uso de herramientas de administración centralizada de servidores virtuales es necesario para reducir el tiempo de aprovisionamiento y administración de máquinas virtuales. Algunas áreas a considerar son las siguientes:

- Automatización de descubrimiento de red.
- Aprovisionamiento centralizado de servidores virtuales.
- Monitoreo programado del rendimiento para métricas de niveles de servicio y verificación de alertas de sistemas físicos y virtuales.
- Auditoría programada de sistemas físicos y virtuales.
- Seguridad basada en políticas con automatización de alertas por violación de configuraciones, factor clave para el cumplimiento de requerimientos.
- Emisión y administración centralizada de actualizaciones para sistemas físicos y virtuales.
- Asignación dinámica de recursos para la automatizar el balanceo de recursos de servidores físicos y virtuales.
- Automatización de copias de seguridad programadas.

El grado de automatización de procesos depende de las características, pero sobre todo de las necesidades del entorno virtualizado y de los recursos, tanto humanos como de cómputo, con los que cuenta el área de TI. Una estrategia de automatización de tareas y procesos en el *data center* se traducirá en un mejor aprovechamiento de las tecnologías de virtualización.

2.3.5 SEGURIDAD

Un factor crítico para un proyecto de virtualización de servidores, al que no siempre se le presta la atención que amerita, es la seguridad. La clave de una exitosa estrategia de seguridad radica en su inclusión en etapas tempranas de la planeación del proyecto. Esta estrategia debe ser diseñada en conjunto por la gente de TI y de seguridad, para que el resultado cumpla con los requerimientos de ambas áreas, no afectando el rendimiento de los servidores y garantizando la seguridad de los mismos, ya sean físicos o virtuales.

No siempre resulta claro para los administradores la forma en cómo deben adaptar los mecanismos de seguridad con los que cuenta la organización a entornos virtuales, y es posible que herramientas que funcionaban en entornos físicos no estén listas para trabajar con sistemas virtuales. En este caso, la adopción de nuevas estrategias y mecanismos de seguridad que soporten virtualización, deben ser analizadas con detenimiento.

Cuando las organizaciones comenzaron a adoptar la virtualización de servidores por primera vez, muchas de ellas manejaban la seguridad de servidores físicos y servidores virtuales por separado. Pero, debido a que la virtualización se ha vuelto más integral para las organizaciones, no solo es ineficiente separar la estrategia de seguridad de esta forma, sino que esto puede hacer la infraestructura de la organización menos segura.

Como respuesta a este cambio estratégico en los *data centers*, los vendedores de herramientas de seguridad también están realizando ajustes en su oferta para abarcar escenarios donde coexisten servidores físicos y virtuales.

La virtualización de servidores propone alojar múltiples servidores virtuales dentro de un mismo servidor físico. Ya se ha tratado a lo largo de este capítulo los beneficios que se obtienen de esta característica de la virtualización, sin embargo, esta característica también representa un reto para la seguridad dentro del *data center*. Y es que mientras se consolidan más sistemas operativos, aplicaciones y datos en general, dentro de un mismo servidor físico, se corre el riesgo de perder más sistemas críticos si el servidor es comprometido. Un atacante que lograra comprometer el equipo, podría tener acceso a la SAN y robar máquinas virtuales completas de una manera más fácil que robar servidores físicos.

De acuerdo con Colin Steele, Senior Site Editor y colaborador de *SearchServerVirtualization.com*, “Para mitigar estos problemas, es necesario prestar atención al diseño, configuración e infraestructura de red. Sin una segmentación apropiada, atacantes pueden aprovechar vulnerabilidades en el almacenamiento y en la red para tener acceso no solo a las máquinas virtuales, sino al *hypervisor* y a los recursos del equipo.”³⁸

2.3.6 ACIERTOS Y ERRORES

La naturaleza de la virtualización permite la abstracción de los servidores como un conjunto de archivos dentro de carpetas, los cuales pueden ser fácilmente copiados de un lugar a otro, duplicados, y respaldados de una manera sencilla. Estas y otras propiedades hacen a la virtualización una opción atractiva para la mayoría de las organizaciones, no obstante, su adopción debe realizarse con las debidas precauciones, para garantizar un proyecto exitoso. Nelson Ruest y Danielle Ruest³⁹, autores del libro *Virtualization: A Beginner's Guide*, plantean algunos aciertos y errores comunes a la hora planear la adopción de una estrategia de virtualización de servidores.

2.3.6.1 CLAVES PARA EL ÉXITO

- Comenzar con tecnologías de virtualización gratuitas.
- Evaluar tecnologías de al menos dos diferentes proveedores.
- Probar las plataformas de virtualización dentro de laboratorios.
- Realizar muchas pruebas.
- Migrar a un entorno de producción solo si se dominan los productos analizados.

³⁸ STEELE Colin. *Virtualization challenges: Security, storage and VM sprawl* [en línea].

³⁹ RUEST Nelson; RUEST Danielle. *5 Rules for virtualization success | ITworld* [en línea].

2.3.6.2 ERRORES CLÁSICOS

- Implementar sin un análisis previo adecuado.
- No tomar el tiempo necesario para determinar cual proveedor se adapta mejor al *data center* de la organización.
- No realizar las pruebas suficientes.
- No comenzar con entornos pequeños.
- Inadecuada asignación de recursos para los servidores físicos.

Capítulo

3

Estrategia organizacional para la virtualización de servidores

Todas las teorías son legítimas y ninguna tiene importancia. Lo que importa es lo que se hace con ellas.

Jorge Luis Borges

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La virtualización de servidores, como ya se ha visto, se está convirtiendo en una tendencia cada vez más utilizada en el sector de TI a nivel mundial. La popularidad que esta tecnología ha adquirido parece acelerar, de una manera a veces descontrolada, su adopción en *data centers* de organizaciones de todos los tipos y tamaños. Aunque los beneficios de la virtualización son palpables y no están a discusión, existen algunos temas que son necesarios tratar antes de aventurarse en un proyecto de virtualización de servidores.

El por qué de la consolidación

Existen tres motivos operativos principales por los cuales es conveniente adoptar una estrategia de virtualización de servidores en una organización.

1. Para resolver problemas de administración dentro del *data center*.
2. Para actuar sobre las demandas de administración para incrementar la eficiencia de TI.
3. Para mantener una ventaja competitiva mediante la optimización de recursos de TI.

Existen muchos otros motivos por los cuales resulta atractiva la oferta de tecnologías como la virtualización, muchos de estos dependen de las características de cada organización. En el Capítulo 2 de este trabajo se tratan a profundidad los principales beneficios derivados de la adopción de tecnologías de virtualización. Probablemente el que resulta más evidente es el económico, reflejado principalmente en la reducción de costos de propiedad total y en un mejor retorno de inversión. Ligado al aspecto económico, se encuentra el consumo de energía eléctrica, en conjunto con los costos de disipación de calor, los cuales se pueden ver disminuidos al virtualizar múltiples servicios en un mismo servidor físico.

Pero la consolidación de servidores también presenta retos para los que opten por adoptarla. Como se menciona en el Capítulo 2, el impacto de la virtualización en el *data center* traerá como consecuencia un acondicionamiento de espacios acorde con los nuevos requerimientos de los servidores, ante un escenario de creación y eliminación de máquinas virtuales que requiere flexibilidad y escalabilidad. Otro aspecto en el que se debe pensar antes de consolidar es el de recursos humanos. El perfil de la gente que trabaje en la administración de TI tenderá a cambiar, exigiendo un dominio de más campos tecnológicos, para que puedan lidiar con las exigencias de un *data center* con servidores virtuales. La capacitación del personal es un aspecto que no se puede pasar por alto.

Punto único de falla

Es más común de lo que se puede llegar a imaginar, encontrar organizaciones que alojen todos sus servidores críticos en un mismo servidor físico. Si este servidor dejara de funcionar, dejaría fuera de servicio a todos los servidores que aloja, por lo que limitaría seriamente el funcionamiento de la estructura de red. Es importante diseñar un plan de virtualización de servidores que garantice que la falla de un servidor no represente consecuencias catastróficas.

Compatibilidad

Existen algunas aplicaciones de uso común que no son soportadas por servidores virtuales. Algunas versiones de aplicaciones que son soportadas únicamente por servidores físicos. Otras, aunque pueden ser virtualizadas, solo son soportadas por plataformas específicas. Antes de comenzar con un proyecto de

virtualización, es necesario asegurar que todas las aplicaciones sean soportadas en entornos virtuales, y de no ser así, realizar el análisis correspondiente para determinar las medidas a tomar durante el proyecto.

Candidatos a la virtualización

Algunos servidores simplemente no son buenos candidatos para la virtualización. Esto ocurre con frecuencia con servidores que alojan aplicaciones que hacen uso intensivo de recursos o que requieren *hardware* especial. Por ejemplo, algunas aplicaciones empresariales utilizan mecanismos llamados *dongles* como medida de protección para evitar copias no autorizadas y para el manejo de derechos digitales. Los *dongles* casi nunca son soportados por entornos virtuales.

Definición de la plataforma de virtualización más adecuada

Existen muchos productos de virtualización de servidores en el mercado, cada uno con sus propias fortalezas y debilidades. Es preciso realizar un análisis a profundidad para determinar qué producto se ajusta mejor a las necesidades de la organización. En el Capítulo 1 de este trabajo se hace un análisis comparativo de los principales competidores en el mercado de la virtualización, tomando como referencia un estudio que hace Gartner cada año. El resultado de este análisis es un cuadrante que clasifica a las empresas que ofrecen productos de virtualización de servidores en *Líderes*, *Aspirantes*, *Visionarios* y *Especialistas*. Es evidente que se han acortado las distancias entre las diferentes alternativas de virtualización, por lo que es muy importante el hacer un análisis preliminar que permita elegir la plataforma que mejor cubra los requerimientos de la organización.

Plan de contingencia

La falla de un servidor no es algo bueno, sin embargo, sus efectos se multiplican en un entorno virtual. La falla de un equipo puede dejar fuera de servicio varios servidores virtuales, lo que podría impactar seriamente la infraestructura de red de la organización. Debido a que las fallas de servidores pueden ser tan perjudiciales, es necesario contar con un plan que ayude a minimizar el impacto de una interrupción de este tipo.

Número de máquinas virtuales que pueden ser alojadas en cada anfitrión

Probablemente el error más grande de los administradores cuando virtualizan un *data center* es la sobrecarga de los servidores físicos. Es crítico el diseño de un plan de capacidad para determinar el número de huéspedes que puede alojar cada anfitrión de una manera realista. Al ser cada huésped diferente, se requiere tener al menos una idea de donde es más conveniente colocar a cada máquina virtual al iniciar el proceso de planeación de capacidad.

Licencias de software

Las licencias de *software* funcionan de forma diferente en un entorno virtual. Es importante asegurarse de entender bien los requerimientos de licencia de cada sistema operativo y aplicación que se ejecutará dentro del entorno virtual.

Hardware viejo

El proceso de virtualización normalmente deja un número de servidores sin utilizar. Podría ser posible definir un nuevo propósito para algunos de estos equipos, pero algunos otros podrían terminar siendo dados de baja. En cualquier caso, es muy conveniente contar con un plan para el *hardware* viejo.

Normalmente los proyectos de virtualización de servidores suelen partir de un *data center* que ha quedado corto de recursos, lo que está afectando a la capacidad de la organización para cumplir requerimientos y proporcionar nuevos servicios. El aspecto económico también juega un rol importante, obligando a las empresas a hacer cada vez más con menos. Con esto en mente, no resulta extraño que cada vez más organizaciones busquen alternativas a los *data centers* tradicionales, como la virtualización de servidores o, incluso, el cómputo en la nube.

En muchas ocasiones puede resultar muy fácil dejarse llevar por la inercia de una tecnología que promete tantos beneficios, como lo es la virtualización, y pasar del diseño a la de implementación de una manera prematura. Es cierto que esto puede resultar en algunas ocasiones en una implementación funcional, sin embargo, seguir con un plan riguroso ayudará a garantizar una implementación satisfactoria de una arquitectura de virtualización de servidores.

3.1.1 DECLARACIÓN DE VISIÓN

Es común encontrar implementaciones que no cumplen con los requerimientos de la organización, y muchas veces esto ocurre, no por una mala implementación, sino porque los requerimientos iniciales no se alineaban con las necesidades reales de la organización. Un cambio de dirección en cuanto a la arquitectura de TI puede impactar seriamente a los intereses económicos de la organización. El primer paso que se debería tomar en un proyecto de consolidación de servidores, y con certeza en cualquier otro tipo de proyecto de esta magnitud, es la definición de la visión del proyecto.

Una declaración de visión define el estado final deseado del entorno una vez que se ha completado el proyecto en su totalidad. Estas declaraciones deben ser estructuradas de una manera breve y concisa y deberán ser desarrolladas y aprobadas por todos los implicados en el proyecto de consolidación, para así asegurar que sea una visión compartida y que cubre los objetivos planteados. Una adecuada declaración de visión no solo facilita una exitosa implementación, sino que crea confianza en el equipo de trabajo (personal técnico y ejecutivos de la organización) y lo mantiene enfocado en los objetivos del proyecto.

3.1.2 ALCANCE

La declaración de visión es un paso fundamental en el diseño de un proyecto, pero debe complementarse con la definición del alcance del mismo. Normalmente cuando se habla del alcance de un proyecto, sin importar de qué tipo sea, se piensa inmediatamente en tiempos y costos. En realidad, los tiempos y los costos, son resultado del alcance del proyecto. Cuando se trata de una definición de alcance, se está hablando del desarrollo de un entendimiento común de lo que debe ser incluido en el proyecto y lo que debe ser excluido de este. En este punto no se determina cuánto va a durar el proyecto, ni cuánto costará, esto se determina una vez que el alcance ha sido definido. Es aquí donde radica la importancia de una

correcta definición del alcance del proyecto, ya que si esta es incorrecta, los tiempos y los costos también lo serán.

Existen dos lugares en los que el alcance está definido dentro del proyecto. El alcance de alto nivel se define en el estatuto del proyecto. Por otro lado, el alcance de bajo nivel está definido en el documento de requerimientos de negocio.

El alcance de alto nivel consta de dos componentes principales:

1. Resultados finales. La definición de resultados permite la generación de expectativas realistas al proyectar lo que se espera obtener una vez que el proyecto se haya completado. La definición de resultados finales permite definir el alcance general del proyecto.
2. Límites. Es muy importante la definición de límites in un proyecto TI. El establecimiento de límites ayuda a separar todas aquellas cosas que son aplicables al proyecto en cuestión, de aquellas que quedan fuera del alcance.

Cambios en la definición del alcance son esperados. Mientras los detalles se vuelvan más claros y surgen mas factores que en un principio no se lograban apreciar, es posible que sea necesario realizar algún ajuste en el alcance del proyecto. Una vez que el proyecto ha iniciado, generalmente los resultados finales y los límites no sufrirán grandes modificaciones. La mayoría de las solicitudes de cambios en el alcance del proyecto, están relacionados con cambios en los requerimientos de negocio.

Los requerimientos de negocio ayudan a definir un alcance detallado. Mientras que los resultados finales del proyecto son utilizados para definir el alcance de alto nivel, los requerimientos de negocio describen los detalles de estos resultados.

Existen dos tipos de requerimientos:

1. Requerimientos de productos (características). Este tipo de requerimientos describen las características que deben tener los resultados finales.
2. Requerimientos de procesos (funciones). Este tipo de requerimientos describen como es que la gente va a interactuar con el producto y como un producto interactúa con otros productos.

3.1.3 CONSIDERACIONES PARA DEFINIR FASES DEL PROYECTO

Es conveniente segmentar el proyecto de virtualización en múltiples fases de implementación. Incluso, aunque ciertos objetivos parezcan similares, es probable que cada uno requiera diferentes tareas y planificación para resolver problemas, como resultado de las limitaciones propias de cada entorno. La definición de las fases de un proyecto también permite reducir la complejidad general de este. A continuación se presentan algunos aspectos que deben ser considerados al definir las fases de un proyecto de virtualización.

- a) **Ocuparse primero de lo más asequible.** Una primera fase podría comprender la virtualización de servidores que puedan ser migrados rápidamente y con poca planificación.
- b) **Reutilización de *hardware*.** Si se está considerando la reutilización de *hardware*, se podría definir una fase que incluya la migración de los servidores que se van a alojar en equipos nuevos, y una

posterior que se ocupe de la migración de servidores cuyo alojamiento ha sido planeado en equipos con los que ya se cuenta.

- c) **Una unidad de negocio a la vez.** Para reducir problemas de soporte y minimizar la cantidad de unidades de negocio afectadas en caso de que ocurran problemas de implementación, se puede definir una fase independiente para cada unidad de negocio.
- d) **Geografía.** Es posible que las restricciones de recursos, el calendario regional del proyecto u otros factores obliguen a definir un proyecto en fases geográficas.

Existen otros aspectos que se deben tomar en cuenta para la definición de fases, dependiendo necesariamente de las características del proyecto y de las particularidades del entorno. Por este motivo, es imprescindible identificar de una manera oportuna los factores decisivos del entorno para conocer los desafíos que se tendrán que enfrentar y de esta forma realizar la más adecuada de las divisiones en fases.

3.1.4 ANÁLISIS DE RETORNO DE INVERSIÓN

Durante las primeras etapas del proyecto, es conveniente realizar un análisis preliminar del Retorno de Inversión que contribuya en la justificación de los costos del proyecto basándose en el valor de negocio derivado de la virtualización de servidores. Para que este análisis proporcione los mejores resultados, debe medir las distintas variables, incluyendo los costos de infraestructura y operación actuales, las soluciones tecnológicas, las predicciones de crecimiento, etc. Las principales áreas de rentabilidad que seguramente serán las que más interesen desde el principio de un proyecto de virtualización de servidores incluyen la reducción de costos de operación, la reducción del Costo de Propiedad Total, mejoras en el servicio y mejoras en el tiempo necesario para implementar nuevos procesos empresariales.

Si no se dispone de un método interno para realizar el análisis del Retorno de Inversión, existen algunas herramientas gratuitas en línea que permiten realizar este análisis. VMware ofrece una herramienta gratuita en línea llamada *VMware ROI TCO Calculator*⁴⁰, la cual permite realizar un análisis tanto de Retorno de Inversión como de Costo de Propiedad Total bastante completo. Por su parte, Microsoft ofrece una herramienta similar también disponible en línea de manera gratuita llamada *Microsoft Integrated Virtualization ROI Tool*⁴¹. La ventaja de utilizar este tipo de herramientas, es que su análisis está orientado totalmente a un proyecto de virtualización de servidores. Si la organización no cuenta con expertos que realicen este análisis, otra alternativa puede ser la contratación de consultores externos que realicen esta actividad, o que capaciten al personal de la organización para que puedan realizar un rápido análisis preliminar que se pueda ajustar durante el desarrollo del proyecto. Es muy importante documentar el análisis e incluir todos los supuestos y su fuente, así como los resultados del análisis.

3.1.5 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Los riesgos en un proyecto de consolidación de servidores son inevitables, pero pueden ser mitigados. Para poder mitigar un riesgo, primero hay que identificarlo, asignarle una posibilidad de ocurrencia, un impacto, y

⁴⁰ <http://roitco.vmware.com/vmw/>

⁴¹ <https://roianalyst.alinean.com/microsoft/virtualization/>

realizar la documentación adecuada. Una vez comprendido el riesgo, se puede desarrollar una aproximación para mitigarlo. La identificación de riesgos deberá contemplar tanto riesgos técnicos como de negocio para contar con la mejor perspectiva posible. Los riesgos técnicos deberían incluir riesgos relacionados con los recursos, el diseño y la solución. Por otra parte, los riesgos de negocio incluyen riesgos relacionados con el presupuesto y el programa del proyecto.

Los siguientes son ejemplos de riesgos comunes en proyectos de virtualización:

- Cambio en los procesos operacionales. La virtualización provocara cambios en los procesos existente y puede incrementar los costos operacionales.
- Falta de cooperación. Las unidades de negocio pueden negarse a compartir sus servidores con otras unidades, reduciendo la proporción de consolidación que se podría alcanzar si estas cooperaran con el proyecto.
- Plan de consolidación pobre. No se consigue captar datos precisos que reflejen las necesidades reales del proyecto, generando la compra inadecuada de *hardware* y su correspondiente impacto en el presupuesto del proyecto.

La **Tabla 3.1** muestra los atributos que se deberían contemplar para cada riesgo que se documente.

Tabla 3.1. Atributos asociados con los riesgos.

Atributo	Descripción
ID del riesgo	Valor numérico que identifique unívocamente al riesgo.
Probabilidad	Probabilidad de que ocurra el riesgo, especificada con un valor entre 1% y 100%, donde 1% es la probabilidad más baja y 100% la más alta.
Descripción	Descripción del riesgo.
Consecuencia	Resultado si se llega a presentar el riesgo. Esto incluye consecuencias técnicas, de negocio y financieras.
Impacto	Efecto del riesgo si este se presenta. Se especifica como un valor numérico entre 1 y 10, donde uno representa el mínimo impacto y 10 el máximo.
Plan de mitigación	Descripción de cómo se piensa reducir o eliminar el impacto del riesgo en el proyecto.
Propietario	Persona responsable de aceptar ese riesgo. El propietario cuenta con el plan de mitigación.

Mike Williams, consultor de Microsoft Consulting Services, afirma que una vez identificados los riesgos, es conveniente clasificarlos de acuerdo a su nivel de importancia para el proyecto. Comenta que, “Para ello, se toma la probabilidad asignada al riesgo (entre 1 y 100) y se multiplica por el impacto definido (entre 1 y 10).

El resultado será un número entre 1 y 1000.⁴² A partir de esta clasificación se puede determinar el orden de importancia del riesgo y su prioridad ante los intentos de mitigación.

3.1.6 PRESUPUESTO

Una vez definido el alcance del proyecto, realizado el análisis de Retorno de Inversión, e identificados los riesgos, se puede sugerir un presupuesto preliminar para las siguientes fases del proyecto. Es inevitable que falten algunos datos de estas fases para desarrollar un presupuesto y un programa de proyecto detallados. El presupuesto preliminar incluye los siguientes elementos:

- Presupuesto de trabajo para las fases de Análisis Situacional y Evaluación.
- Presupuesto de *hardware* y *software* necesario para llevar a cabo el análisis situacional y la evaluación.

El presupuesto de trabajo debería incluir fondos para los equipos dentro del proyecto. El presupuesto de *hardware* y *software* debería incluir fondos para uno o varios servidores físicos con las especificaciones requeridas para llevar a cabo las tareas de detección, herramientas de detección, licencias para el sistema operativo de estos servidores y para las aplicaciones que así lo requieran.

⁴² LARSON Robert; CARBONE Janique. *Windows Server 2008 Hyper-V Kit de Recursos*. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid, España, 2009, cap. 19, p. 794.

3.2 ANÁLISIS SITUACIONAL

Una estrategia de la magnitud que demanda un proyecto de virtualización de servidores, deberá contemplar necesariamente un diagnóstico profundo y sistemático del estado en que se encuentra la organización. Un análisis adecuado en esta etapa del proyecto es crucial para conocer las condiciones generales en que se encuentra el *data center*, y de esta manera formular una lista de requerimientos adecuada que se ajuste a las nuevas necesidades. El diagnóstico debe ser capaz de detectar adecuadamente los recursos actuales con los que cuenta la organización, y servirá como base para establecer las características que el nuevo *data center* requerirá. Esta etapa del proyecto es trascendental, ya que de este análisis dependerá la decisión de adquirir nuevos equipos o de acondicionar nuevos espacios, o bien, el rediseño de la infraestructura completa del *data center*.

Durante esta etapa de un proyecto de virtualización de servidores, es preciso el centrarse en la recolección de toda la información necesaria para definir el resto del proyecto. Se debe realizar un análisis completo de cada uno de los servicios ejecutándose en el *data center* y del desempeño de los servidores sobre los cuales se están ejecutando, de la infraestructura de red, entre otras cosas. También es necesario realizar un inventario del *hardware* del que se dispone, para poder hacer una proyección del que se necesitará adquirir y del que se puede reutilizar; además de un inventario de *software* que permita conocer el estado de las licencias con las que se cuenta y prever la adquisición de nuevas licencias o el desarrollo de nuevas aplicaciones que sean compatibles con tecnologías de virtualización.

3.2.1 DETERMINACIÓN DE LAS PRIORIDADES DEL DATA CENTER

Existen muchas razones por las cuales comenzar con un proyecto de consolidación de servidores, como la reducción de costos, la reducción de espacios, la optimización del uso de recursos y la asignación dinámica de cargas de trabajo entre servidores. Sin embargo, la decisión final de iniciar con un proyecto de consolidación depende de múltiples factores, entre los que destacan las limitaciones del entorno, las limitaciones financieras y las limitaciones operacionales, condiciones que son particulares para cada organización.

3.2.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LIMITACIONES DEL ENTORNO

Las limitaciones del entorno incluyen el acondicionamiento de espacio en el *data center*, espacio en *racks*, alimentación eléctrica, enfriamiento, y la arquitectura de red, entre otras cosas. Algunos de los factores de entorno que desencadenan o aceleran una iniciativa de consolidación de servidores suelen ser:

- La falta de espacio en el *data center*, frente a los costos de expansión o acondicionamiento de un nuevo *data center*.
- El haber alcanzado los límites físicos de la alimentación de energía eléctrica y del sistema de enfriamiento, sugiriendo el potencial y costoso acondicionamiento de nuevos espacios.
- El haber alcanzado los límites de capacidad en *racks*, *blade servers*, y dispositivos de red.

3.2.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LIMITACIONES FINANCIERAS

El factor económico es determinante en la adopción de tecnologías de virtualización, por lo que el presupuesto destinado a la infraestructura de TI limita en gran medida el uso de las soluciones que son posibles utilizar dentro del *data center*. Algunos de los factores financieros que desencadenan o aceleran una iniciativa de consolidación de servidores suelen ser:

- La limitación del presupuesto para la adquisición de nuevos servidores limita el número de nuevos proyectos que pueden ser implementados.
- Los elevados costos de sistemas de administración limitan el número de nuevos servidores que pueden ser provisionados.
- Las restricciones presupuestarias limitan la capacidad de implementación de una infraestructura de alta disponibilidad y de recuperación de desastres.

3.2.1.3 IDENTIFICACIÓN DE LIMITACIONES OPERACIONALES

También es posible encontrar factores relacionados con los tipos de cargas de trabajo o con los ciclos de negocio de la organización que desencadenen o aceleren una iniciativa de consolidación de servidores, como los que se presentan a continuación:

- Aplicaciones heredadas ejecutándose sobre *hardware* obsoleto sufren limitaciones de rendimiento y representan un riesgo alto.
- Nuevos proyectos construidos sobre entornos de prueba son incompatibles con el entorno de producción.
- Incompatibilidades de *hardware* limitan el alcance de la infraestructura de recuperación de desastres.

3.2.2 SERVICIOS

Para iniciar con el proceso de virtualización es necesario primero determinar qué es lo que se desea virtualizar. Aunque muchas veces es preferible una migración completa del *data center* hacia servidores virtuales, pueden existir casos en los que no es conveniente o simplemente no es posible virtualizar determinados servidores. En muchos de estos casos esto se debe a que el servicio que se ejecuta sobre el servidor demanda un uso intensivo de recursos, o requiere características muy particulares de *hardware* que no pueden ser emuladas por las plataformas de virtualización existentes en el mercado. También podría deberse a que el diseño de seguridad o de redundancia de la arquitectura de red requiere forzosamente mantener algunos servicios sin virtualizar.

El detectar los servicios que se desean virtualizar, así como sus características y el uso de recursos que demandan, permitirá obtener los requerimientos para el nuevo *data center* de una manera precisa. Si el análisis falla en este punto puede dar como resultado que el *data center* no satisfaga completamente la demanda de las cargas de trabajo, por lo que los servicios podrían funcionar por debajo del nivel que se espera de ellos, o simplemente no funcionar. También se podría llegar al otro extremo, donde los recursos

de *hardware* adquiridos sobrepasen las demandas reales de los servicios, dando como resultado el desperdicio de recursos de cómputo y probablemente gastos innecesarios.

En esta etapa del proyecto, es conveniente la realización de un inventario que incluya todos los servicios que se ejecutan actualmente en los servidores dentro del *data center* para poder determinar el tipo de carga de trabajo, así como cuales de estos son candidatos a ser virtualizados. A partir de este inventario también se puede definir la prioridad de cada servicio y el rol que juegan en el proceso de negocios de la organización, información que se deberá tener en cuenta para su futura virtualización. La **Tabla 3.2** puede ser utilizada para clasificar a los servicios por tipo de carga de trabajo.

Tabla 3.2. Clasificación de servicios por tipo de carga de trabajo.

Tipo de Carga de Trabajo	Servicio	Servidor
Infraestructura de TI (archivos, impresión, DHCP, DNS, LDAP, NAT, Kerberos, etc.)		
Colaborativo (correo electrónico, grupo de trabajo, etc.)		
Procesamiento empresarial (ERP, CRM, OLTP, etc.)		
Soporte de decisiones (<i>data warehouse</i> , etc.)		
Almacenamiento		
Desarrollo de aplicaciones		
Infraestructura web		
Seguridad		
Técnico/Científico		
Otro		

Entre más información se tenga sobre el uso de recursos realizado por cada servicio se podrá alcanzar un mejor desempeño cuando estos sean virtualizados. También depende de esta etapa la correcta planeación de adquisición de nuevo *hardware* lo que favorece a un mejor uso del presupuesto destinado al proyecto de consolidación. Una lista de servicios instalados en cada servidor aporta información necesaria para determinar qué servicios se inician y utilizan recursos activamente en la actualidad. Esta información puede ser crucial para identificar servidores que haya que excluir como candidatos a la virtualización.

3.2.3 INVENTARIO

El registrar cada uno de los servicios o cargas de trabajo que se ejecutan en los servidores del *data center* es una tarea crucial para el desarrollo del proyecto, pero no es lo único que se requiere inventariar. Para definir el conjunto de servidores que son candidatos para la virtualización, es preciso recolectar información de *hardware* y *software* específica para cada servidor. La información de *hardware* que se necesita obtener incluye el tipo de procesador y el número de núcleos, la configuración de memoria, el tipo y la cantidad de adaptadores de red, detalles del sistema de almacenamiento, dispositivos USB y dispositivos de puertos serie y paralelos. Por otro lado, la información de *software* que se debería obtener es una lista de aplicaciones instaladas y sus características, junto con cualquier actualización, parche o *service pack* instalados en el servidor. Además es necesario realizar un inventario de todos los servicios que se están

ejecutando actualmente en cada servidor. Con la información obtenida en este punto sumada a un conjunto de reglas de selección y umbrales, se determinará más adelante cuales servidores pueden ser migrados a máquinas virtuales y cuáles no.

3.2.3.1 INVENTARIO DE HARDWARE

En la **Tabla 3.3** se muestra una lista detallada referente a la información que se debería recopilar durante el inventario de *hardware* de un servidor. Las principales categorías son BIOS, sistema operativo, procesador, memoria, almacenamiento, adaptador de red, dispositivos extraíbles conectados a interfaces USB y dispositivos conectados a puertos serie y paralelos. El objetivo principal de este inventario es el de crear una lista de exclusión de candidatos a la virtualización. Esta información es necesaria para tener una perspectiva adecuada del *hardware* que se necesitará adquirir, y por supuesto, del costo que representará esta operación.

Tabla 3.3. Información necesaria para el inventario de *hardware*.

Categoría de <i>hardware</i>	Información de inventario
BIOS	Fabricante del servidor. Número de modelo. Número de serie.
Sistema operativo	Sistema operativo. <i>Service Pack</i> . Dominio. Nombre del servidor. Actualizaciones.
Procesador	Fabricante del procesador. Modelo. Velocidad. Número de procesadores. Número de núcleos.
Memoria	Cantidad de memoria física. Número de <i>slots</i> . Tamaño de las tarjetas de memoria. Numero de <i>slots</i> libres.
Almacenamiento	Número de discos duros. Capacidad total de cada disco. Tipo de sistema de archivos. Disco básico o dinámico. Particiones. Estado (conectado o sin conexión).
Adaptadores de red	Número de adaptadores. Velocidad máxima de cada adaptador. Velocidad actual de cada adaptador. Fabricante. VLANs. Direcciones IP. Máscara de red. Direcciones MAC.
Dispositivos USB	Cualquier dispositivo conectado vía USB.
Dispositivos de puerto paralelo	Cualquier dispositivo conectado al puerto paralelo.
Dispositivos de puerto serie	Cualquier dispositivo conectado al puerto serie.

La información del BIOS es necesaria para identificar el fabricante y el modelo del *hardware* del servidor. Esta información será útil más adelante para recolectar información del entorno, por ejemplo, el número de unidades de *rack* (U) necesarias para el futuro *data center*, en conjunto con su consumo de energía y disipación de calor.

La información del sistema operativo será necesaria para agrupar los candidatos a la virtualización por versión del sistema operativo y *service pack*. Además, los nombres de dominio y servidor aportan valores únicos adicionales que son necesarios para combinar datos.

La obtención de información del procesador es necesaria para comparar el servidor físico existente con las capacidades de una máquina virtual. La información principal en este caso es el número de procesadores, núcleos, y velocidad en MHz. La información relacionada con el fabricante y el modelo del procesador resulta de utilidad para identificar tipos de procesador en caso de que el servidor sea candidato para reutilización como servidor en la nueva arquitectura de virtualización, pero necesite procesadores adicionales. Esta información es fundamental para identificar procesadores no compatibles con la plataforma de virtualización que se planea implementar.

La información relacionada con la memoria es utilizada para determinar el número y tipo de cargas de trabajo que puede soportar el servidor, y de esta forma determinar si es candidato a la virtualización. Información adicional puede ser recolectada, como la cantidad de *slots* libres en el servidor y la capacidad de las tarjetas existentes.

Información de almacenamiento es necesaria para conocer los requerimientos de espacio en disco e identificar los problemas que se podrían presentar al migrar de un servidor físico a una máquina virtual. Identificar la cantidad de discos que hay en el servidor y de la capacidad de cada uno permite determinar si se puede sobrepasar algún límite de tamaño. La información sobre las particiones, el tipo de sistema de archivos y el estado facilitará la comprensión de problemas relacionados con la migración de una máquina física a una virtual.

También es necesario obtener información acerca de los adaptadores de red con que cuentan los servidores para comparar su configuración con la capacidad de una máquina virtual. Es posible configurar un adaptador de red con una velocidad específica o para que la autonegocie. Es preciso documentar la configuración actual de la velocidad de los adaptadores de red para configurar de una manera adecuada los servidores virtuales donde se realizara el proceso de consolidación. También es importante recolectar información como el número de adaptadores de red del servidor actual, la velocidad actual y máxima para cada adaptador, el fabricante y configuraciones especiales como redes virtuales (VLANs). También es necesario obtener la configuración TCP/IP (dirección IP, máscara de red y dirección MAC) que tiene asignada cada adaptador para determinar que conexiones existen y de esta forma poder establecer las configuraciones adecuadas en los servidores de virtualización.

Los dispositivos conectados a puertos USB en los servidores físicos son normalmente dispositivos especiales necesarios para el funcionamiento de aplicaciones específicas, como lo es un lector de tarjetas inteligentes para aumentar la seguridad o una *flash key* para almacenar una clave de cifrado. En este sentido, la obtención de estos datos es importante para determinar si un servidor es un candidato apropiado para la virtualización.

La mayoría de los fabricantes ha dejado de incluir en su *hardware* puertos paralelos, por lo que los dispositivos de este tipo han dejado de ser habituales en los servidores. Algunas de las plataformas de virtualización actuales no contienen puertos paralelos y por consiguiente, no soportan ningún dispositivos de este tipo. Este podría ser un factor determinante para excluir a un servidor como candidato a la virtualización.

Finalmente, los dispositivos de puerto serie son habituales en *data centers* que cuentan con Suministros de Energía Interrumpible (UPS, por sus siglas en inglés) basados en *rack*. Algunos de estos dispositivos utilizan puertos serie para comunicarse con el servidor para notificar eventos de interrupción de alimentación y de operación de la batería. Es de utilidad el contemplar esta información para el diseño del *data center* y la planificación del acondicionamiento de espacios.

3.2.3.2 INVENTARIO DE SOFTWARE

El objetivo de la realización de un inventario de *software* es el de obtener una lista de todas las aplicaciones instaladas actualmente en los servidores, así como las actualizaciones y *service packs* con los que cuentan. El identificar que aplicaciones están instaladas en cada servidor permite tomar decisiones referentes a las máquinas que no deberían ser virtualizadas. Además, conocer la versión de las aplicaciones y su nivel de actualización será de gran ayuda para agrupar servidores y realizar una consolidación homogénea.

En la **Tabla 3.4** se presenta información que debería ser recolectada durante la realización de un inventario de *software*.

Tabla 3.4. Información necesaria para el inventario de *software*.

Categoría de <i>software</i>	Información de inventario
Aplicaciones	Nombre. Distribuidor. Versión. <i>Service pack</i> .
Actualizaciones	Nombre. Versión.
Parches	Nombre. Versión.

El nombre de la aplicación debe ser el nombre reconocible de la aplicación o *suite*. El distribuidor de la aplicación es el nombre de la empresa que la edita. La versión de la aplicación permite saber cuántas versiones de una misma aplicación se tienen instaladas en el entorno, así como también garantizar la instalación de la versión correcta en las nuevas máquinas virtuales. La información relacionada con actualizaciones permite conocer que tan actualizado está el sistema, información de utilidad para saber si es necesario instalar una nueva actualización o si es preciso desinstalar alguna por cuestiones de compatibilidad.

3.2.4 DESEMPEÑO

La supervisión del desempeño o rendimiento de los servidores ofrece información crítica sobre la carga de trabajo que soporta cada servidor físico y proporciona una visión detallada de los problemas de rendimiento que podrían ocurrir al finalizar el proceso de virtualización. La supervisión de desempeño es la tarea de recolección de datos que más tiempo lleva. Para asegurar que se han recolectado los puntos más altos y los más bajos del desempeño de un servidor, es necesario tomar una muestra representativa de datos durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo para que la información obtenida sea más precisa.

Cuando se supervisa el desempeño, hay que asegurarse de que se haga dentro de un periodo de tiempo que permita capturar eventos que generan un impacto en el rendimiento habitual de los sistemas, como por ejemplo, el proceso de copia de seguridad, o el proceso de actualización del sistema. Se debería recolectar datos de desempeño durante un mes como mínimo⁴³ para que se reflejen en el análisis los ciclos de

⁴³ LARSON Robert; CARBONE Janique. *Windows Server 2008 Hyper-V Kit de Recursos*. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid, España, 2009, cap. 20, p. 806.

rendimiento mensuales del *data center*. Para minimizar el impacto de la obtención de información de rendimiento en el servidor, es conveniente establecer un intervalo de supervisión, medido en minutos o segundos. La herramienta o aplicación utilizada para obtener información de desempeño dependerá del sistema operativo instalado en el servidor.

Una vez que se han detectado cada uno de los servicios, el tipo al que pertenecen y su nivel de prioridad, es necesario obtener información relacionada con estos a través del monitoreo del desempeño del servidor sobre el cual residen y de los recursos de cómputo que demandan. La **Tabla 3.5** puede ser utilizada para recolectar información relacionada con las características de cada servidor y el uso que se hace actualmente de estos. También se deberá realizar un monitoreo del desempeño de los servicios y aplicaciones ejecutándose en cada sistema, el cual permita medir la demanda que hacen estos de los recursos con los que cuenta el servidor que los aloja. La **Tabla 3.6** puede ser utilizada para registrar la demanda de recursos de *hardware* que realiza cada servicio.

Tabla 3.5. Inventario de servidores.

Servidor	SO	# CPUs	Velocidad CPU [GHz]	Velocidad total CPU [GHz]	RAM [GB]	Disco duro [GB]	# NICs	# Aplicaciones/ Servicios

Tabla 3.6. Inventario de servicios y aplicaciones.

Aplicación/Servicio	% Uso de CPU	% Uso de RAM	Paginación	% Uso de disco duro	Procesos relacionados

Las tablas anteriores muestran los parámetros para las categorías principales de indicadores de rendimiento que habría que monitorear: procesador, memoria, almacenamiento y red. Muchos de estos parámetros son indicadores integrados en el sistema operativo que pueden requerir la supervisión de varias instancias. Por ejemplo, en un servidor multiprocesador, sería necesario registrar el comportamiento de los indicadores de desempeño para cada procesador o núcleo.

La recolección de información del procesador se centra en el porcentaje de utilización de los procesadores y en el porcentaje de tiempo de interrupción. El porcentaje de tiempo de procesador indica la potencia de procesamiento que requieren las cargas de trabajo del servidor a lo largo del tiempo. Es importante que esta información sea obtenida por procesador o núcleo. Por otra parte, el porcentaje de tiempo de interrupción indica cuanto tiempo invierte el procesador en procesar interrupciones de dispositivos y periféricos.

La supervisión del desempeño de la memoria reúne información de los contenedores de bytes disponibles y páginas por segundo. Los bytes de memoria disponibles representan la cantidad de memoria física disponible para que un proceso solicite asignación. Las páginas por segundo es la tasa a la que se leen o escriben páginas en el disco duro. Dado que la E/S de disco es uno de los componentes más lentos del

sistema, comprender el nivel de páginas por segundo que soporta el subsistema de almacenamiento es importante para valorar como será el rendimiento en una máquina virtual.

En lo que se refiere a la supervisión del rendimiento de almacenamiento, esta reúne información referente a la cantidad de datos que fluyen entre la memoria y el disco duro. Esto se consigue a través de los indicadores del disco lógico, que ofrecen valores medios en tiempo real para las operaciones de lectura y escritura en el disco físico. Cabe destacar que es necesaria la obtención de esta información para cada disco duro conectado al servidor.

Finalmente, la supervisión del desempeño de red reúne información sobre los bytes totales que se envían y reciben por segundo para cada adaptador de red. Si se planea consolidar varios servidores físicos en el mismo servidor de virtualización, se debería realizar un análisis del rendimiento de red acumulativo de múltiples máquinas virtuales en ejecución en función del tiempo, para de esta forma medir el impacto en el consumo de ancho de banda provocado por todas las máquinas virtuales. Esta información ayudara a tomar decisiones sobre la conexión de máquinas virtuales a varias redes virtuales para equilibrar la carga de trabajo de la red entre varios adaptadores físicos.

La representación de los datos obtenidos utilizando parámetros cualitativos puede resultar adecuada para ser presentados ante la dirección de la organización, cuando llegue el momento. Resulta más práctico y posiblemente más fácil de entender el uso de parámetros como *Bajo*, *Medio*, y *Alto*, para definir el uso que hace una carga de trabajo de los recursos que ofrece el servidor que la contiene. La **Tabla 3.7** puede ser utilizada para clasificar el uso que hace cada tipo de carga de trabajo de los recursos del servidor, utilizando los parámetros antes mencionados.

Tabla 3.7. Características cualitativas de desempeño por tipo de carga de trabajo.

Tipo de carga de trabajo	CPU	RAM	Disco duro	Red
Infraestructura de TI (archivos, impresión, DHCP, DNS, LDAP, Kerberos, etc.)				
Colaborativo (correo electrónico, grupo de trabajo, etc.)				
Procesamiento empresarial (ERP, CRM, OLTP, etc.)				
Soporte de decisiones (data warehouse, etc.)				
Almacenamiento				
Desarrollo de aplicaciones				
Infraestructura web				
Seguridad				
Técnico/Científico				
Otro				

3.2.5 INFORMACIÓN DEL ENTORNO

Al realizar la recopilación de información durante la fase de Análisis Situacional, es fácil pasar por alto información relacionada con el entorno. Si bien es cierto que esta información no será utilizada para la toma

de decisiones durante la fase de Evaluación del proyecto, puede ser muy importante para justificar el proyecto y demostrar los beneficios que ofrece la virtualización de servidores, como la reducción de costos. El *hardware* de un servidor virtualizado puede ser reutilizado o retirado dependiendo de las necesidades del proyecto. Si las instalaciones del *data center* tienen poco espacio en sus *racks* o de suelo, o si el nivel actual de consumo de energía impide la expansión de servidores en la medida necesaria para el crecimiento del negocio, la posibilidad de retirar servidores o utilizarlos para otros fines representa un beneficio estratégico destacable. En el caso de los *rack servers*, estos requieren cierta cantidad de espacio vertical denominada Unidad o U. las especificaciones del fabricante sobre el producto indican cuantas U necesita un servidor de este tipo, que puede ser entre 1 y 10. Es importante considerar estos datos durante la fase de Evaluación para garantizar que se cuenta con el espacio en *rack* adecuado.

En el capítulo anterior de este trabajo ya se ha comentado acerca de las implicaciones que la alimentación de energía tienen en la virtualización de servidores, por lo que la obtención de información del consumo de energía eléctrica es un factor crucial durante esta etapa. Es necesario obtener información del consumo energético para cada modelo de servidor dentro del *data center*. Los servidores más grandes, además, suelen tener suministros eléctricos redundantes. Las especificaciones proporcionadas por el fabricante deberían proporcionar una tasa de consumo eléctrico expresada en watts o kilowatts.

Los *rack servers* utilizan periféricos de soporte, como gabinetes de almacenamiento en disco, conmutadores *Keyboard-Video-Mouse* (KVM), dispositivos de red, entre otros dispositivos de montaje en el *rack* que ya no serán necesarios cuando se virtualicen estos servidores. Esta información permitirá realizar un cálculo más adecuado del espacio total del *rack* y del consumo de energía que se puede eliminar al finalizar el proyecto de virtualización.

3.3 EVALUACIÓN

La fase de Evaluación de un proyecto de virtualización de servidores se centra en la utilización de la información obtenida en la fase de Análisis Situacional, para determinar qué servidores son buenos candidatos a la virtualización. Esto implica necesariamente el análisis de datos de *hardware* y *software*, así como del desempeño de los equipos, frente a un conjunto de límites definidos. Los límites de *hardware* están determinados por el *hardware* virtual disponible dentro de la máquina virtual. Por otro lado, los límites de desempeño están definidos por las capacidades de rendimiento que ofrece la máquina virtual. El *software* que se encuentra actualmente instalado en un servidor puede motivar la exclusión de este para fines de virtualización, por la falta de soporte del distribuidor para la aplicación en entornos virtualizados o, simplemente porque los requisitos de rendimiento impuestos por la aplicación excedan los límites establecidos.

3.3.1 HARDWARE

Hasta este punto del proyecto, se ha recolectado información importante acerca de requerimientos de *hardware* que demandan las aplicaciones y sistemas operativos que se planean virtualizar. Se han realizado pruebas para medir el desempeño y demanda de recursos por parte del *software* instalado sobre los servidores en el *data center*. Los resultados de estas pruebas serán de gran utilidad para la fase de Evaluación del proyecto, ya que a partir de esta información podrá determinarse si un servidor es un candidato a la virtualización, o si no cumple con los requerimientos para que pueda ser migrado. En caso de que no los cumpla, en esta etapa también se deberán definir alternativas para los servidores que no puedan ser virtualizados.

3.3.1.1 IDENTIFICACIÓN DE UN SERVIDOR CANDIDATO

Una vez reunida la información suficiente para tomar decisiones respecto a los servidores y el *hardware* contemplado en el ámbito del proyecto, es preciso identificar a los servidores que cumplen con los requerimientos propios del proyecto, y que por consiguiente son candidatos a la virtualización. El proceso de identificación de un candidato a la virtualización comienza con el listado de todos aquellos equipos que están dentro del ámbito del proyecto. El objetivo de la utilización de métricas basadas en el desempeño y el *hardware*, es el de definir una lista de servidores que son candidatos a la virtualización y descartar a los que no lo son.

Los límites de *hardware* los definen tanto las capacidades del *hardware* virtual que requiere la máquina virtual como el *hardware* físico necesario para soportar a la plataforma de virtualización. Estos límites incluyen el número y las características de los procesadores, la cantidad de memoria, el espacio de disco máximo, el número de adaptadores de red, entre otros requerimientos especiales de *hardware*. Los límites de rendimiento varían en función de la configuración del servidor físico que se utilice para instalar la plataforma de virtualización. Los mejores valores para utilizar en esta etapa son aquellos derivados del rendimiento real probado de las máquinas virtuales que se ejecuten en el servidor. El análisis de información

referente al rendimiento de los servidores permite identificar servidores que tengan más recursos de los que requieren para soportar las cargas de trabajo que están ejecutando.

Se puede asumir que cualquier servidor al que se le hayan aplicado las métricas establecidas para cada caso, y haya superado los límites definidos, es un candidato a la virtualización. Es recomendable realizar una aproximación escalonada, es decir, primero se debe determinar las exclusiones dependiendo de los límites de *hardware*, después determinar las exclusiones según los límites de rendimiento, y finalmente determinar las exclusiones basándose en el soporte de la aplicación. Un servidor que no pase alguno de estos filtros debería ser excluido del grupo de candidatos.

3.3.1.2 EVALUACIÓN DE LOS LÍMITES DE HARDWARE

La evaluación de los límites de *hardware* de las máquinas virtuales es el primer filtro para determinar si los servidores incluidos dentro del ámbito del proyecto deberían o no ser excluidos del grupo de candidatos. Los límites del *hardware* incluyen componentes básicos como procesador, memoria, espacio en disco y red. Los límites más especializados incluyen puertos serie y paralelos.

Al llevarse a cabo el proceso de evaluación, se debe revisar el servidor físico con respecto al límite de *hardware* de cada máquina virtual. Si el servidor físico no supera alguna de las pruebas de los límites de *hardware*, debería ser excluido inmediatamente del grupo de candidatos a la virtualización, continuando el proceso con la evaluación del siguiente servidor. Si, en cambio, el servidor supera todas las pruebas, debería proceder con la siguiente fase de de la evaluación: los umbrales de rendimiento.

3.3.1.3 ESTABLECIMIENTO DE UMBRALES DE RENDIMIENTO

Durante la fase de Análisis Situacional, se recopiló información de los componentes de procesador, memoria, almacenamiento y red. Aunque es posible comparar estos datos con los límites de rendimiento de una máquina virtual, es conveniente establecer un conjunto de umbrales entre los que debe de mantenerse un servidor para ser candidato a la virtualización. Los umbrales definen los límites de rendimiento que puede experimentar una máquina virtual como media. Si por algún motivo, el rendimiento medio de un servidor excede los umbrales establecidos, este debería ser excluido del grupo de candidatos.

Los umbrales de rendimiento pueden definirse como un porcentaje de los recursos disponibles en una máquina virtual. Los umbrales como la velocidad del procesador y la memoria pueden definirse con facilidad debido a que son valores fijos. Sin embargo, los umbrales para el rendimiento del disco duro no son tan sencillos de definir porque existen muchas variaciones que se pueden presentar dependiendo de la configuración del sistema de almacenamiento. Los umbrales para el rendimiento de red se pueden ver afectados por el número de adaptadores de red con que cuenta el sistema. La **Tabla 3.8** puede ser utilizada para definir umbrales de rendimiento, de acuerdo con instancias únicas de *hardware*.

Tabla 3.8. Umbrales de rendimiento.

Características de <i>hardware</i>	Valor máximo de los recursos del servidor virtual	% del umbral	Valor del umbral
Velocidad del procesador			
Memoria			
E/S de disco			
Velocidad de red (por adaptador)			

En el caso de que las máquinas virtuales requieran ajustar la escala a múltiples instancias de *hardware* (procesadores, discos duros y adaptadores de red), los umbrales también necesitarán ajustarse hasta el límite máximo para cada componente de *hardware* virtual. Por ejemplo, una máquina virtual de Hyper-V soporta como máximo cuatro procesadores, por lo que el valor del umbral máximo para el procesador será el resultado de multiplicar por cuatro el valor del umbral para un solo procesador. Es importante destacar que los umbrales de rendimiento de una máquina virtual no pueden exceder los recursos del servidor. Por ejemplo, una máquina virtual puede tener un umbral máximo de memoria RAM de 64 GB, pero si el servidor sobre el cual se ejecuta la plataforma de virtualización no cuenta con esa cantidad de memoria, no será posible ejecutar esa máquina virtual, al menos no con esa demanda de memoria RAM.

3.3.1.4 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO

La información de rendimiento para el procesador, el sistema de almacenamiento y la red se utiliza como segundo filtro para determinar si los servidores dentro del ámbito del proyecto deberán o no excluirse del grupo de candidatos a la virtualización. A continuación se proporcionan directrices para evaluar los límites de rendimiento, lo que permitirá excluir servidores que no cumplan con estas características.

3.3.1.4.1 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL PROCESADOR

Para determinar el consumo medio del procesador en MHz para cada procesador de un servidor, es necesario conocer el uso medio del procesador, su velocidad, y el número de núcleos con que cuenta. Teniendo el uso medio del procesador para cada procesador o núcleo del servidor, se pueden sumar los valores para obtener el consumo medio total del procesador.

Consumo medio total del procesador (MHz) = SUMA (velocidad del procesador del servidor x uso medio del procesador para cada procesador o núcleo)

Teniendo el consumo medio total del procesador para el servidor en cuestión, se necesitará calcular el umbral total del procesador de la máquina virtual.

Umbral total del procesador de la máquina virtual (MHz) = Umbral de un solo procesador (MHz) x total de procesadores de la máquina virtual

Si el consumo medio total del procesador del servidor que se planea virtualizar es menor o igual que el umbral total del procesador de la máquina virtual, el servidor es un candidato a la virtualización. Si, por el contrario, el consumo medio total resulta ser mayor que el umbral total para la máquina virtual, el servidor excede el umbral definido y no debería continuar en el grupo de candidatos.

3.3.1.4.2 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MEMORIA

Durante la evaluación de rendimiento de una máquina virtual, se compara el consumo real de memoria en el servidor físico con el umbral de rendimiento de la misma. Esta aproximación está enfocada en la detección de servidores que tengan más memoria física de la que necesitan.

Ya se ha mencionado a lo largo del presente trabajo que actualmente la mayoría de los servidores en las organizaciones, no utilizan efectivamente toda la memoria con la que cuentan. La detección de la memoria física real utilizada en el servidor en lugar de la cantidad de memoria instalada hace posible la identificación de servidores que no aprovechan de una manera apropiada los recursos de memoria con los que cuentan.

3.3.1.4.3 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL DISCO DURO

El rendimiento del disco duro es un factor clave al evaluar un candidato a la virtualización. La combinación de múltiples cargas de trabajo de disco en una sola máquina puede tener un gran impacto en el rendimiento de este. El rendimiento del disco se define por lectura y escritura medidas en bytes por segundo (B/s). En la fase de Análisis Situacional del proyecto, ya se han obtenido los valores real y medio de estas para estos contadores.

Para determinar si el servidor supera los umbrales de rendimiento del disco duro, es necesario comparar el consumo de lectura y escritura medio del disco en B/s en el servidor físico con el umbral de rendimiento de lectura y escritura de la máquina virtual que se ha establecido como referencia para el rendimiento del *hardware* del servidor.

Si se tiene un rendimiento de lectura o escritura medio total del disco menor o igual que el umbral total de lectura o escritura del disco de la máquina virtual, el servidor se mantiene como candidato a la virtualización. Si, por el contrario, el rendimiento de lectura o escritura medio total del disco duro es mayor que el umbral total de lectura o escritura del disco duro de la máquina virtual, se tiene que el servidor físico excede el umbral definido y no debería añadirse al grupo de candidatos a la virtualización.

3.3.1.4.4 EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA RED

En la fase de Análisis Situacional ya se ha obtenido información referente al rendimiento de la red para enviar y recibir datos en B/s para cada uno de los adaptadores de red del *data center*, que están incluidos en el ámbito del proyecto. Además se sabe, que una máquina virtual se conecta a una red virtual, la cual esta enlazada a un adaptador de red físico en el servidor. Al tener conectadas una o más máquinas virtuales a

una red virtual, es posible tener una o más maquinas virtuales compartiendo un solo adaptador físico en el servidor.

Para determinar el rendimiento medio total de datos enviados y recibidos de la red en B/s para el servidor en cuestión, es preciso conocer el rendimiento medio de envíos y recepciones de la red en B/s para cada adaptador. Una vez que se tiene esta información, es posible sumar los valores para obtener los requerimientos de rendimiento medio total de envíos y recepciones de la red para el servidor candidato.

Rendimiento medio total de envíos de la red (B/s) = SUMA (rendimiento medio de envíos de cada adaptador de red (B/s))

Rendimiento medio total de recepciones de la red (B/s) = SUMA (rendimiento medio de recepciones de cada adaptador de red (B/s))

Por lo tanto, se puede obtener el rendimiento medio total de la red de la siguiente forma:

Rendimiento medio total de la red (B/s) = Rendimiento medio total de envíos de la red + Rendimiento medio total de recepciones de la red

Teniendo el rendimiento medio total para el servidor, este podrá ser utilizado para calcular el umbral de rendimiento de red total de la máquina virtual para la plataforma de virtualización. Este se obtiene de la suma del rendimiento para cada adaptador de la maquina virtual en (B/s). Este valor variara dependiendo de la velocidad de los adaptadores de red con que cuenta el servidor que aloja a la plataforma de virtualización.

Rendimiento total de red de la máquina virtual (B/s) = SUMA (rendimiento de cada adaptador de la red (B/s))

Si se tiene un rendimiento medio total de la red del servidor candidato menor o igual que el rendimiento de red total de la maquina virtual, el servidor se mantiene como candidato a la virtualización. Si, por el contrario, el rendimiento medio total es mayor que el rendimiento de red total de la máquina virtual, el servidor físico excede el umbral definido, dando como resultado que este deba ser excluido del grupo de candidatos.

3.3.1.5 EVALUACIÓN DE LÍMITES DE SOPORTE DE APLICACIONES

Los límites de soporte de aplicaciones son el tercer filtro a la hora de definir un candidato a la virtualización de servidores. Aunque hoy en día gran parte de las aplicaciones son susceptibles a ser virtualizadas, existen algunas que no son soportadas en un entorno de máquinas virtuales. Algunas, efectivamente soportan la virtualización, pero solo son compatibles con alguna plataforma de virtualización determinada, debido en gran medida a las limitaciones del *hardware* virtual o al rendimiento.

Durante la fase de Análisis Situacional se ha reunido información del inventario de *software* de los servidores del *data center*. Esta información es la base para la detección de cualquier problema de soporte de las aplicaciones. Se partirá de la lista de aplicaciones obtenida previamente y se determinara si alguna de estas requiere alguna versión específica o algún *service pack* para soportar la virtualización. Cuando se haya complementado la lista, pueden ser eliminadas de esta, aquellas aplicaciones que no son soportadas dentro de entornos virtuales.

Para determinar el soporte para las aplicaciones es útil el visitar el sitio *web* de cada producto o que se contacte directamente con el distribuidor. Cuando se tiene una lista de aplicaciones que no pueden ser virtualizadas, se podría excluir al servidor que este ejecutando alguna de ellas en producción, de la lista de candidatos a la virtualización.

3.3.2 SOFTWARE

Previamente, en la fase de Análisis Situacional, se ha obtenido información sobre los requerimientos de las aplicaciones que se ejecutan actualmente sobre los servidores que se planea virtualizar. La información recabada será de gran utilidad para definir aspectos del diseño del nuevo *data center*. Factores como la selección correcta de la plataforma de virtualización, el manejo de licencias y el soporte de aplicaciones, son aspectos que deben ser planeados adecuadamente para que un proyecto de este tipo tenga el mínimo de contratiempos. La dedicación apropiada de tiempo a la planeación y a la documentación del proyecto, dará como resultado una implementación con grandes posibilidades de éxito y menores riesgos.

3.3.2.1 SELECCIÓN DE UNA PLATAFORMA DE VIRTUALIZACIÓN

La correcta selección de una plataforma de virtualización para el proyecto, es sin lugar a dudas uno de los pasos más críticos, y de más impacto en el desarrollo del mismo. De lo que se decida en este punto depende gran parte de las futuras adquisiciones de *hardware* y *software*, así como del diseño del *data center*. Una vez que llega el momento de decidir cuál es plataforma de virtualización que se va a utilizar en un proyecto de consolidación específico, es importante el entender algunos factores que pueden influir en esa decisión. No todas las plataformas de virtualización son creadas de la misma forma. Como ocurre con la mayoría de los sistemas operativos o aplicaciones, es generalmente una buena idea, sino una necesidad, evaluar las diferentes plataformas de virtualización que hay en el mercado en un ambiente de pruebas apropiado, antes de tomar una decisión. Leer comentarios y hablar con gente que ha tenido alguna experiencia con la plataforma en cuestión, puede ser uno de los más comunes puntos de inicio en el proceso de toma de decisión. Sin embargo, probar el *software* es uno de los mejores y más objetivos métodos para determinar cuál es la plataforma más adecuada.

Una de las más importantes decisiones, durante el proceso de implementación de servidores virtuales, es la elección de la plataforma de virtualización. Existen muchas tecnologías de virtualización de servidores en el mercado, algunas de ellas se han analizado en el capítulo anterior de este trabajo, sin embargo, hoy en día la elección de la mayoría de las organizaciones se centra en VMware vSphere, Microsoft Hyper-V R2 y Citrix XenServer.

Existen muchos factores a tomar en cuenta para seleccionar una plataforma de virtualización. La experiencia y habilidades de los administradores varían en cada organización, así como las necesidades de esta, por lo que la elección de la mejor tecnología de virtualización para la infraestructura virtual del proyecto, depende del correcto análisis de estos y otros factores. A continuación se presentan algunos factores clave que se deben de considerar antes de seleccionar una opción de virtualización.

- a) **Realización de pruebas.** Si no se tiene experiencia con tecnologías de virtualización y se desea probar varias plataformas, es posible descargar versiones de prueba de varias de estas del sitio del producto. Existen versiones de evaluación gratuitas, de productos como VMware ESXi, vSphere, Citrix o Hyper-V.
- b) **TCO/ROI.** Para muchas organizaciones, el Costos de Propiedad Total y el Retorno de Inversión de un producto son factores clave en el proceso de diseño y planeación de una infraestructura de servidores virtuales. Hacer estos análisis uno mismo puede resultar complejo; existen muchos factores a considerar, los cuales varían mucho para cada organización. En el capítulo anterior de este trabajo ya se ha comentado la importancia de la información que arrojan este par de análisis y previamente en este mismo capítulo ya se han mencionado un par de herramientas en línea para realizar estos cálculos. P2V Planner⁴⁴, de 5nine, es otra opción que permite, entre muchas otras cosas, realizar un análisis de TCO/ROI. Una versión de prueba de esta herramienta puede ser descargada de su sitio de internet.
- c) **Costos.** Además de los resultados obtenidos en un análisis TC/ROI, es inevitable el hacer una comparación de costos de las diferentes opciones de tecnologías de virtualización de servidores en el mercado. Las posibilidades de compra de determinada solución de virtualización dependerán en gran medida de los recursos económicos que la organización tenga destinados para el proyecto. Esto por supuesto depende del tamaño y capacidad de la empresa, así como del alcance del proyecto. Es cierto que existen opciones gratuitas, ya se han analizado algunas en el capítulo anterior de este trabajo, sin embargo la adopción de estas tecnologías depende no únicamente del aspecto económico, también es necesario otros factores como puede ser la compatibilidad con aplicaciones y el soporte.
- d) **Experiencia.** Aunque no es un factor determinante, la experiencia previa con un producto de virtualización o proveedor puede ser un factor para decidir qué plataforma elegir. Con esto en mente, es posible que un producto sea compatible o pueda ser integrado con el *software* del entorno de la organización, o por lo menos que la curva de aprendizaje sea menos pronunciada.
- e) **Radios de consolidación.** Este cálculo se realiza normalmente en análisis de TCO y ROI, y representan un factor importante para determinar que plataforma de virtualización se ajusta mejor a las necesidades del *data center*. Al momento de elegir una plataforma de virtualización, es preciso tener en cuenta preguntas como: ¿Qué plataforma de virtualización ofrece menores gastos?, ¿Cuál ofrece *memory overcommit* y *transparent page sharing*?
- f) **Características.** Todas las opciones de tecnologías de virtualización tienen diferentes características entre sí. Aun dentro de cada plataforma, diferentes versiones ofrecen diferentes características. Por ejemplo, VMware ofrece características como *fault tolerance*, *memory overcommit*, Update Manager, vShield, entre otras, propiedades que no están presentes en ningún paquete de Hyper-V.
- g) **Aplicaciones adicionales.** Es importante el saber si el proveedor ofrece aplicaciones adicionales al *hypervisor*, y cuáles son estas. Por ejemplo, Microsoft ofrece System Center Virtual Machine Manager (SCVMM) y App-V. Por su parte, con vCenter VMware ofrece una amplia lista de aplicaciones adicionales, tales como VMware Chargeback, VMware Data Recovery, VMware Site Recovery Manager entre otras.
- h) **Análisis de la industria.** Una ayuda invaluable para esta decisión puede ser la lectura de opiniones neutrales por parte de analistas independientes, así como de los mismos líderes de la industria de la virtualización (VMware, Hyper-V y XenServer). Es recomendable también revisar investigaciones de expertos en TI como Gartner Inc. o Burton Group.

⁴⁴ <https://www.5nine.com/signin.aspx?ReturnUrl=%2fProductRequest.aspx%3fpid%3d1&pid=1>

- i) **Soporte para aplicaciones de terceros.** Si se busca utilizar una aplicación y agregarle funcionalidades, es necesario asegurarse de se pueda hacer. Es muy importante conocer cuántas aplicaciones de terceros están disponibles para determinada plataforma de virtualización, o al menos saber cuáles de las aplicaciones de terceros que se busca implementar en el *data center*, son soportadas por las plataformas que se tiene contemplado analizar. Por ejemplo, existe una gran variedad de aplicaciones compatibles con VMware, pero en el caso de Microsoft Hyper-V la cantidad de aplicaciones soportadas es menor.
- j) **Capacitación del personal.** Es una buena idea investigar sobre la existencia de documentación, tutoriales, blogs, etc., sobre cada una de las plataformas de virtualización analizadas. Aunque la mayoría de las aplicaciones ofrecen cada vez interfaces de administración más intuitivas, siempre será necesario que el personal que se encargara de esta administración esté capacitado para el manejo óptimo de la tecnología que tiene en sus manos. También es necesario conocer si existen certificación, diplomados, cursos o talleres para capacitar al personal para el manejo de las plataformas que se están evaluando. Este tipo de capacitaciones normalmente las ofrece la misma compañía que ofrece el producto, sin embargo puede haber opciones de terceros.

Bill Claybrook, analista de investigación de mercado y presidente de New River Marketing Research, recomienda que "Si su *data center* corre aplicaciones de misión crítica sobre servidores virtualizados, debe considerar seriamente elegir uno de los vendedores de virtualización que tengan una base más sólida: estos son, VMware y Microsoft."⁴⁵ Sin embargo, Claybrook destaca las siguientes excepciones que involucran Oracle y Red Hat:

- Considerar seriamente Oracle VM si se planea implementar varias aplicaciones Oracle. En este caso se obtendrá un mejor desempeño debido a que Oracle integra sus aplicaciones con su plataforma de virtualización.
- Elegir virtualización basada en Red Hat Enterprise Linux en el caso de que el *data center* cuente con una gran cantidad de sistemas Red Hat instalados.

Para Windows, Claybrook recomienda lo siguiente:

- Virtualizar cargas de trabajo Windows utilizando preferentemente Hyper-V o VMware ESX.
- No virtualizar servicios de misión crítica en producción de Windows en plataformas de virtualización basadas en Red Hat Enterprise Linux o en productos Oracle-Sun-Virtual Iron basados en Xen.
- No virtualizar servicios de misión crítica en producción de Linux en Hyper-V. Es recomendable utilizar para este caso, VMware Hyper-V ESX Server, aunque resultaría mucho más costoso que utilizar una plataforma de virtualización diseñada para Linux.

La decisión final de que plataforma elegir deberá depender de la evaluación de todos los factores descritos anteriormente, ya que cada organización y cada proyecto de virtualización de servidores son diferentes.

⁴⁵ CLAYBROOK Bill. *How to choose the right server virtualization software vendor* [en línea].

3.3.2.2 USO DE MÚLTIPLES PLATAFORMAS DE VIRTUALIZACIÓN

Es una realidad que VMware se mantiene como uno de los líderes en el mercado de la virtualización de servidores y que el uso de sus productos en entornos de producción es superior a muchos de los de su competencia, sin embargo, el hecho de que VMware sea percibido de esta forma, no quiere decir que sea la plataforma más apropiada para todas las situaciones. Ya se ha señalado en el primer capítulo de este trabajo, la tendencia en las organizaciones por adoptar soluciones de múltiples vendedores. Existen muchas razones por las que las organizaciones están implementando múltiples plataformas. Puede ser que estén migrando de una plataforma a otra, que necesiten una plataforma alternativa en un departamento en específico, o que requieran una plataforma diferente para cierta aplicación. Ante estas afirmaciones es necesario cuestionarse si es una buena idea pensar en un entorno multi-plataforma y que ventajas o desventajas representa.

Muchas organizaciones están probando otras opciones diferentes a VMware principalmente para reducir costos. La principal competencia de VMware, Hyper-V y XenServer son gratuitas y cada vez ganan más adeptos en el mundo de la virtualización de servidores. Algunas organizaciones están optando por mantener a la plataforma de VMware para los servidores más importantes en producción para aprovechar las tecnologías de alta disponibilidad que ofrece esta plataforma, dejando a los sistemas de baja prioridad corriendo sobre servidores Hyper-V de bajo costo.

Funcionalidades disponibles en una plataforma pueden ser aprovechadas en situaciones específicas, y las cargas de trabajo pueden ser vinculadas con el entorno más apropiado. Por ejemplo, una plataforma basada en sistemas Microsoft puede ser virtualizada completamente dentro del sistema de virtualización de Microsoft, aprovechando todas las características de Microsoft System Center para su administración, mientras que los entornos Linux y Unix (no soportados por Hyper-V) pueden ser colocados en plataformas como VMware o Citrix XenServer.

La implementación de entornos multi-plataformas también presenta algunas desventajas. Diferentes *hypervisors* requieren consolas de administración diferentes y separadas, lo que también representa mayores costos de capacitación del personal, que tiene que especializarse no solo en una plataforma, así como una inversión mayor de tiempo. La interoperabilidad también puede ser un problema, ya que muchos de los *hypervisors* no utilizan los mismo formatos para sus máquinas virtuales, lo que representaría un procedimiento más complejo si se necesitara migrar una máquina virtual de una plataforma a otra.

Sin embargo, la complejidad y los costos que se desprenden de un entorno multi-plataformas podrían ser justificados en base a las necesidades del negocio, pero es extremadamente importante que se entiendan estas necesidades antes de optar por una o por otra plataforma.

3.3.2.3 LICENCIAS

Uno de los conceptos más difíciles de manejar cuando se está trabajando en un proyecto de virtualización es el manejo de licencias de *software*. A diferencia de los recursos físicos como servidores, dispositivos de red, y *hardware* en general, el *software* tiene propiedad intelectual. Aunque se compren los discos de instalación y los manuales dentro de una caja, en realidad la organización no es propietaria del *software*, sino que

simplemente adquiere un acuerdo limitado para instalar y usar la aplicación. Este acuerdo es la licencia de *software*.

Una licencia de *software* otorga derechos limitados para utilizar la aplicación, pero también impone restricciones y advierte de penalizaciones cuando el comprador incurre en violaciones a la licencia. Inevitablemente, el rápido crecimiento de *data centers* virtuales no ha hecho más que complicar los conceptos de construcción y manejo de licencias.

La tecnología avanza rápidamente y el *hardware* evoluciona constantemente, sin embargo, los conceptos relacionados con el licenciamiento de *software* no han sido actualizados al ritmo de estos cambios. Tradicionalmente el *software* era licenciado por procesador, por lo que solo bastaba con comprar el número de licencias de acuerdo con el número de procesadores en los que se planeaba ejecutar la aplicación. Sin embargo, el surgimiento de procesadores multi-core representa un primer problema para el manejo de licencias de *software*, ya que un solo dispositivo montado sobre una tarjeta madre puede tener ahora dos, cuatro, ocho, o más procesadores completamente funcionales e independientes.

El manejo de licencias puede ser confuso para el usuario en estos casos, ya que mientras este percibe al procesador como el *chip* entero, aun cuando este cuenta con más de un núcleo, los vendedores de *software* pueden percibir cada núcleo como un procesador independiente en el *chip*.

La virtualización complica aún más el licenciamiento de *software* debido a que las aplicaciones no acceden directamente al *hardware* del servidor. Recursos como procesadores, memoria, y dispositivos de red, son presentados ante la aplicación como entidades virtuales que pueden ser compartidas, escaladas o movidas en cualquier momento. La flexibilidad que ofrece la virtualización hace extremadamente difícil el cuantificar el uso del procesador que hacen las máquinas virtuales. Con relación a esto, Amy M. Konary, director de investigación de licenciamiento y aprovisionamiento de software de IDC, afirma, "El licenciamiento no se acomoda a escenarios dinámicos como este,"⁴⁶ refiriéndose a la virtualización.

De acuerdo con Konary, la confusión en el manejo de licencias de *software* que genera la virtualización desencadena varios tipos de violaciones a los acuerdos de licencia. El primero de ellos es la sobreutilización, en donde la aplicación es ejecutada en más procesadores que los que permite la licencia, esto incluye a procesadores multi-núcleo.

El segundo problema es la sobreimplementación, en donde una máquina virtual ejecutando la aplicación en cuestión, es duplicada para crear más máquinas virtuales, lo que genera copias de *software* que la licencia no contempla.

El tercer problema de violación de licencia puede ocurrir en la migración de máquinas virtuales, en donde el mover la máquina virtual de un servidor a otro con diferentes recursos de procesador puede romper el acuerdo de licencia de *software* cuando contiene restricciones de movilidad.

Contemplando esto, algunos vendedores de *software* están cambiando sus políticas de licencias, tradicionalmente definidas por procesador o por servidor, adoptando nuevas estrategias como el licenciamiento por usuario. Las licencias de *software* por usuario también están siendo adoptadas en aplicaciones alojadas, como las que ofrecen el *Software* como Servicio y el *Cómputo en la Nube*.

⁴⁶ BIGELOW Stephen J. *Software licensing challenges: How virtualization obscures CPU usage* [en línea].

3.3.2.3.1 COMPARACIÓN DE LICENCIAS ENTRE HYPERVISORS

Cada vendedor de plataformas de virtualización tiene un enfoque diferente para el manejo de licencias de *software*, lo que puede hacer las cosas más confusas para el comprador. Algunos ofrecen *hypervisors* gratuitos pero cobran por las herramientas de administración, mientras que otros cobran por procesador físico o por el número de máquinas virtuales. A continuación se hace un análisis comparativo de la forma en que los principales proveedores de plataformas de virtualización manejan sus licencias.

VMware

VMware maneja las licencias para su plataforma vSphere por procesador y requiere una licencia aparte para vCenter Server, su consola de administración. La compañía también requiere un contrato de soporte y de suscripción anual. Tanto el *hypervisor* como las herramientas de administración pueden ser adquiridas en diferentes ediciones para ajustarse con las necesidades y tamaño de la organización.

Los productos de VMware para pequeñas y medianas empresas ofrecen ESX o ESXi para hasta tres servidores con dos procesadores, donde cada procesador no debe tener más de seis núcleos. Grupos de más de tres servidores con esta licencia no pueden ser administrados en el mismo *cluster* de vCenter. No hay limitantes para el número de máquinas virtuales que pueden ejecutarse sobre un servidor con ESXi.

Todas las ediciones empresariales de vSphere manejan licencias por procesador, donde cada procesador puede tener hasta seis o hasta doce núcleos, dependiendo de la edición. VMware no establece restricciones en cuanto al número y tipo de máquinas virtuales que pueden ser alojadas en un servidor, pero si requiere la compra de por lo menos un año de SnS por licencia.

Microsoft

Microsoft maneja un enfoque distinto para las licencias de su plataforma de virtualización Hyper-V. Esta plataforma, como ya se ha mencionado en el segundo capítulo de este trabajo, puede ser obtenida en su versión *standalone* de manera gratuita, o como parte de la licencia de Windows Server 2008 o Windows Server 2008 R2, como un rol. Algunas herramientas de administración también se pueden obtener de forma gratuita, sin embargo Microsoft cobra por algunas otras herramientas encontradas en Systems Center Operations Manager y Systems Center Virtual Machine Manager. Técnicamente, Microsoft Hyper-V no requiere Client Access Licenses (CALs), sin embargo todos los sistemas operativos virtualizados que son alojados en Microsoft Hyper-V Server 2008 R2 si requieren.

Dado que Hyper-V está incluido como un rol más de Windows Server 2008 y Windows Server 2008 R2, es preciso comentar un poco acerca del manejo de licencias para las diferentes ediciones del sistema operativo. Windows Server 2008 R2 Standard Edition y Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition se licencian por servidor, mientras que Windows Server 2008 R2 Data Center Edition se licencia por procesador físico (no por número de núcleos).

Citrix

Para muchas organizaciones de TI, Citrix representa una alternativa bastante rentable frente a la opción de VMware, vSphere, además de incluir algunas características que no incluye Microsoft Hyper-V R2. Bajo la política de licencia de XenServer, la compañía también ofrece XenCenter y *live migration*.

Citrix XenServer está disponible en tres ediciones: Advanced Edition que es la más básica dentro de la oferta de esta plataforma de virtualización, Enterprise Edition y Platinum Edition. Para todas sus ediciones Citrix maneja licenciamiento por servidor, el cual es independiente del número de procesadores o núcleos con que cuente el equipo donde se desea instalar.

En la **Tabla 3.9** se hace un análisis comparativo del tipo de licenciamiento que ofrecen las plataformas de virtualización de los tres principales competidores en el mercado.

Tabla 3.9. Tipos de licenciamiento ofrecido por las principales plataformas de virtualización.

Plataforma de virtualización	Licenciamiento por procesador	Número máximo de procesadores por licencia	Número máximo de núcleos por procesador	Licenciamiento por servidor	Número máximo de servidores por licencia	Número máximo de máquinas virtuales por licencia
VMware vSphere	Si	1	12	No	N/A	Ilimitado
VMware ESXi	No	2	6	Si	3	Ilimitado
Windows Server 2008 R2 Data Center Edition	Si	1	Ilimitado	No	N/A	Ilimitado
Windows Server 2008 R2 Enterprise Edition	No	N/A	Ilimitado	Si	1	Ilimitado
Windows Server 2008 R2 Standard Edition	No	N/A	Ilimitado	Si	1	Ilimitado
Citrix XenServer Platinum Edition	No	N/A	Ilimitado	Si	1	Ilimitado
Citrix XenServer Enterprise Edition	No	N/A	Ilimitado	Si	1	Ilimitado
Citrix XenServer Advanced Edition	No	N/A	Ilimitado	Si	1	Ilimitado

3.3.3 RECURSOS HUMANOS

Un factor muy importante a considerar en un proyecto de virtualización es el humano. Hasta el día de hoy, sin importar lo avanzado de las herramientas de administración, o de las mismas plataformas de

virtualización, es aun necesaria la presencia del personal que se encargue de gestionar dichas herramientas y sistemas. En el capítulo anterior de este trabajo ya se han analizado los cambios en la estructura del departamento de TI propiciados por la adopción de una estrategia de consolidación de servidores, destacando la tendencia de cada equipo, dentro de este departamento, a trabajar de una manera más cercana, e incluso provocando que los límites y alcances de cada rol se tornen difusos. Durante la etapa de Evaluación de un proyecto de virtualización se deben contemplar no solo los factores técnicos, sino también los relacionados con los recursos humanos para el nuevo *data center*, por lo que la identificación del perfil adecuado para los integrantes de cada uno de los equipos de trabajo que se encargaran de administrar la infraestructura de virtualización, es un paso al que debe prestársele la atención debida.

El crecimiento vertiginoso en la adopción de tecnologías de virtualización ha dado como resultado que las organizaciones requieran nuevas características en sus recursos humanos, profesionales que sean capaces de diseñar nuevas clases de arquitecturas, manejar nuevas herramientas e interpretar nuevos resultados. Sin embargo, algunas organizaciones no se dan cuenta que las tecnologías de virtualización requieren habilidades más especializadas. Estas organizaciones continúan utilizando los mismos criterios de selección de personal que utilizaban con arquitecturas tradicionales, sin tomar en cuenta que los sistemas virtuales son más que sistemas operativos y aplicaciones.

El mundo del cómputo exige muchas veces profesionales muy especializados en una sola tecnología, sin embargo, los entornos virtuales requieren más. Los proyectos de virtualización actuales involucran numerosos aspectos de almacenamiento, redes y seguridad que necesitan ser tratados cuidadosamente, y esto es aplicable, tanto para implementaciones completamente nuevas, como para migraciones de servidores físicos ya existentes.

El mercado demanda que los profesionales en virtualización sean altamente competentes en muchas disciplinas. Estos deben ser capaces de identificar las diferencias entre las principales tecnologías, tales como arquitecturas de almacenamiento, por ejemplo Storage Area Network (SAN) y Network-Attached Storage (NAS); configuraciones de red, como Gigabit Ethernet e InfiniBand; esquemas de autenticación, como Radius y LDAP; y diferencias entre *rack servers* y *blade servers*.

Debido a que la virtualización involucra consolidación física, las organizaciones deben de diseñar e implementar cuidadosamente infraestructuras confiables. Un experto en virtualización debe ser capaz de proporcionar soluciones de alta disponibilidad además de poder determinar el impacto de cada enfoque sobre la red, sobre los sistemas operativos, y sobre las aplicaciones, dentro del *data center*. También, los profesionales de virtualización tienen que manejar diferentes tecnologías de *backup*, entendiendo como impactan estas en el desempeño y disponibilidad de las máquinas virtuales, además de definir qué producto de virtualización funciona mejor con alguna solución de terceros determinada. Las limitantes en las plataformas de virtualización también demandan habilidades específicas de los profesionales de virtualización. Estos deberán de ser capaces de solventar dichas limitantes o de agregar nuevas características a los sistemas haciendo uso de lenguajes de programación.

Las habilidades y conocimientos mencionados, en conjunto con algunos otros, son indispensables para que la administración de un entorno de virtualización sea óptimo, por lo que es importante que el área de reclutamiento se adapte a las nuevas necesidades del mercado y sepa identificar estas características en el personal de TI que se piensa contratar. Para el personal que ya se encuentra laborando dentro de la organización es fundamental el mantenerse actualizado en materia de virtualización. Para administradores que apenas se están iniciando en tecnologías de virtualización podría ser recomendable el tomar cursos y

certificaciones relacionadas con la tecnología que se desea implementar; muchas veces para personas que ya cuenten con experiencia en esta área, podría ser suficiente el asistir a conferencias o talleres para mantenerse al día, esto lo determinará las necesidades de cada entorno.

Existen varias opciones de certificaciones genéricas para muchos campos de TI, como las redes de datos o los sistemas operativos, sin embargo la virtualización no tiene una oferta de certificaciones muy amplia e independiente de la industria todavía. En su lugar, cada vendedor ofrece sus propios programas de certificaciones. A continuación se presentan algunas de las certificaciones más solicitadas ofrecidas por los principales proveedores de tecnologías de virtualización.

VMware

Existen varias certificaciones ofrecidas por VMware. La más básica de ellas es la VMware Certified Professional (VCP), la cual avala conocimientos de cómo manejar VMware vSphere. Para obtener esta certificación es necesario tomar un curso de entrenamiento y aprobar el examen de VCP.

El siguiente nivel de certificación que ofrece esta empresa es el VMware Certified Advanced Professional (VCAP), el cual cuenta con dos versiones diferentes: Datacenter Administration y Datacenter Design. Para obtener esta certificación, es necesario tener la certificación VCP y aprobar un examen. No hay curso de entrenamiento para esta certificación de virtualización.

La más avanzada de las certificaciones de VMware es la VMware Certified Design Expert (VCDX). Para obtener esta certificación es necesario primero, aprobar tanto el examen de la VCP como el de la VCAP. Después, es necesario aplicar por la VCDX y defender exitosamente un proyecto de diseño de *data center*.

Microsoft

Las certificaciones sobre virtualización de Microsoft son parte de su sistema de certificación Microsoft Certified Systems Engineer (MCSE) y Microsoft Certified IT Professional (MCITP). Es posible obtener estas certificaciones mediante la obtención de una o más certificaciones de especialización, llamadas Microsoft Certified Technology Specialist (MCTS).

Actualmente, la más alta certificación para virtualización que ofrece Microsoft es la MCITP: Windows Server 2008 R2, Virtualization Administrator, la cual se alcanza a través de la obtención previa de dos certificaciones de especialización y la realización de un examen para acreditar la certificación. Para las certificaciones de especialización se deben de aprobar los exámenes 70-669 (TS: Windows Server 2008 R2, Desktop Virtualization), y elegir entre el 70-659 (TS: Windows Server 2008 R2, Server Virtualization) y el 70-652 (TS: Windows Server Virtualization, Configuring). El examen para acreditar la certificación es el 70-693 (Pro: Windows Server 2008 R2, Virtualization Administrator).

Citrix

El sistema de certificaciones de Citrix tiene un enfoque similar al de VMware. El nivel de certificación de virtualización más básico es el Citrix Certified Administrator (CCA), el cual prueba que se poseen conocimientos para instalar, dar mantenimiento, y administrar Citrix XenServer 5.x. Para obtener esta certificación es necesario aprobar un examen sin la necesidad de tomar algún curso de capacitación.

El siguiente nivel de certificaciones de Citrix es el Citrix Certified Enterprise Engineer (CCEE). El primer paso para obtener esta certificación es certificarse en Citrix XenApp, XenServer y XenDesktop. Posteriormente, es necesario aprobar dos exámenes y aceptar el acuerdo de certificación de virtualización.

La más alta de las certificaciones de Citrix es la Citrix Certified Integration Architect (CCIA), la cual es el siguiente paso para administradores con una certificación CCEE, que tienen experiencia en el mundo real diseñando infraestructuras de virtualización dinámicas. Es necesario realizar un examen para obtener esta certificación.

Red Hat

A pesar de que su participación en el mercado no ha sido tan significativa como la de las empresas antes mencionadas, Red Hat Enterprise Virtualization (RHEV) cuenta con el soporte de la comunidad del código abierto, un apoyo crucial para que Red Hat pueda crecer en el mercado de la virtualización. Para aquellos que trabajan con RHEV, y que usan *hypervisors* basados en *kernel*, la certificación Red Hat Certified Virtualization Administrator (RHCVA) es una buena opción. Para obtener esta certificación es necesaria la realización de un examen práctico de medio día (EX318).

Terceros

Vendedores de soluciones de virtualización no son las únicas organizaciones que ofrecen certificaciones. Existen algunas otras opciones como por ejemplo, VMTraining, una organización que se dedica a la capacitación en materia de virtualización, ofrece la certificación Certified Virtualization Expert (CVE), la cual está enfocada en VMware, además de la certificación Certified Virtualization Security Expert (CVSE).

La capacitación del personal que administrará la arquitectura de virtualización o la contratación de personal que ya cuente con las competencias necesarias para manejar un *data center* virtualizado, dependerán principalmente de las necesidades y del presupuesto de la organización. Para organizaciones pequeñas y medianas podría ser conveniente capacitar a sus recursos humanos de manera paulatina, mientras que organizaciones con presupuestos más grandes tienen más posibilidades de capacitar de manera conjunta a todos sus administradores, o incluso contratar más personal con experiencia en el campo de la virtualización. Si se piensa capacitar al personal con que ya cuenta el área de TI, es necesario contemplar la experiencia previa de los administradores, así como la plataforma de virtualización y herramientas de administración que se van a manejar. La **Tabla 3.10** puede ser utilizada como referencia para determinar el tipo de capacitación que requieren los administradores en materia de virtualización.

Tabla 3.10. Relación entre los recursos humanos y la capacitación requerida

Plataforma de virtualización o herramienta de administración	Número de administradores responsables	Nivel de experiencia de los administradores	Certificación o capacitación	Requisitos de la certificación o capacitación	Costo de la certificación o capacitación

3.3.4 MANTENIMIENTO

El mantenimiento del *data center* necesariamente tendrá que cambiar al implementar una arquitectura de virtualización de servidores. La virtualización permite la configuración de nuevos servidores virtuales en una fracción del tiempo que suponía su contraparte física, posibilitando el despliegue de sistemas operativos preconfigurados en máquinas virtuales, de una manera centralizada y con una mínima intervención por parte del administrador.

En lugar de instalar nuevo *hardware* físico, es posible asignar *hardware* virtual; como discos duros, memoria RAM, tarjetas de red, etc.; de una manera sencilla y sin necesidad de apagar el servidor virtual. Esto implica, como ya se había mencionado en el capítulo anterior de este trabajo, un mejor aprovechamiento de los recursos y sistemas, un manejo eficiente de la energía y reducción de costos de *hardware*.

Las herramientas de administración que ofrecen los proveedores, y que pueden ser integradas directamente con la plataforma de virtualización, cambian la forma de dar mantenimiento a la infraestructura de red, logrando una visión consolidada no solo de los sistemas virtuales, sino también de los físicos, simplificando el monitoreo de rendimiento, el escaneo de vulnerabilidades, y la administración de actualizaciones, entre muchas otras cosas.

Es necesario no perder de vista los ajustes que hay que realizar derivados del cambio en la administración y mantenimiento del *data center*, que implica el trabajar con soluciones de virtualización. Esta tecnología facilita la migración de servidores de un equipo a otro, reduciendo el tiempo de inactividad que implicaba migrar un equipo físico. Sin embargo, es preciso definir las estrategias de migración y periodos de inactividad para mantenimiento (tanto de los equipos físicos como virtuales). Estos periodos de inactividad, aunque se reducen considerablemente, no pueden eliminarse del todo, y pueden deberse a diversos factores como la actualización del equipo, la instalación de nuevo *hardware* en el servidor físico, configuraciones y cambios en la red, o la instalación de la nueva versión de un sistema. La alta disponibilidad que ofrece la virtualización debe ser aprovechada al máximo para definir una estrategia de mantenimiento adecuada para la infraestructura de TI de la organización.

3.4 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA

Hasta este punto del proceso de consolidación de servidores a través de la virtualización, se ha realizado un análisis del entorno de TI de la organización, y a partir de este y de los objetivos del proyecto, se ha planeado y diseñado la infraestructura de servidores virtuales para el *data center*. La siguiente etapa en un proyecto de virtualización sería la de implementación a partir de lo planeado. Este punto podría parecer la última fase del proyecto, y técnicamente lo es, sin embargo existen una serie de actividades que deberán contemplarse una vez que la arquitectura de virtualización haya sido implementada por completo.

3.4.1 IMPLEMENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA DE VIRTUALIZACIÓN

Una vez que todas las etapas previas se han completado de una manera satisfactoria, el siguiente paso es el de la implementación de la arquitectura virtual en el entorno de producción de la organización. Al partir de contextos, requerimientos, necesidades y objetivos diferentes, la fase de implementación variará radicalmente para cada organización y para cada proyecto. A continuación se comentan algunas consideraciones aplicables a cualquier proyecto de virtualización en su fase de implementación.

- a) **Instalación del entorno de virtualización.** Esta fase comprende la instalación de servidores, la instalación de la plataforma de virtualización seleccionada previamente, la instalación de la plataforma de administración, si es que se ha contemplado alguna, y finalmente la adición de los equipos virtuales a la plataforma de administración.
- b) **Configuración del entorno de virtualización.** Esta fase incluye la configuración de servidores, asignación de direcciones IP (estáticas o dinámicas), así como la configuración de la red de datos y la configuración de VLANs en caso de que sea necesario.
- c) **Aseguramiento del entorno de virtualización.** Durante esta fase se incluye la creación de directivas de seguridad, por ejemplo, el manejo y complejidad de las contraseñas con privilegios de administrador, o la creación de grupos para la delegación de responsabilidades y limitación de privilegios. También es importante durante esta etapa la instalación y configuración de herramientas de seguridad tanto en las máquinas virtuales como en la arquitectura de red, como por ejemplo *software* antivirus, *firewalls*, Intrusion Detection Systems (IDSs) o Intrusion Prevention Systems (IPSs); tomando las consideraciones apropiadas para cada caso, dada la necesidad de adaptación y la complejidad asociada a la instalación y configuración de estas herramientas en entornos virtuales.
- d) **Población del entorno de virtualización.** Durante esta fase se lleva a cabo la adición de nuevas máquinas virtuales a la infraestructura virtual, ya sea mediante la instalación de sistemas operativos sobre las máquinas virtuales recién creadas o mediante la conversión de servidores físicos a sistemas virtuales, a través de la utilización de herramientas Physical to Virtual (P2V).
- e) **Monitoreo del entorno de virtualización.** Durante esta fase, se pretende definir una estrategia de monitoreo de toda la arquitectura de virtualización. Las plataformas de virtualización proporcionan herramientas básicas de monitoreo predeterminadas que pueden facilitar esta labor, sin embargo, será probablemente necesaria la adquisición de herramientas más potentes que proporcionen más información acerca del estado del *data center*. Estas herramientas más sofisticadas pueden ser proporcionadas por la misma compañía de la plataforma de virtualización, o incluso podrían ser adquiridas a partir de terceros.

- f) **Mantenimiento del entorno de virtualización.** Para esta fase es precisa la utilización de herramientas que faciliten la actividad de mantenimiento de los sistemas, no solo de los virtuales, sino también de los físicos. La principal tarea de la fase de mantenimiento es la actualización de los sistemas. Para tal fin existen herramientas como Update Manager incluida en vSphere de VMware o System Center Configuration Manager de Microsoft.
- g) **Copia de seguridad del entorno de virtualización.** De la misma forma que en servidores físicos, la realización de copias de seguridad de servidores virtuales es un asunto de suma importancia. Por tal motivo es necesario diseñar una estrategia de realización de copias de seguridad apropiada, que contemple las herramientas más adecuadas para realización de respaldos en un entorno donde conviven servidores físicos y servidores virtuales.
- h) **Educación y documentación.** Es importante documentar configuraciones, procedimientos y tareas comunes relacionados con la nueva infraestructura virtual. Aunque para algunos administradores no sea evidente la diferencia, el manejo y solución de problemas asociados a servidores virtuales es diferente en comparación con su contraparte física. Entrenamiento y capacitación son factores que ayudaran en gran medida para que los administradores puedan entender el cambio de enfoque, y de esta forma puedan realizar las mismas tareas que realizaban anteriormente, pero ahora dentro de un entorno virtual.

3.4.2 CONSIDERACIONES POSTERIORES A LA CONSOLIDACIÓN

Completar la consolidación de servidores no es el paso final en un proyecto de virtualización. La consolidación debe estar inmersa en un proceso de mejora continua que requiere un monitoreo constante de los recursos en el *data center* una vez que se ha completado la etapa de implementación y que la arquitectura de virtualización se encuentra en producción. Es necesario dar seguimiento al comportamiento de los recursos, ya sea físicos o virtuales, pero además, es importante medir la eficiencia y estabilidad del *data center*, así como el consumo de energía del mismo, para de esta forma dar seguimiento al éxito del proyecto, y realizar ajustes, de ser necesario.

3.4.2.1 TAREAS CRÍTICAS POSTERIORES A LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Como se ha mencionado, existen actividades a realizar al terminar con el proceso de virtualización de servidores. Es probable que la parte más compleja del proyecto haya sido superada, sin embargo, existen algunos aspectos que demandan atención al término de la consolidación, como pueden ser el manejo de actualizaciones y parches de seguridad, la realización de copias de seguridad y la prevención de una expansión descontrolada de máquinas virtuales.

Aunque parezca intrascendente, es importante deshacerse de todos los viejos servidores que ya no entran en planes para ser utilizados en el *data center*. Puede resultar tentadora la idea de asignarles nuevas tareas a estos servidores, sin embargo, es preciso recordar que uno de los principales motivos para adoptar a la virtualización en la organización, es el de reducir los costos asociados con el consumo de energía y el sistema de enfriamiento, aspectos que no son favorecidos por el uso de servidores antiguos que tienen asociado un alto consumo de energía. La selección de qué servidores son aptos para la nueva configuración del *data center* dependerá de las necesidades y de los recursos de cada organización, sin embargo, siempre será

recomendable la utilización de servidores diseñados para cubrir los requerimientos de las plataformas de virtualización y que permitan un mejor manejo del consumo de energía eléctrica.

El manejo de actualizaciones y de parches de seguridad ya era un reto dentro de una arquitectura conformada únicamente por servidores físicos. La virtualización podría complicar un poco más este tema si no se maneja de manera apropiada. Es necesario determinar fechas y horarios regulares para la aplicación de actualizaciones y parches, tanto para los servidores huéspedes como para los anfitriones. Cabe destacar que el manejo de las actualizaciones en los servidores anfitriones o físicos, deberá de ser planeado de forma diferente a la de los sistemas virtuales, ya que los servidores físicos, al ser reiniciados a petición de la instalación de una actualización, inevitablemente dejarán fuera de servicio a los servidores que estos alojan. El uso de herramientas, *scripts* y configuraciones apropiadas serán de gran ayuda para solventar este problema, aunado al diseño de procedimientos de actualización de equipos que contemplen tiempos de inactividad asociados con los reinicios de equipos, así como el impacto en el proceso de negocios de la organización provocado por la inactividad de determinado servidor.

Las máquinas virtuales no son un activo físico, y pueden ser creadas fácilmente por los administradores. Muchos de estos administradores perciben a las máquinas virtuales como servidores que pueden crear y eliminar según se requiera, y que no representan ningún costo para la organización. Desafortunadamente, los servidores virtuales no son gratis. Cada máquina virtual tiene asociado un consumo de recursos determinado. Además el manejo de licencias, como ya se ha visto previamente en este capítulo, es un aspecto que es necesario considerar al crear una nueva máquina virtual, y que también representa un gasto para la organización. La gestión inadecuada de la creación de sistemas virtuales puede traer como consecuencia una expansión descontrolada de estas en el *data center*, lo que puede derivar en el desaprovechamiento de recursos de cómputo y la generación de cuellos de botella que podrían tener un serio impacto en el funcionamiento de todas las máquinas virtuales. Si esto ocurre, muy probablemente sería necesaria la adquisición de nuevos servidores, lo que representaría un gasto más para la organización.

Existen algunas opciones para prevenir esta expansión descontrolada. La opción más sencilla es la creación de procedimientos de solicitud de un servidor virtual. Estos procedimientos deberán establecer bajo qué condiciones se puede solicitar la creación de una máquina virtual y quiénes son los administradores que pueden crearlas. Debe existir una justificación para que un servidor virtual sea creado, del mismo modo en que se debe de justificar la adquisición de un nuevo servidor físico.

Otra tarea crítica que se debe considerar una vez finalizada la consolidación, es la definición de un procedimiento de realización de copias de seguridad de los servidores virtuales. Es muy probable que ya se cuente con una estrategia para realizar copias de seguridad de servidores físicos, y que los mismos sistemas operativos cuenten con herramientas propias para concretar esta tarea, sin embargo, estas estrategias a menudo son ineficientes y consumen demasiado tiempo al aplicarse a entornos virtuales. Los métodos tradicionales normalmente hacen un uso intensivo de recursos sobre el servidor físico y pueden impactar negativamente en el funcionamiento de las máquinas virtuales que sobre este se alojan. Es recomendable la utilización de herramientas de administración diseñadas para la realización de copias de seguridad dentro de entornos virtuales, las cuales a menudo forman parte de las plataformas de administración que ofrecen los proveedores de tecnologías de virtualización, o pueden ser adquiridas como una extensión de estas. Existen también métodos alternativos para respaldar máquinas virtuales, como el copiado o replicación de los archivos de sus discos duros en otros servidores o dispositivos de almacenamiento.

Las herramientas de administración tradicionales podrían no funcionar de manera efectiva en entornos virtuales debido a que no son conscientes de la capa de virtualización sobre la que está ejecutándose la máquina virtual. Como resultado, muchas métricas de rendimiento de las máquinas virtuales podrían no ser exactas debido a que los productos no están diseñados para trabajar sobre entornos virtuales. Es muy importante tener siempre presente que se está trabajando sobre una arquitectura de virtualización, por lo que se debe tener en cuenta qué ocurre con la capa de virtualización. Es recomendable la utilización de herramientas de monitoreo de rendimiento y de administración, que estén diseñadas para funcionar en entornos virtuales, estas pueden estar integradas en las herramientas para administración centralizada de la misma plataforma de virtualización, o podrían utilizarse herramientas de terceros para este fin, que den el trato apropiado tanto a los servidores físicos como a los virtuales. Lo anterior también aplica a la red de datos de la organización, ya que las redes virtuales con frecuencia no pueden ser administradas con herramientas de administración de redes tradicionales. Existen en el mercado varias opciones disponibles diseñados para trabajar con redes virtuales que son capaces monitorear y proteger dispositivos de red virtuales.

Otro aspecto crítico a considerar, se trate o no de un entorno virtualizado, es la seguridad. A diferencia de lo que se podría pensar en primera instancia, la seguridad debe de partir de un apropiado diseño de políticas, las cuales definen la forma en que deben de realizarse las cosas dentro del *data center*, que deben contemplar los procedimientos apropiados para cada actividad, cómo se debe de actuar en determinados escenarios, e incluso las sanciones aplicables para una violación a dichas políticas.

El evitar accesos no autorizados a los servidores virtuales es un asunto que debe de ser tratado con la debida importancia. Hay que recordar que un solo servidor físico aloja a más de un servidor virtual, por lo que si este llegara a ser comprometido, podría provocar que los servidores huéspedes también lo fueran. Un análisis de vulnerabilidades programado y periódico, aplicado a la red y a los servidores (físicos y virtuales), es una forma de conocer el estado de la seguridad en la organización para de esta forma mitigar las vulnerabilidades detectadas, reduciendo así la superficie de ataque y evitando muchos de estos accesos no autorizados a los sistemas. Existen una gran variedad de herramientas que permiten la realización de este tipo de análisis, muchas de estas incluso son *software* libre. La realización de este tipo de pruebas debería de estar a cargo del área de seguridad de la información de la organización. Sin embargo, no todas las organizaciones cuentan con un área específica dedicada exclusivamente a la seguridad, por lo que esta tarea recaería en algún equipo de administradores que tenga la capacidad de realizar un análisis con estas características. Otra opción para solventar la falta de un equipo de seguridad de la información, es la contratación de los servicios de una organización que se dedique a dicha rama. La decisión dependerá de las necesidades y de los recursos humanos con que cuente la organización, y también del presupuesto que esta designe para asegurar su infraestructura.

Otro aspecto ligado a la seguridad, y que no siempre se trata de la forma más adecuada, es el análisis de *logs* o bitácoras de seguridad. Estos archivos pueden arrojar información de mucha utilidad sobre accesos no autorizados a la red o a algún servidor o en particular, además de registrar intentos fallidos de acceso, los cuales podrían ser de gran ayuda para detectar posibles intentos de intrusión. De igual forma que con las herramientas para escaneo de vulnerabilidades, existen algunas también para facilitar el análisis de bitácoras.

Finalmente, si ya se ha concretado la consolidación se debería continuar buscando nuevas formas de aprovechar la inversión realizada. Si el alcance del proyecto de virtualización contempló solo una parte del total de servidores en el *data center*, sería una buena idea continuar con la consolidación de los servidores

restantes, partiendo de un proyecto similar al que se acaba de concretar. Otra forma de sacar el máximo provecho de la inversión realizada es asegurando que los recursos de los servidores físicos sean utilizados al máximo, reservando siempre una cantidad adecuada de estos recursos de manera preventiva, en caso de que se presente una falla y se necesite disponer de estos. Eric Siebert, profesional de TI y moderador en foros de de la VMware Technology Network (VMTN), afirma que “Usted debe de tratar de utilizar al menos el 70% de la capacidad de sus servidores. Cualquier cosa por debajo de este porcentaje y usted estaría anulando el propósito de la virtualización, que consiste en utilizar todos los recursos disponibles en un servidor y minimizar su desperdicio.”⁴⁷

Como se puede observar, no todo termina después de concretar la consolidación de servidores a través de la virtualización. Existen una serie de tareas críticas que se deberán de seguir realizando, de una manera planeada, para mantener al data center funcionando apropiadamente, logrando además que se maximice el Retorno de Inversión.

⁴⁷ SIEBERT Eric. *Eight critical tasks to complete after server virtualization* [en línea].

Capítulo

4

Estudio de caso: Facultad de Ingeniería, UNAM

Dar el ejemplo no es la principal manera de influir sobre los demás; es la única manera.
Albert Einstein

4.1 ANTECEDENTES

Hasta este punto se ha estructurado un marco teórico alrededor de la virtualización de servidores, formado a partir de conceptos generales y de los beneficios que esta tecnología ofrece. Por otra parte, en el capítulo anterior se presenta una propuesta estratégica para la adopción de una solución de consolidación de servidores en un entorno organizacional. Para concluir, en este capítulo se presenta el estudio de caso de un proyecto real de consolidación de servidores a través de la virtualización, el cual servirá para ilustrar algunas de los conceptos y estrategias propuestos a lo largo de este trabajo. Este trabajo de titulación a su vez, ha servido como contexto teórico al proyecto presentado en este estudio de caso, siendo adoptadas algunas de sus propuestas para fundamentar la planeación estratégica del proyecto descrito en el presente capítulo.

La Facultad de Ingeniería de la UNAM es reconocida ampliamente por el nivel académico de sus estudiantes y profesores, por su trascendencia en el ámbito universitario, pero sobre todo, por su valiosa contribución al crecimiento de la sociedad. Tiene como misión la de formar de manera integral recursos humanos de ingeniería, realizar investigación acorde con las necesidades de la sociedad, y difundir ampliamente la cultura nacional y universal.

Para lograrlo, la Facultad de Ingeniería requiere de la infraestructura tecnológica e informática que le permita mantener y fortalecer la calidad de sus servicios académico-administrativos y de investigación, mediante el mejor aprovechamiento de los recursos de cómputo y económicos con los que esta cuenta.

Los *data centers* en la Facultad de Ingeniería, y la gestión de los mismos, deberán evolucionar conforme a las mejores prácticas en TI, buscando ser proactivos ante las problemáticas actuales. El proyecto *Servicio de Alojamiento de Servidores Institucionales*, presentado en 2008 por la Unidad de Servicios de Cómputo Académico (UNICA), propone una estrategia para trasladar dinámicamente las tecnologías de la información hacia un nuevo paradigma en la gestión de los recursos orientados a servidores.

La Unidad de Servicios de Cómputo Académico, a través de este proyecto, propone la consolidación de servidores institucionales para hacer eficiente el uso de los recursos económicos orientados al rubro de servidores. La consolidación permitirá a la institución ser más eficaz en la atención a las diversas áreas de la Facultad, además de aprovechar al máximo los recursos informáticos a través de una gestión centralizada.

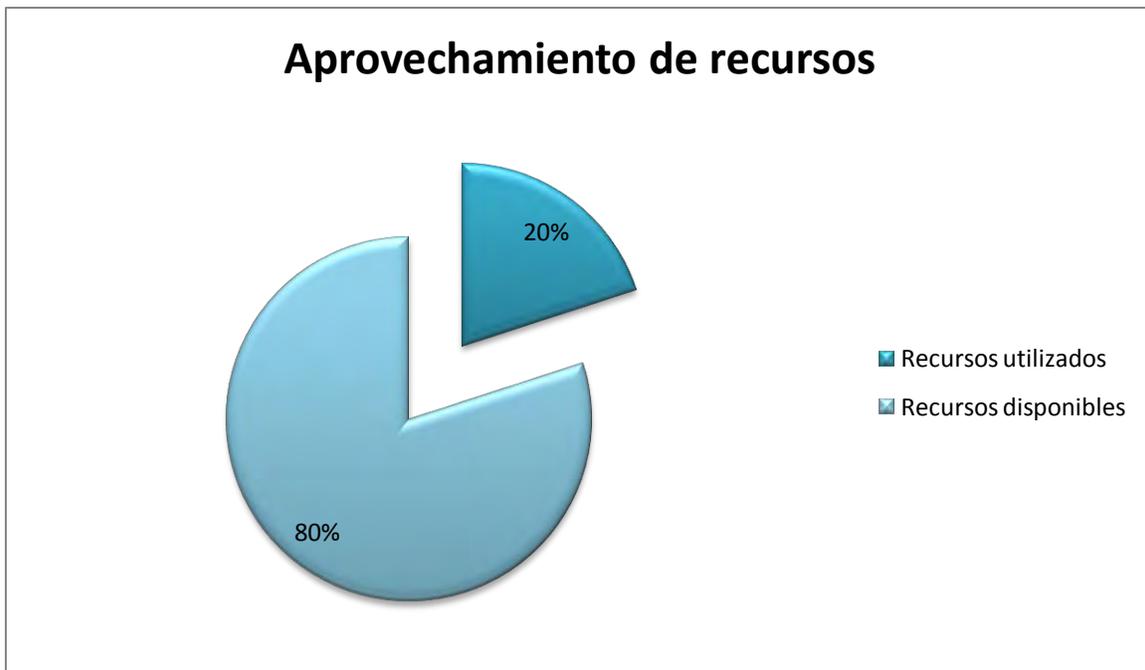
4.2 EL RETO

Hasta 2008, Facultad de Ingeniería enfrentaba la siguiente problemática en materia de servidores:

- Regularmente se aloja un solo servicio por servidor, aprovechando solo un promedio del 20% del total de recursos físicos (procesador, memoria, almacenamiento y dispositivos de entrada/salida) que este ofrece. La **Gráfica 4.1** ilustra este comportamiento.
- Complejidad de los requerimientos físicos de un servidor. Los desarrollos y servicios en la Facultad son muy diversos en cuanto a demanda de *hardware* y plataformas de programación.
- Déficit en la cantidad de servidores que se requieren para atender las necesidades de todas las áreas de la Facultad. El *Censo de necesidades de equipo de cómputo* levantado en diciembre de 2008 indica que el 31% del presupuesto solicitado para la adquisición de equipos se refiere

únicamente a servidores o estaciones de trabajo. Con la asignación presupuestal de la partida 514 del año 2008 únicamente se adquirieron dos.

- Los costos de operación derivados de la gestión y mantenimiento de servidores no son medibles propiamente al no existir una gestión centralizada capaz de cuantificar los recursos humanos y físicos asignados a esta actividad.
- El respaldo y recuperación de información presenta graves problemas al no contar con los elementos que permitan redundancia. La alta disponibilidad no es considerada de inicio en los proyectos.



Gráfica 4.1. Uso de recursos en servidores con un solo servicio en ejecución.

4.3 LA SOLUCIÓN

El proyecto *Servicio de Alojamiento de Servidores Institucionales*, presentado por la Unidad de Servicios de Cómputo Académico (UNICA), adscrita a la Secretaría General, propone consolidar los servidores institucionales mediante la virtualización, de forma tal que se aproveche al máximo la infraestructura informática y los recursos económicos destinados a la adquisición, mantenimiento y gestión de los servidores a través de una administración centralizada y operada por UNICA. El servicio propuesto se basa en la virtualización de *hardware*.

4.3.1 ESTRATEGIA ORGANIZACIONAL PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

El presente trabajo de titulación ha sido desarrollado con el objetivo de servir como referencia o punto de partida para la planeación de proyectos de virtualización de servidores, sin embargo, deberá ser ajustado a las necesidades y alcance de cada proyecto. Algunos de los puntos contenidos en este trabajo han sido utilizados como referencia para la planeación de la estrategia de virtualización utilizada por UNICA para la consolidación de servidores en la Facultad de Ingeniería, los cuales se presentan a continuación para complementar de una manera más precisa el estudio de caso que se describe en este último capítulo.

Por motivos didácticos, para el presente trabajo de titulación se han seleccionado únicamente 5 de los servidores administrados por UNICA, para ejemplificar algunas de las fases de la estrategia de virtualización que la Unidad de Servicios de Cómputo Académico ha adoptado. Información relevante para este trabajo, relacionada con estos y otros servidores administrados por UNICA, puede ser consultada en el **Anexo D: Diagnóstico de servidores para la Unidad de Servicios de Cómputo Académico**.

4.3.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El objetivo del proyecto propuesto por UNICA consiste en crear un servicio que permita:

- Ser eficaz en la atención de las necesidades informáticas de las diferentes áreas de la institución.
- Hacer uso eficiente de los recursos económicos orientado a servidores.
- Gestionar de forma centralizada los servidores institucionales.
- Aprovechar al máximo los recursos informáticos de *hardware* de los servidores gestionados.

4.3.1.1.1 DECLARACIÓN DE VISIÓN

Una vez implementado este servicio en la Facultad de Ingeniería se obtendrá:

- Simplificación de la infraestructura y su gestión.
- Crecimiento ordenado y eficaz.
- Servicio de calidad al usuario (administrador, desarrollador, investigador, proyecto).
- Conformidad con la normatividad de desarrollo de sistemas institucionales.
- Gestión centralizada.
- Requerimiento oportuno de las necesidades a través de indicadores.
- Aprovechamiento óptimo de los recursos asociados a los elementos que se pretende virtualizar (humanos, económicos, informáticos y de espacio).
- Mejora en el costo de propiedad total, ofreciendo un rápido rendimiento de la inversión que disminuya los costos asociados a la gestión con la infraestructura virtualizada.
- Disminución de emisiones de CO2 a la atmósfera, contribuyendo de esta forma a reducir el calentamiento global.
- Consolidación de servidores, redes, almacenamiento y aplicaciones, es decir, reunir en un mismo equipo varios servicios, con el ahorro que esto conlleva y la oportunidad de asignar los recursos de *hardware* requeridos a cada uno, de forma eficiente.

- Eficiencia energética al reducir los elementos físicos asociados, como el *hardware*, aire acondicionado, Sistemas Ininterrumpidos de Energía (UPS, por sus siglas en inglés), cableado, entre otros.
- Aumento de la flexibilidad, permitiendo con ello reunir los recursos que pueden ser manejados centralizadamente, mejorando con ello también el soporte.
- Optimización del acceso a los recursos y a la información.

En la **Figura 4.1** se ilustran los resultados proyectados durante la declaración de la visión del proyecto.



Figura 4.1. Resultados esperados al finalizar el proyecto y definidos en la declaración de visión.

4.3.1.1.2 ALCANCE

Como una primera etapa de este proyecto de virtualización, la Unidad de Servicios de Cómputo Académico contempla únicamente la migración de sus propios servidores hacia un entorno virtualizado. Una segunda etapa tiene contemplada la extensión de esta estrategia de virtualización hasta abarcar todos los servidores institucionales con los que cuenta la Facultad de Ingeniería.

El resultado de esta consolidación será la implementación de servidores de virtualización dedicados. Estos servidores deberán cumplir con los requerimientos de *hardware* establecidos en la planeación estratégica del proyecto presentado por UNICA, de tal forma que sean capaces de soportar la ejecución de las máquinas virtuales necesarias para proporcionar todos los servicios institucionales que requiere la Facultad de Ingeniería.

Los resultados obtenidos en esta etapa serán determinantes para su aplicación de forma generalizada en otros servicios con los que cuenta la Facultad. El límite final del proyecto será la virtualización de los servidores institucionales en su totalidad. La instalación, despliegue y configuración de nuevos servidores virtuales, será gestionada por la Unidad de Servicios de Cómputo Académico de manera centralizada.

4.3.1.1.3 FASES DE DESARROLLO

El proyecto propuesto por la Unidad de Servicios de Cómputo Académico consta de cuatro fases. La primera fase comprende todo el proceso de planeación estratégica del proyecto, incluyendo el diagnóstico y la formulación de metas y objetivos. Para conocer más sobre planeación estratégica se puede consultar el **Apéndice E: Planeación estratégica**, al final de este trabajo.

La segunda y tercera fases están enfocadas en la implementación del servicio propiamente, involucrando en la segunda fase la etapa inicial de adquisición de equipos y la presentación del servicio, mientras que en la tercera fase se alcanza el despliegue del servicio en su totalidad.

Se contempla una cuarta fase o fase de contingencia, en la cual se pretende contar con un servidor de altas prestaciones, el cual contendrá los servicios críticos, permitiendo la continuidad de operaciones de la Facultad de Ingeniería fuera del campus de Ciudad Universitaria.

La Unidad de Servicios de Cómputo Académico considera al Palacio de Minería con el lugar adecuado para esta fase del proyecto, ya que cuenta con infraestructura lógica y técnica apropiada para soportar el servicio. La **Figura 4.2** muestra las fases de este proyecto de virtualización.

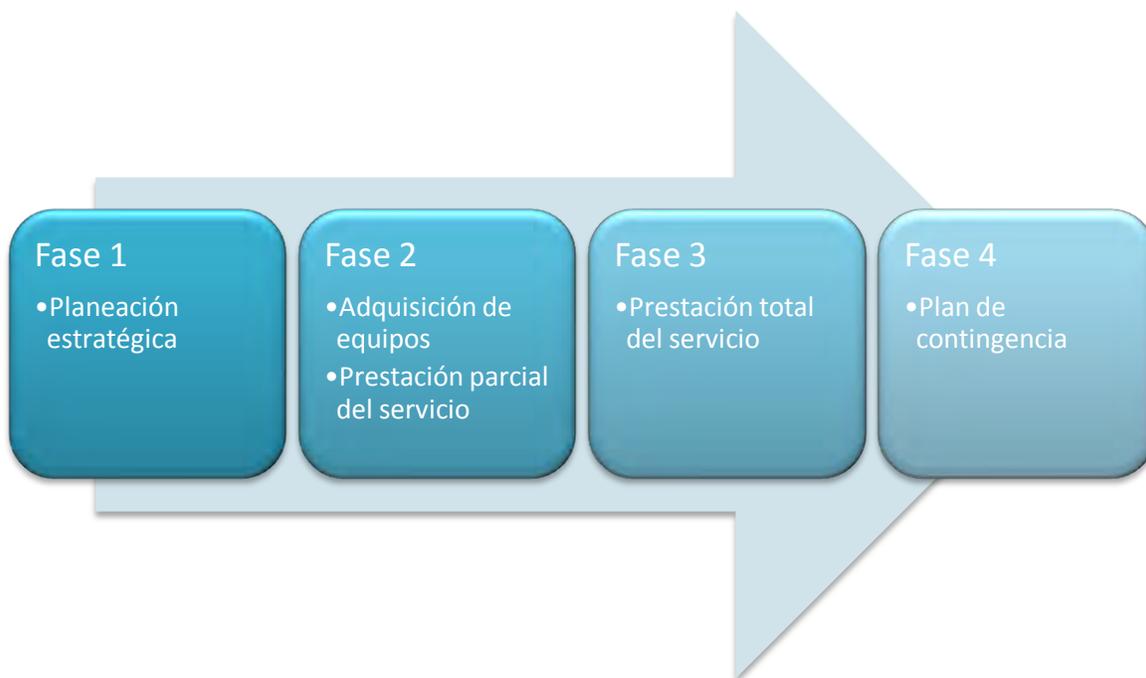


Figura 4.2. Fases del proyecto.

En la **Tabla 4.1** se muestran las actividades asociadas al la primera fase del proyecto.

Tabla 4.1. Primera fase del proyecto.

Actividad	Producto	Avance
Diagnóstico	Definición de la problemática.	100%
	Análisis de consistencia y viabilidad del proyecto.	100%
	Análisis FODA del área operadora.	100%
Formulación de objetivos y metas	Objetivos del proyecto.	100%
Planeación	Plan de despliegue y continuidad del servicio.	100%
Desarrollo de la estrategia	Actividades de la primera fase.	100%

En la **Tabla 4.2** se muestran las actividades asociadas al la segunda fase del proyecto.

Tabla 4.2. Segunda fase del proyecto.

Actividad	Producto	Avance
Caracterización de equipos	Estudio de Caso: Servidores de UNICA.	100%
	Caracterización de los equipos para el despliegue inicial del servicio.	100%
Primera fase de adquisición de equipos	Primer servidor para la consolidación de servidores.	100%
	Rack, UPS, monitor, teclado.	100%
	Cableado de red categoría 6: 15 servicios.	100%
Desarrollo de métricas	Determinación y pruebas del software para medir el desempeño de los servicios en cuanto a utilización de hardware.	100%
Presentación del servicio	Procedimiento para la prestación del servicio.	100%

En la **Tabla 4.3** se muestran las actividades asociadas al la tercera fase del proyecto.

Tabla 4.3. Tercera fase del proyecto.

Actividad	Producto	Avance
Normalización de procesos y servicios	Puesta en marcha del servicio.	100%
	Indicadores de desempeño a través de métricas del servicio.	100%
	Etapas de afinación del servicio.	100%
Caracterización de equipos	Caracterización de los equipos para el despliegue de almacenamiento remoto.	100%
Segunda fase de adquisición de equipos	Segundo servidor para la consolidación de servidores.	100%
	Cableado de red categoría 6: 15 servicios.	100%
	Hardware de almacenamiento externo de 8 TB (Storage Área Network, SAN).	0%
Despliegue en su totalidad del servicio	Prestación del servicio al 100%	75%

En la **Tabla 4.4** se muestran las actividades asociadas al la cuarta fase del proyecto o fase de contingencia.

Tabla 4.4. Cuarta fase del proyecto o fase de contingencia.

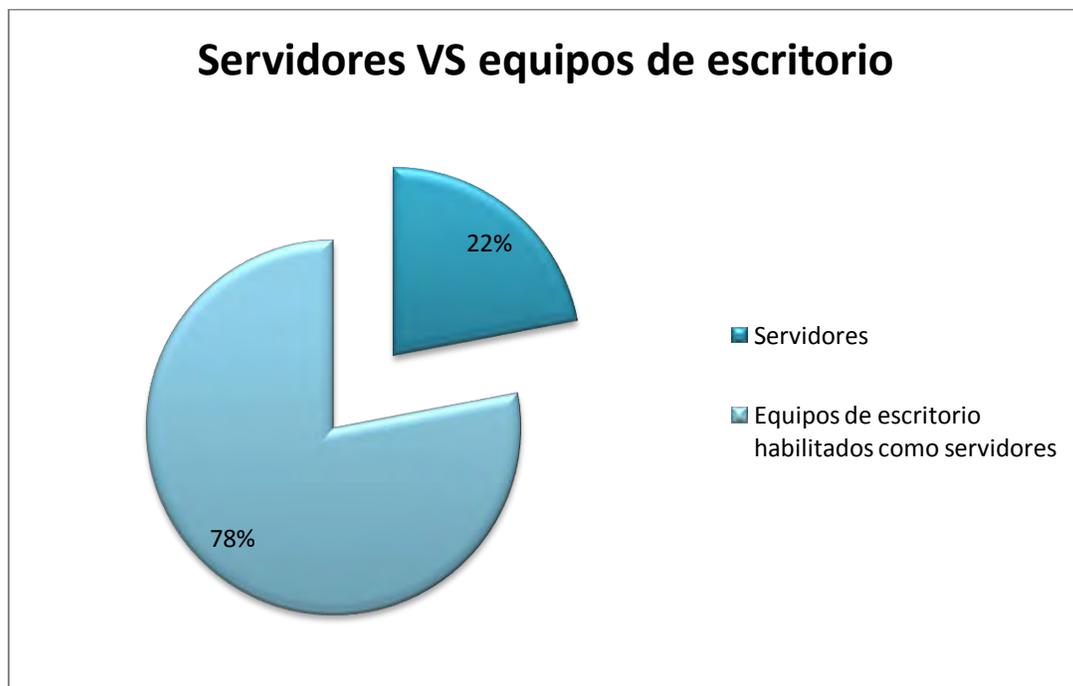
Actividad	Producto	Avance
Caracterización de los equipos	Caracterización de los equipos e infraestructura de red.	100%
Adquisición de equipos	Servidor para la consolidación de servidores en contingencia.	0%
	Rack, UPS, monitor, teclado.	0%
	Cableado de red categoría 6: 15 servicios.	0%
Despliegue del servicio en Palacio de Minería	Determinación y jerarquización de los servidores que serán respaldados y migrados en el servidor de contingencia.	0%

4.3.1.2 ANÁLISIS SITUACIONAL

Como parte del diagnóstico requerido en la planeación estratégica del proyecto, se realizó un análisis para la Unidad de Servicios de Cómputo Académico, la cual contaba en el 2009 con 36 servidores. En conjunto estos servidores ofrecían los siguientes recursos de forma acumulada:

- Almacenamiento: 7.7 TB.
- Memoria principal: 49 GB.
- Procesadores: 36 (desde Xenon Quad Core hasta Intel Pentium III).
- Promedio de frecuencia por servidor: 2.12 GHz.

Los datos completos recolectados en este análisis, en relación a la capacidad y uso de recursos en los servidores, se muestran en una tabla en el **Apéndice D: Diagnóstico de servidores para la Unidad de Servicios de Cómputo Académico**, al final de este trabajo. Los datos obtenidos dejan de manifiesto, entre otras cosas, el constate uso de equipos de escritorio habilitados como servidores (lo cual se ilustra en la **Gráfica 4.1**) lo que podría llevar a problemas de performance y de administración en un futuro, al no ser equipos diseñados para cargas de trabajo con alta demanda de recursos de cómputo.



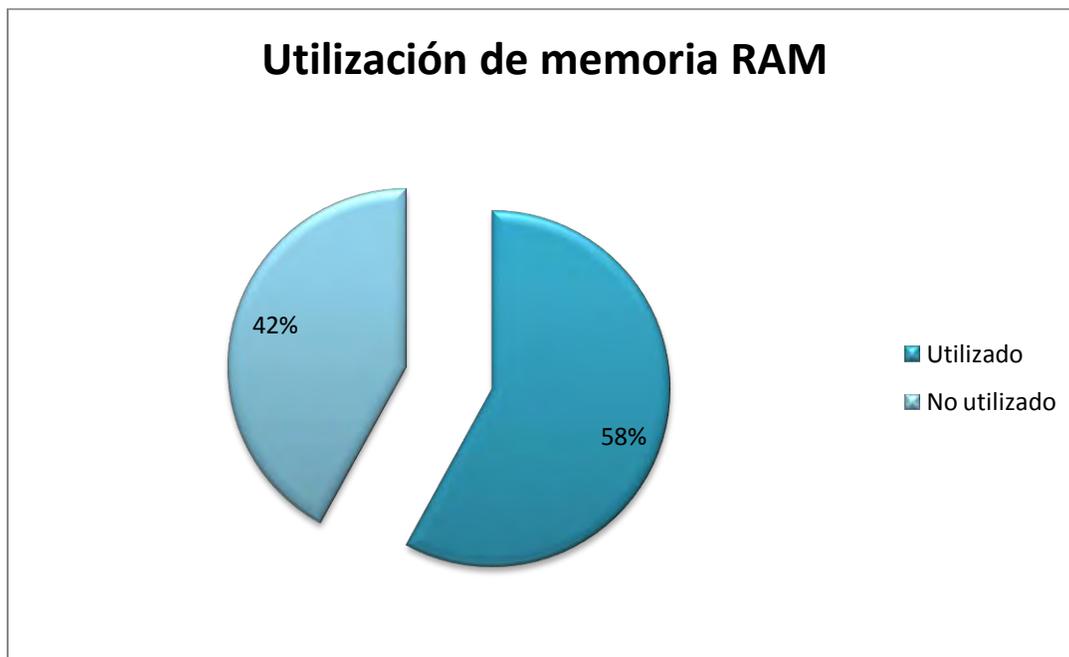
Gráfica 4.1. Servidores y equipos de escritorio habilitados como servidores.

Otros datos destacables son los relacionados con la utilización de los recursos de *hardware* que ofrecían los servidores, en comparación con su capacidad. En la **Gráfica 4.2** se muestra el porcentaje de utilización de recursos de almacenamiento, mientras que en la **Gráfica 4.3** se puede observar el asociado al uso memoria

RAM. El porcentaje de recursos no utilizados mostrados en ambas gráficas, son un reflejo de la problemática de desaprovechamiento de recursos de cómputo en los servidores de la Facultad de Ingeniería.



Gráfica 4.2. Promedio de utilización de almacenamiento en discos duros.



Gráfica 4.3. Promedio de utilización de memoria RAM.

Del estudio realizado destaca que el 70% de los servidores ya había alcanzado su tiempo de vida útil, esto es tres años o más. Algunos de los equipos analizados llegaban incluso a los 8 años de vida, ofreciendo un servicio deficiente. En la **Gráfica 4.4** se ilustra las fechas en las que los servidores analizados debieron haber sido renovados.



Gráfica 4.4. Fechas de renovación de servidores.

De los 36 equipos analizados solo ocho son estrictamente servidores, es decir, equipos con altas prestaciones de *hardware* diseñados para soportar un uso intensivo. Los porcentajes de utilización de disco duro y memoria corresponden a una gestión orientada a servidores dedicados. Las circunstancias en ese entonces imposibilitaban hacer un uso más adecuado de los recursos debido a que la mayoría de los servicios se ejecutan sobre equipos de escritorio, conviviendo en muchas ocasiones servicios críticos en el mismo sistema operativo.

El desarrollar el proyecto propuesto implica cambios importantes en torno a la gestión de la infraestructura de TI. Las diversas áreas de sistemas en la Facultad se verán involucradas en el proyecto fijando sus necesidades en cuanto a servidores, ya no en costos, marcas, ni modelos; participarán especificando las necesidades en cuanto a cantidad de procesamiento, memoria y almacenamiento, lo que permitirá a UNICA, como área gestora de todos los servicios institucionales hacer un adecuado aprovechamiento de los recursos orientando a mejorar el *Servicio de Alojamiento de Servidores Institucionales*.

Para alojar un servidor institucional se propone establecer un procedimiento sencillo, claro y orientado a otorgar un solución eficaz y eficiente. Existe un punto a destacar en el procedimiento, el cual es un análisis de consistencia en cuanto a la viabilidad de virtualizar el servidor requerido; es posible que el servicio o la

complejidad del mismo hagan necesaria la adquisición de un servidor dedicado (independiente y especializado), lo que significa que no será considerado como candidato a la virtualización.

Elementos clave requeridos para el proyecto de consolidación:

- Se requiere un *site* o *data center* acorde a las necesidades de enfriamiento, suministro de energía y mobiliario óptimo para alojar la infraestructura de consolidación de servidores.
- Elementos lógicos (*software*) y físicos (*hardware*) capaces de soportar el proyecto.
- La alta disponibilidad se alcanzará con el aumento del *hardware* (un segundo servidor en la fase de implantación) y la separación del almacenamiento (almacenamiento remoto).
- Continuidad y apoyo a la capacitación del personal dedicado a atender este servicio.
- Se requiere del presupuesto para desarrollar las etapas del proyecto, así como del mantenimiento y continuidad del mismo.

4.3.1.2.1 SERVICIOS

Se obtuvo información de los servidores dentro del alcance del proyecto de virtualización generar un inventario de servicios clasificados por tipo de carga de trabajo. La **Tabla 4.5** muestra una relación de los servidores considerados para este estudio de caso, clasificados de acuerdo al tipo de carga de trabajo que ejecutan.

Tabla 4.5. Clasificación de servicios por tipo de carga de trabajo.

Tipo de Carga de Trabajo	Servicio	Servidor
Público	Web	Servidor Web
Colaborativo	Correo Electrónico	Servidor de Correo Electrónico
Almacenamiento	Base de Datos	Servidor de Base de Datos
Desarrollo de aplicaciones	Plataforma Educativa	Servidor Plataforma Educativa
Seguridad	Sensor de seguridad y desempeño	Servidor Monitor

4.3.1.2.2 INVENTARIO DE HARDWARE

Se obtuvo la información necesaria para generar un inventario de *hardware* recolectando datos referentes a modelo del equipo, sistema operativo, procesador, memoria, dispositivos de almacenamiento y adaptadores de red. Este inventario representa la base de la lista de requerimientos a partir de la cual serán configuradas las máquinas virtuales que alojarán a los servidores físicos una vez que estos sean virtualizados.

En la **Tabla 4.6** se presenta la información obtenida del inventario de *hardware* para el equipo Servidor Web.

Tabla 4.6. Inventario de *hardware* para el equipo Servidor Web.

Categoría de <i>hardware</i>	Información de inventario
BIOS	Fabricante del servidor: HP Número de modelo: Proliant 350 G3
Sistema operativo	Sistema operativo: Linux Nombre del servidor: Servidor Web Actualizaciones: Todas
Procesador	Fabricante del procesador: Intel Modelo: Pentium 4 Número de procesadores: 2 Número de núcleos: 1
Memoria	Cantidad de memoria física: 2 GB Número de <i>slots</i> : 4 Numero de <i>slots</i> libres: Ninguno
Almacenamiento	Número de discos duros: 2 Capacidad total de cada disco: 146 GB Tipo de sistema de archivos: EXT3 Particiones: 7 Estado: Conectado
Adaptadores de red	Número de adaptadores: 2 Velocidad máxima de cada adaptador: 1000 Mbps Velocidad actual de cada adaptador: 100 Mbps Fabricante: HP

En la **Tabla 4.7** se presenta la información obtenida del inventario de *hardware* para el equipo Servidor de Correo.

Tabla 4.7. Inventario de *hardware* para el equipo Servidor de Correo.

Categoría de <i>hardware</i>	Información de inventario
BIOS	Fabricante del servidor: HP Número de modelo: Proliant 350 G4
Sistema operativo	Sistema operativo: Windows 2003 Server <i>Service Pack</i> : 2 Nombre del servidor: Servidor de Correo Actualizaciones: Todas
Procesador	Fabricante del procesador: Intel Modelo: Xeon X5355 Número de procesadores: 1 Número de núcleos: 4
Memoria	Cantidad de memoria física: 10 GB Número de <i>slots</i> : 4 Numero de <i>slots</i> libres: 0
Almacenamiento	Número de discos duros: 3 Capacidad total de cada disco: 273 GB Tipo de sistema de archivos: NTFS Particiones: 3 Estado: Conectado
Adaptadores de red	Número de adaptadores: 2 Velocidad máxima de cada adaptador: 1000 Mbps Velocidad actual de cada adaptador: 100 Mbps Fabricante: HP

.En la **Tabla 4.8** se presenta la información obtenida del inventario de *hardware* para el equipo Servidor de Base de Datos.

Tabla 4.8. Inventario de *hardware* para el equipo Servidor de Base de Datos.

Categoría de <i>hardware</i>	Información de inventario
BIOS	Fabricante del servidor: HP Número de modelo: Proliant 350 G4
Sistema operativo	Sistema operativo: Linux Nombre del servidor: Servidor de Base de Datos Actualizaciones: Todas
Procesador	Fabricante del procesador: Intel Modelo: Xeon Quad-Core Número de procesadores: 1 Número de núcleos: 4
Memoria	Cantidad de memoria física: 4 GB Número de slots: 4 Numero de slots libres: 0
Almacenamiento	Número de discos duros: 2 Capacidad total de cada disco: 143 GB Tipo de sistema de archivos: EXT3 Particiones: 7 Estado: Conectado
Adaptadores de red	Número de adaptadores: 2 Velocidad máxima de cada adaptador: 1000 Mbps Velocidad actual de cada adaptador: 100 Mbps Fabricante: HP

En la **Tabla 4.9** se presenta la información obtenida del inventario de *hardware* para el equipo Servidor Plataforma Educativa.

Tabla 4.9. Inventario de *hardware* para el servidor equipo Plataforma Educativa.

Categoría de <i>hardware</i>	Información de inventario
BIOS	Fabricante del servidor: HP Número de modelo: Proliant 350 G4
Sistema operativo	Sistema operativo: Linux Nombre del servidor: Servidor Plataforma Educativa Actualizaciones: Todas
Procesador	Fabricante del procesador: Intel Modelo: Xeon Número de procesadores: 1 Número de núcleos: 2
Memoria	Cantidad de memoria física: 4 GB Número de slots: 4 Numero de slots libres: 0
Almacenamiento	Número de discos duros: 2 Capacidad total de cada disco: 280 GB Tipo de sistema de archivos: EXT3 Particiones: 7 Estado: Conectado
Adaptadores de red	Número de adaptadores: 2 Velocidad máxima de cada adaptador: 1000 MBPS Velocidad actual de cada adaptador: 100 Mbps Fabricante: HP

En la **Tabla 4.10** se presenta la información obtenida del inventario de *hardware* para el equipo Servidor Monitor.

Tabla 4.10. Inventario de *hardware* para el equipo Servidor Monitor.

Categoría de <i>hardware</i>	Información de inventario
BIOS	Fabricante del servidor: DELL Número de modelo: Optiplex 745
Sistema operativo	Sistema operativo: Linux Nombre del servidor: Servidor Monitor Actualizaciones: Todas
Procesador	Fabricante del procesador: Intel Modelo: Core 2 Duo Número de procesadores: 1 Número de núcleos: 2
Memoria	Cantidad de memoria física: 1 GB Número de <i>slots</i> : 2 Numero de <i>slots</i> libres: 0
Almacenamiento	Número de discos duros: 1 Capacidad total de cada disco: 74.4 GB Tipo de sistema de archivos: EXT3 Particiones: 5 Estado: Conectado
Adaptadores de red	Número de adaptadores: 2 Velocidad máxima de cada adaptador: 1000 Mbps Velocidad actual de cada adaptador: 100 Mbps Fabricante: DELL

4.3.1.2.3 INVENTARIO DE SOFTWARE

Se recolectó la información necesaria para generar un inventario de *software* que permita establecer una línea base de requerimientos de aplicaciones, herramientas, controladores, *frameworks*, bibliotecas, etc., para que las máquinas virtuales puedan cubrir todas las necesidades de *software* de los servidores físicos una vez que estos sean virtualizados.

En la **Tabla 4.11** se presenta la información obtenida del inventario de *software* para el equipo Servidor Web.

Tabla 4.11. Inventario de *software* para el equipo Servidor Web.

Categoría de <i>software</i>	Información de inventario
Aplicaciones	Apache, MySQL, PHP.

En la **Tabla 4.12** se presenta la información obtenida del inventario de *software* para el equipo Servidor de Correo Electrónico.

Tabla 4.12. Inventario de *software* para el equipo Servidor de Correo Electrónico.

Categoría de <i>software</i>	Información de inventario
Aplicaciones	Exchange 2007 SP2, Forefront.

En la **Tabla 4.13** se presenta la información obtenida del inventario de *software* para el equipo Base de datos.

Tabla 4.13. Inventario de *software* para el equipo Servidor Base de datos.

Categoría de <i>software</i>	Información de inventario
Aplicaciones	MySQL, Postgresql.

En la **Tabla 4.14** se presenta la información obtenida del inventario de *software* para el equipo Plataforma Educativa.

Tabla 4.14. Inventario de *software* para el equipo Plataforma Educativa.

Categoría de <i>software</i>	Información de inventario
Aplicaciones	Moodle, MySQL, PHP, Apache.

En la **Tabla 4.15** se presenta la información obtenida del inventario de *software* para el equipo Servidor Monitor.

Tabla 4.15. Inventario de *software* para el equipo Servidor Monitor.

Categoría de <i>software</i>	Información de inventario
Aplicaciones	Snort, BASE, MySQL, Apache, PHP, CACTI.

4.3.1.2.4 DESEMPEÑO

Se realizó un análisis de desempeño promedio para cada servidor físico involucrado en el proyecto de virtualización, tomando muestras de datos durante un ciclo de negocios completo, con el objetivo de obtener datos representativos del desempeño habitual del sistema, y poder de esta manera proveer a cada máquina virtual con los recursos de cómputo que requiere cada servidor, evitando así futuros problemas de desempeño y por otro lado, evitando también el desaprovechamiento de recursos. En la **Tabla 4.16** se

presenta un concentrado de la información del inventario obtenido de cada uno de los servidores dentro del alcance de este estudio de caso.

Tabla 4.16. Inventario de servidores.

Servidor	SO	# CPUs	RAM [GB]	Disco duro [GB]	# NICs	# Aplicaciones y/o Servicios
Servidor Web	Linux	2 (1 núcleo)	2	292	2	3
Servidor de Correo	Windows 2003 Server	1 (4 núcleos)	10	819	2	2
Servidor de Base de Datos	Linux	1 (4 núcleos)	4	286	2	2
Servidor Plataforma Educativa	Linux	1 (2 núcleos)	4	560	2	4
Servidor Monitor	Linux	1 (2 núcleos)	1	74.4	2	6

Se obtuvo información de servicios y aplicaciones por servidor físico para la generación de un inventario de desempeño tomando en consideración el porcentaje de uso de procesador, memoria RAM y dispositivos de almacenamiento.

En la **Tabla 4.17** se presenta la información obtenida del inventario de servicios y aplicaciones para el equipo Servidor Web.

Tabla 4.17. Inventario de servicios y aplicaciones para el equipo Servidor Web.

Aplicación/Servicio	% Uso de CPU	% Uso de RAM	% Uso de disco duro
Servidor Web (Apache, MySQL, PHP)	40	100	90

En la **Tabla 4.18** se presenta la información obtenida del inventario de servicios y aplicaciones para el equipo Servidor de Correo Electrónico.

Tabla 4.18. Inventario de servicios y aplicaciones para el equipo Servidor de Correo Electrónico.

Aplicación/Servicio	% Uso de CPU	% Uso de RAM	% Uso de disco duro
Servidor de Correo Electrónico (Exchange 2007 SP2, Forefront)	80	100	85

En la **Tabla 4.19** se presenta la información obtenida del inventario de servicios y aplicaciones para el equipo Servidor de Base de datos.

Tabla 4.19. Inventario de servicios y aplicaciones para el equipo Servidor de Base de datos.

Aplicación/Servicio	% Uso de CPU	% Uso de RAM	% Uso de disco duro
Servidor de Base de datos (MySQL, Postgresql)	55	60	65

En la **Tabla 4.20** se presenta la información obtenida del inventario de servicios y aplicaciones para el equipo Plataforma Educativa.

Tabla 4.20. Inventario de servicios y aplicaciones para el equipo Plataforma Educativa.

Aplicación/Servicio	% Uso de CPU	% Uso de RAM	% Uso de disco duro
Plataforma Educativa (Moodle, MySQL, PHP, Apache)	75	95	80

En la **Tabla 4.21** se presenta la información obtenida del inventario de servicios y aplicaciones para el equipo Servidor Monitor.

Tabla 4.21. Inventario de servicios y aplicaciones para el equipo Servidor Monitor.

Aplicación/Servicio	% Uso de CPU	% Uso de RAM	% Uso de disco duro
Servidor Monitor (Snort, BASE, MySQL, Apache, PHP, CACTI)	90	100	70

En la **Tabla 4.22** se presenta un concentrado de la información obtenida del inventario realizado a cada uno de los servidores dentro del alcance de este estudio de caso, asignando valores cualitativos asociados al desempeño de procesador, memoria RAM, y dispositivos de almacenamiento.

Tabla 4.22. Características de desempeño cualitativas por tipo de carga de trabajo.

Tipo de carga de trabajo	CPU	RAM	Disco duro
Público	Medio	Alto	Alto
Colaborativo	Alto	Alto	Alto
Almacenamiento	Medio	Medio	Medio
Desarrollo de aplicaciones	Alto	Alto	Alto
Seguridad	Alto	Alto	Alto

4.3.1.3 EVALUACIÓN

Para este estudio de caso, dentro de la fase de evaluación, se identificaron umbrales de rendimiento para el servidor anfitrión en los que se considera qué porcentaje de los recursos que ofrece este servidor serán asignados a los servidores huéspedes que aloje. También se analizaron en esta fase algunos de los criterios que se tomaron en cuenta para optar por una plataforma de VMware como solución para la consolidación que se realizó en la Facultad de Ingeniería, así como sus implicaciones en la capacitación del personal que administrará esta infraestructura.

4.3.1.3.1 CARACTERIZACIÓN DE SERVIDORES FÍSICOS

Se realizó un análisis de los requerimientos referentes a recursos de cómputo para cada servidor dentro del alcance del proyecto de virtualización, con el objetivo de determinar las características que deben tener los servidores anfitriones para la consolidación. El resultado de este análisis fue la caracterización de tres servidores que serán desplegados a partir de la segunda fase del proyecto. La adecuada elección de estos servidores es crucial para el resto del proyecto ya que sobre estos servidores se alojarán las máquinas virtuales resultantes de la consolidación. Los requerimientos mínimos para estos servidores se presentan en la **Figura 4.3**.



Figura 4.3. Requerimientos mínimos para los servidores de consolidación.

Para la segunda fase del proyecto de virtualización se contempla la entrega parcial del servicio, por lo que en esta fase se considera la implementación del primer servidor para la consolidación de servidores. Este servidor será el primero en ser entregado.

En la tercera fase del proyecto de virtualización se tiene contemplada la entrega del servicio en su totalidad, por lo que en esta fase se considera la implementación del segundo servidor para la consolidación de servidores.

Finalmente, se tiene considerada una fase de contingencia para la cual se contempla la entrega de un tercer servidor para la consolidación de servidores. Este equipo deberá estar ubicado fuera de la Facultad de Ingeniería, siendo hasta el momento el Palacio de Minería la opción más viable. Este servidor proporcionará alta disponibilidad y resultará fundamental para diseñar los procesos de continuidad de negocios y de recuperación de desastres para los servicios alojados en él.

En la **Figura 4.4** se describen las características físicas requeridas para los servidores de consolidación que se entregarán durante las diferentes fases del proyecto de virtualización.

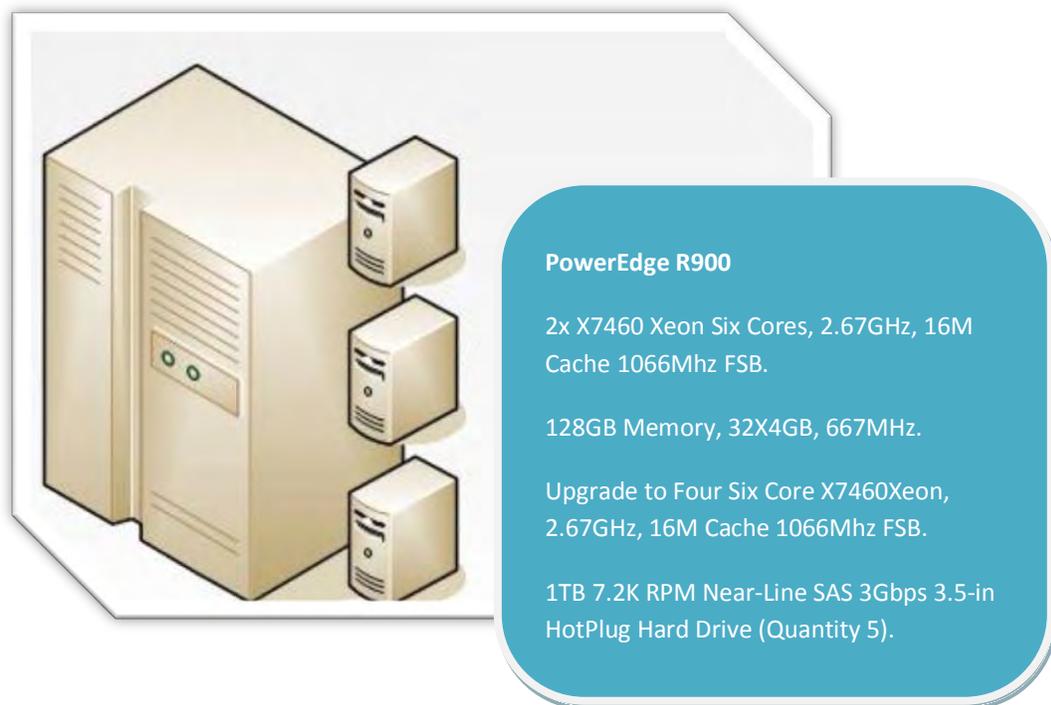


Figura 4.4. Requerimientos de *hardware* para los servidores.

4.3.1.3.2 UMBRALES DE RENDIMIENTO

En esta fase del proyecto de virtualización se establecieron los umbrales de rendimiento para las máquinas virtuales que serán creadas para alojar a los servidores físicos una vez que estos sean virtualizados. La selección del umbral para la caracterización de cada servidor virtual se hizo de forma individual, tomando en cuenta información de desempeño para cada servidor físico. Para esto se recurrió a información recolectada en fases previas del proyecto y concentradas en los inventarios de *hardware* y de *software*. Por este motivo se tienen umbrales de rendimiento específicos para cada servidor virtual, de tal manera que este sea capaz de proporcionar los recursos que le son demandados por los servicios específicos que se ejecutan sobre él.

En la **Tabla 4.23** se presentan los umbrales de rendimiento para el equipo Servidor Web.

Tabla 4.23. Umbrales de rendimiento para el equipo Servidor Web.

Características de <i>hardware</i>	Valor máximo de los recursos del servidor virtual	% del umbral	Valor del umbral
Velocidad del procesador	2.6 GHz	75	1.95 GHz
Memoria	3 GB	50	1.5 GB

En la **Tabla 4.24** se presentan los umbrales de rendimiento para el equipo Servidor de Correo Electrónico.

Tabla 4.24. Umbrales de rendimiento para el equipo Servidor de Correo Electrónico.

Características de <i>hardware</i>	Valor máximo de los recursos del servidor virtual	% del umbral	Valor del umbral
Velocidad del procesador	2.6 GHz	75	1.95 GHz
Memoria	4 GB	50	2 GB

En la **Tabla 4.25** se presentan los umbrales de rendimiento para el equipo Servidor de Base de Datos.

Tabla 4.25. Umbrales de rendimiento para el equipo Servidor de Base de Datos

Características de <i>hardware</i>	Valor máximo de los recursos del servidor virtual	% del umbral	Valor del umbral
Velocidad del procesador	2.6 GHz	75	1.95 GHz
Memoria	2 GB	50	1 GB

En la **Tabla 4.26** se presentan los umbrales de rendimiento para el equipo Plataforma Educativa.

Tabla 4.26. Umbrales de rendimiento para el equipo Plataforma Educativa.

Características de <i>hardware</i>	Valor máximo de los recursos del servidor virtual	% del umbral	Valor del umbral
Velocidad del procesador	2.6 GHz	75	1.95 GHz
Memoria	3 GB	75	2.25 GB

En la **Tabla 4.27** se presentan los umbrales de rendimiento para el equipo Monitor.

Tabla 4.27. Umbrales de rendimiento para el equipo Monitor.

Características de <i>hardware</i>	Valor máximo de los recursos del servidor virtual	% del umbral	Valor del umbral
Velocidad del procesador	2.6 GHz	70	1.82 GHz
Memoria	3 GB	70	2.1 GB

4.3.1.3.3 SELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE VIRTUALIZACIÓN

Para este proyecto de virtualización se analizaron diferentes alternativas de los principales líderes de la industria. Se tomaron en cuenta factores como costos, experiencia del personal, capacitación requerida, herramientas de administración, así como compatibilidad con aplicaciones y entre plataformas. Como ya se ha mencionado, uno de los objetivos del presente trabajo de titulación es el de servir como marco teórico para el proyecto de virtualización que UNICA lleva a cabo en la Facultad de Ingeniería, por lo que ha sido consultado como referencia para la elección de la plataforma de virtualización. El primer capítulo de este trabajo hace un análisis de los principales contendientes en el mercado, mientras que en el tercer capítulo, se hace un análisis comparativo del manejo de licencias que brinda cada una de las principales firmas de virtualización, así como de las diferentes rutas de certificación y capacitación que ofrecen estas empresas. Esta información, jugó un rol determinante en el análisis realizado por UNICA.

Como resultado de este análisis, la Unidad de Servicios de Cómputo Académico optó por adquirir la plataforma de virtualización VMware ESXi. Entre otros factores, fue determinante el liderazgo que aun mantiene VMware en la industria de virtualización de servidores. Este liderazgo se ve reflejado en la estabilidad y compatibilidad que ofrecen sus productos al utilizarse con los principales sistemas operativos del mercado. Sin embargo, muy probablemente el factor que más influyó en la elección de esta plataforma de virtualización, fue la inclusión de una campaña de capacitación, que no afectó el costo total del producto. Esta capacitación redujo de manera considerable la curva de aprendizaje para los administradores de la

plataforma, lo que se vio reflejado también en una reducción en el tiempo de despliegue del entorno de virtualización.

4.3.1.3.4 CARACTERIZACIÓN DE SERVIDORES VIRTUALES

Después de realizar el análisis de los resultados de la caracterización de los servidores de consolidación, de la definición de umbrales de rendimiento para las máquinas virtuales, y de la selección de la plataforma de virtualización, se determinó la configuración general que tendrán las máquinas virtuales en base a las características de los servidores físicos adquiridos y a las capacidades del *hypervisor* seleccionado. Esta configuración es una propuesta general basada en los valores promedio de demanda de recursos de los servidores dentro del alcance del proyecto, y permite estimar la cantidad de máquinas virtuales que pueden ser soportadas por cada servidor y las características que estas deben tener. Cabe destacar que la caracterización de cada máquina virtual debe ser realizada en base los requerimientos propios de cada servicio y carga de trabajo que se ejecutarán sobre esta, sin embargo, la configuración general propuesta representa una aproximación bastante fiable para todos los casos de este proyecto. Con las capacidades del servidor sugerido es posible consolidar 30 servidores virtuales por cada servidor físico con las características mostradas en la **Figura 4.5** para cada máquina virtual.



Figura 4.5. Requerimientos mínimos para los servidores de consolidación.

4.3.1.3.5 RECURSOS HUMANOS

En la **Tabla 4.28** se presenta información relacionada con el entrenamiento que han recibido los administradores del entorno de virtualización, así como el tipo de capacitaciones que necesitan para gestionar de la mejor manera la plataforma de virtualización, las herramientas de administración y los sistemas virtualizados.

Tabla 4.28. Relación entre los recursos humanos y la capacitación requerida

Plataforma de virtualización o herramienta de administración	Número de administradores responsables	Nivel de experiencia de los administradores	Certificación o capacitación	Requisitos de la certificación o capacitación	Costo de la certificación o capacitación
VMware ESXi	3	Profesional	VMware Certified Professional para vSphere 4 o vSphere 5	Asistir a un curso autorizado de VMware. Adquirir experiencia práctica con VMware vSphere4 o VMware vSphere 5. Aprobar el examen VCP 4 o VCP 5.	Examen: \$175 USD. Curso: \$2400 USD.

4.4 LOS RESULTADOS

La complejidad del proyecto *Servicio de Alojamiento de Servidores Institucionales* demanda una planeación a mediano y largo plazo. La primera fase fue concluida y absorbida en su totalidad por la Unidad de Servicios de Cómputo Académico. Es preciso destacar la importancia de esta etapa, ya que es en ella donde se determinó el objetivo del proyecto y se definieron las estrategias a seguir para las siguientes fases del mismo. La primera fase del proyecto fue desarrollada por personal de UNICA: Un técnico académico y dos becarios.

La segunda fase del proyecto también ha sido concluida en su totalidad. El desarrollo y la operación de esta fase han sido absorbidos por un técnico académico y cuatro ayudantes de profesores, todos ellos personal de UNICA. La tercera fase ha sido cubierta en casi totalmente, quedando pendiente únicamente la implementación del *hardware* de almacenamiento externo. Para la tercera fase se planea que el desarrollo sea absorbido por personal de UNICA, mientras que para la parte operacional se sugiere de la contratación de un técnico académico de tiempo completo y cinco ayudantes de profesor. El avance hasta este punto representa el 75% de la prestación total del servicio.

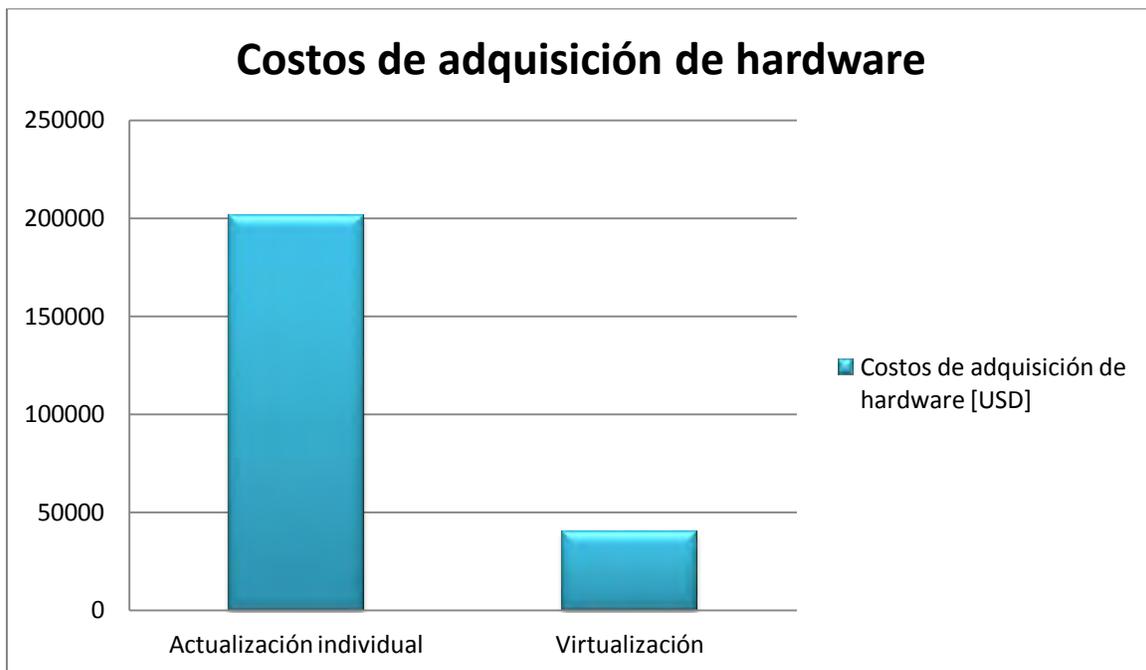
De la cuarta fase o fase de contingencia se tiene cubierto hasta el momento únicamente la caracterización de equipos, quedando pendiente la adquisición de los mismos. Una vez cumplidos estos requerimientos se podrá continuar con el despliegue en Palacio de Minería.

El Servicio de Alojamiento de Servidores Institucionales ha provocado un cambio drástico en todo lo relacionado a sistemas de cómputo en la Facultad de Ingeniería a través de la consolidación de servidores.

La consolidación de servidores a través de tecnologías de virtualización, operada por la Unidad de Servicios de Cómputo Académico, ha permitido la creación de un *data center* ágil y dinámico, y ha dado como resultado la reducción de costos asociados a la infraestructura de TI. Los resultados obtenidos del proyecto de virtualización de servidores son:

- **Consolidación de servidores:** Se redujo el número total de servidores y el costo de propiedad total del entorno de TI. Además, se está logrando alcanzar un nivel óptimo en cuanto a utilización de recursos de *hardware*. Se logró también la centralización de actividades de gestión así como la reducción de costos asociada con estas.

- **Reducción de costos:** Se logró un ahorro aproximado del 80% en la adquisición de equipo de cómputo, tomando en cuenta que la actualización de 30 servidores físicos tendría un costo aproximado de US \$201,000, y que se planea consolidar 30 servidores físicos en un solo servidor de consolidación. En la **Gráfica 4.5** se muestra una comparativa entre los costos de actualización de servidores físicos en comparación con la consolidación de servidores.
- **Continuidad de servicios:** La consolidación permite minimizar el impacto que generan en la actividad de la institución las caídas en los sistemas (planeadas o no) y ha permitido establecer medidas y estrategias de recuperación frente a desastres como la migración y compartición de cargas de trabajo a través del agrupamiento de servidores.
- **Data center dinámico:** Se está logrando una gestión de servidores virtuales dinámica que minimiza el impacto en usuarios y aplicaciones al realizar tareas administrativas. Además se muestran avances en los procesos de solicitud de servidores, logrando cumplir en una mejor medida con los requerimientos de usuarios y administradores, hecho que contribuye a una atención más precisa y clara hacia los usuarios.



Gráfica 4.5. Comparativa de costos entre adquisición de servidores físicos y el uso de tecnologías de virtualización.

Los principales resultados que la Facultad de Ingeniería está obteniendo después de la consolidación de servidores se resumen de manera gráfica en la **Figura 4.6**.

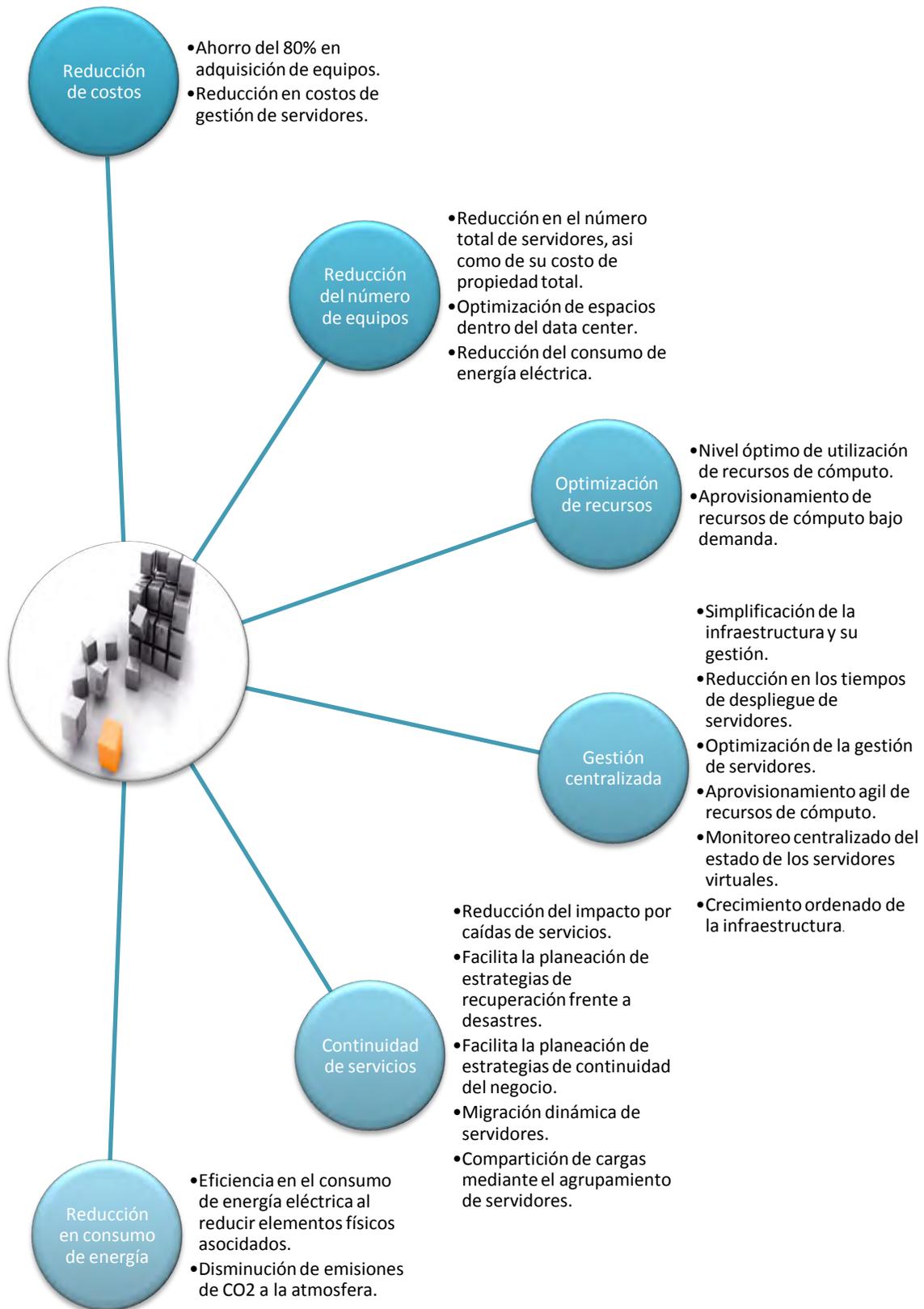


Figura 4.6. Resultados de la consolidación de servidores.

4.5 EL FUTURO

La presentación del servicio y el despliegue total del mismo quedaran cubiertos antes de finalizar la fase de contingencia, sin embargo, es necesario culminar con esta etapa para brindar los niveles de alta disponibilidad contemplados en la planeación estratégica al inicio del proyecto. Aunque mínimo, ya se percibe un avance en la fase de contingencia derivado de la caracterización de equipos y de la infraestructura de red.

La puesta a punto y gestión de un proyecto de estas dimensiones requieren de continuidad y de un monitoreo permanente. Esto implica la implementación de sistemas de monitoreo del *performance* y operación de la infraestructura de *hardware*, *software*, red de datos, seguridad, sistemas de enfriamiento y consumo de energía eléctrica.

Una vez finalizada con la implementación total del servicio es indispensable contar con un programa de mantenimiento y actualización del *Servicio de Alojamiento de Servidores Institucionales*. Para lograrlo, la Unidad de Servicios de Cómputo Académico planea poner en marcha un plan permanente de mantenimiento y actualización del servicio, particularmente en las aéreas de *software*, *hardware*, y capacitación del personal; todo esto con el objetivo de alcanzar los acuerdos de niveles de servicio propuestos inicialmente y proporcionar un servicio con alta disponibilidad.

La finalización de este proyecto en su totalidad permitirá la optimización de recursos, el decremento de costos, y propiciará el incremento de la eficiencia y de la capacidad de respuesta de los procesos informáticos en la Facultad de Ingeniería.

Conclusiones

En el presente trabajo de titulación se ha analizado a detalle a la virtualización, ubicándola como una tendencia tecnológica de la actualidad que ha venido a transformar por completo al mundo de las tecnologías de la información, y que se ha consolidado como el fundamento de otras tecnologías que ahora son tendencia. En este trabajo se puede encontrar un análisis del registro histórico de la virtualización desde sus primeros indicios hasta nuestros días, profundizando en el estado actual de esta tecnología. Se profundiza también en los conceptos generales que dan sentido a la virtualización, sus escenarios de uso, así como los beneficios que se desprenden del uso de esta tendencia tecnológica. La recolección y análisis de toda esta información permite brindar un panorama general de lo qué es esta tecnología, de su influencia, así como de su enorme potencial, y cumple a su vez como un marco teórico que pretende facilitar la toma de decisiones en un proyecto de virtualización real.

El objetivo principal que se planteó para este trabajo es el de diseñar una estrategia general de consolidación de servidores a través de tecnologías de virtualización. Este objetivo se cumple con la presentación de una estrategia general dividida en tres fases, que facilita la puesta en marcha y el seguimiento de un proyecto de virtualización. El establecimiento de este objetivo surge de la necesidad de contar con una estrategia válida para un proyecto de virtualización de cualquier tamaño e independiente de la solución de virtualización contemplada para este. El reto principal fue el de realizar un análisis que incluyera a los líderes actuales del mercado durante las diferentes fases del proyecto, pero conservando siempre un punto de vista neutral e imparcial. Esto implicó la revisión y comparación de diferentes estrategias propuestas por los principales proveedores de tecnologías de virtualización, además del análisis de fundamentos de planeación estratégica orientados a TIs, sumado todo esto a experiencias previas dentro de proyectos de virtualización. La condensación de todas estas ideas y experiencias dio como resultado una propuesta sólida y neutral que cumple con el objetivo formulado al inicio de este proyecto de titulación, y que de ser seguida, facilitará el diseño de un proyecto de virtualización a la medida de cualquier organización. Este trabajo también está fundamentado en análisis realizados por expertos imparciales en la materia, lo que le brinda un enfoque más objetivo, deslindándolo de algún producto o proveedor en particular.

Se desarrolló una estrategia para el diseño y puesta en marcha de un proyecto de virtualización de servidores. Esta estrategia parte del análisis acerca de lo que representa la virtualización hoy en día y cómo puede ayudar a potencializar los procesos de negocio de cada organización, es decir, ofrece una visión de las características de esta tendencia tecnológica y cómo una organización puede beneficiarse al migrar hacia servidores virtuales. Esta estrategia se basa en un reconocimiento de la infraestructura completa que se pretende virtualizar, una tarea sobre la que se hace hincapié a lo largo de este trabajo por su trascendencia a lo largo de un proyecto de virtualización, y a la que debe asignarse el tiempo y los recursos necesarios para obtener un panorama preciso del estado actual del entorno de TI, y que permita determinar si el proyecto es viable desde un inicio y, de serlo, establecer criterios válidos para determinar cuáles de los servidores son buenos candidatos para la virtualización y cuáles no. El entendimiento y la adecuada puesta en marcha de esta fase son indispensables no sólo para las fases siguientes, sino también para el éxito de todo el proyecto. También se consiguió a través de esta estrategia marcar pautas y referencias que pueden ser seguidas para definir el alcance de cada proyecto de virtualización, así como el objetivo de este, los cuales serán siempre diferentes dependiendo en cada caso de las pretensiones y expectativas de cada organización. El objetivo y el alcance determinados marcarán el rumbo del proyecto y definirán en gran medida el éxito o el fracaso del mismo. Por tal motivo, en la estrategia propuesta en este trabajo de titulación se hace hincapié en la importancia de esta etapa del proyecto y de su potencial influencia en el desarrollo del resto de este. Otros aspectos a destacar son la elección de una plataforma de virtualización capaz de cubrir los requerimientos y expectativas de cada proyecto, para lo cual, la estrategia presentada logra definir criterios que deben

facilitar la toma de decisiones para la adquisición de un producto de virtualización en particular. Sin dejar de lado el enfoque imparcial que se siguió durante toda la tesis, se hace un análisis comparativo de las principales características de las plataformas de virtualización de los líderes del mercado, ofreciendo de esta forma las herramientas necesarias para una elección adecuada.

En la primera fase de esta estrategia, *Consideraciones generales*, se plantean las bases sobre las cuales será construido el proyecto entero. Se hace un recuento de varios de los factores que pueden llevar a una organización a virtualizar su *data center*, estableciendo criterios para ayudar a determinar si la consolidación es viable o si se deben de explorar otras alternativas. Esta etapa está definida a través de conceptos de planeación estratégica, y busca determinar hacia dónde será dirigido el proyecto de virtualización, y cuáles serán sus límites y alcances potenciales, por lo que es precisamente en esta fase donde debe de definirse la declaración de visión y el alcance del proyecto. La realización de un análisis de retorno de inversión es contemplada para esta etapa, por lo que en este trabajo de titulación se proponen algunas herramientas en línea de los principales proveedores de productos de virtualización, con el objetivo de facilitar este análisis. Se sugiere además, la realización de un análisis de los riesgos potenciales que implicaría emprender un proyecto con las características del que se pretende, definiendo su impacto potencial así como un plan de mitigación del mismo. Una vez definidos todos estos factores se estará en condiciones de sugerir un presupuesto preliminar para las siguientes fases del proyecto. Esta fase representa el arranque de la estrategia diseñada en este trabajo de titulación y finca las bases para dimensionar el proyecto de virtualización, determinar su viabilidad, y definir expectativas sobre el mismo.

Durante la segunda fase de la estrategia, *Análisis situacional*, se logró una propuesta para la realización de un análisis profundo y sistemático del estado actual de la organización, y en particular del *data center*. El diagnóstico derivado de esta fase debe ser preciso, de tal forma que permita detectar las condiciones y recursos actuales del *data center*, de esta manera determinar las necesidades reales de la organización en materia de TI. En esta segunda fase se deben determinar las prioridades del *data center*, así como identificar los diferentes tipos de limitaciones que atañen al proyecto. La estrategia propuesta en este trabajo de titulación define para esta fase la realización de inventarios de servicios, *hardware*, *software*, así como la obtención y documentación de datos relacionados con el *performance* de todos los servidores que se pretenden incluir en la estrategia de consolidación. Los datos recabados en esta etapa serán cruciales para las etapas posteriores. Finalmente para esta etapa se propone el análisis de factores del entorno como lo son la definición de una estrategia de reutilización de *hardware*, o la asignación de nuevos roles para los servidores viejos cuya carga de trabajo será virtualizada; o el espacio disponible en *racks* dentro del *data center*. El reto particular cuando se trabajó en el diseño de esta fase fue el de proponer mecanismos para capturar de una manera adecuada el estado actual del *data center*. En este caso se consideró fuera del alcance del proyecto de titulación la propuesta de herramientas de inventario o de obtención de información del entorno, dejando a criterio del encargado de esta etapa del proyecto de virtualización la forma en que se recolectarán los datos requeridos durante esta fase. Esta delimitación se hizo para acotar el desarrollo de esta parte del trabajo permitiendo enfocarse con mucha mayor profundidad sobre la estrategia en sí, y no sobre algún producto en particular. Existen en el mercado una gran variedad de herramientas (propietarias y de código abierto) para la realización de inventarios de *software* y de *hardware*, así como para la automatización de la recolección de datos de la infraestructura y la topología de la red, por lo que dependerá de las necesidades y del criterio de los encargados del proyecto la definición de los mecanismos de obtención de información para esta fase.

La última fase de la estrategia de consolidación propuesta en este trabajo, *Evaluación*, se enfoca en el análisis de la información recabada en la fase de Análisis situacional, para lo cual se establecieron tres

objetivos principales. El primero es el de determinar de una manera precisa cuales servidores son realmente buenos candidatos a la virtualización, es decir, cuáles de las cargas de trabajo que se pretenden virtualizar son en realidad elegibles para una estrategia de consolidación. Para lograrlo, se propone la evaluación del servidor físico que se planea virtualizar con respecto a los límites de *hardware* que puede ofrecer la nueva máquina virtual a la cual será migrada la carga de trabajo. Un análisis completo del *performance* de procesadores, memoria y red debe ser realizado para la selección de buenos candidatos a la virtualización. El segundo de los objetivos establecidos para esta fase es la selección de una plataforma de virtualización que cubra realmente las necesidades tecnológicas de la organización. Para lograrlo, en el presente trabajo de titulación se analizan los principales factores a tomar en cuenta para adquirir y poner en producción una determinada plataforma, entre los que destacan la realización de pruebas previas a la adquisición de la plataforma, cuál alternativa ofrece un mejor retorno de inversión y un costo de propiedad total más bajo, herramientas de administración adicionales, soporte para aplicaciones de terceros y compatibilidad entre plataformas de virtualización, así como el manejo de licencias. El tercero de los objetivos definidos para esta fase es el de generar un perfil para los recursos humanos que se encargarán de la implementación y administración tanto de los servidores virtuales como de la plataforma de virtualización misma. Las exigencias de las nuevas tecnologías han transformado gradualmente las capacidades requeridas para operar un *data center* con cargas de trabajo virtualizadas, por lo que la selección adecuada del personal que operará estas nuevas tecnologías es crucial y tiene un impacto directo en los costos asignados al proyecto y en el retorno de inversión del mismo. La constante capacitación de los recursos humanos es necesaria y debe de ser contemplada en el presupuesto del proyecto, es por eso que en esta parte de la estrategia de virtualización se hace un análisis comparativo de las rutas de certificación de los principales proveedores en el mercado.

El alcance de este trabajo de titulación se limita a la definición de una estrategia para la puesta en marcha de un proyecto de virtualización, por lo que la implementación de la infraestructura y la instalación de sistemas quedan fuera de los límites definidos para este proyecto. Este trabajo pretende servir primeramente como un marco teórico que permita un acercamiento a la virtualización de servidores con miras hacia una posible consolidación, y después tiene el objetivo de servir como apoyo para gestar un nuevo proyecto de virtualización. Este trabajo de titulación ha sido realizado buscando siempre un enfoque neutral e imparcial con respecto a los principales competidores en el mercado, por lo que la estrategia aquí propuesta puede ser utilizada para iniciar cualquier proyecto de virtualización de servidores. No se debe perder de vista que cada organización tiene recursos, necesidades prioridades y alcances diferentes, por lo que será necesario ajustar la estrategia aquí propuesta de tal forma que se pueda adecuar a lo que realmente requiere la organización, logrando así un proyecto mejor estructurado, que pueda dar los resultados que se esperan de él.

Hemos visto a lo largo de este trabajo de titulación que el concepto de virtualización no es precisamente nuevo, todo lo contrario, es una tecnología que ha sido utilizada desde mediados del siglo pasado y que en la actualidad se ha consolidado como una de las principales tendencias de TI, convirtiéndose incluso, junto con el cómputo en la nube, en una prioridad tecnológica para las organizaciones. Atrás han quedado los años en que la virtualización era considerada únicamente una herramienta para generar entornos de pruebas, dando paso hoy en día a una tecnología que se ha consolidado como una alternativa completamente viable para entornos de producción, incluso en organizaciones pequeñas. Para muchos, la virtualización de servidores es el futuro, el paso que tarde o temprano tendrán que dar todos en el mundo de las TIs, para otros es el presente, una tecnología que ya es una necesidad y que es el fundamento de otras prioridades tecnológicas, como el cómputo en la nube.

La virtualización de servidores es tanto una realidad, que los productos desarrollados por fabricantes de *hardware* y de *software*, son compatibles o diseñados para dar soporte y explotar los beneficios que ofrece esta tecnología. Procesadores con soporte de virtualización por *hardware*, dispositivos de almacenamiento cada vez con mayor capacidad, así como sistemas operativos de servidor diseñados para la nube, que incluyen ya una plataforma de virtualización precargada como uno más de sus servicios son, más que una tendencia, la norma en la actualidad. Dada la rápida migración hacia el cómputo en la nube, la necesidad de invertir en proyectos de virtualización se hace cada vez más evidente.

En este trabajo de titulación también se ha hablado de una tecnología que basa mucho de su arquitectura en la virtualización: el cómputo en la nube. Si la virtualización ha llegado al mundo de las TIs para quedarse, el cómputo en la nube parece seguir un patrón similar, consolidándose como una de las principales tendencias tecnológicas de nuestros días, prueba de esto es el énfasis que están poniendo los desarrolladores de sistemas operativos en diseñar plataformas orientadas hacia esta tecnología. La comercialización y estandarización de tecnologías, la virtualización y el crecimiento de arquitecturas de *software* orientadas al servicio, y el aumento de la confiabilidad de las soluciones empresariales de internet, son las bases sobre las que el cómputo en la nube ha logrado crecer. La migración hacia la nube parece inevitable y es preciso que las organizaciones de todos los tamaños empiecen a pensar en estrategias para que esta transición sea lo más amigable posible, tal como sucedió con la virtualización de servidores en su momento. De la misma manera que la virtualización, muchas son las ventajas y beneficios que promete el cómputo en la nube, como lo son la reducción de costos de infraestructura y de despliegue de aplicaciones derivados de la abstracción técnica por parte del cliente y de la transferencia de responsabilidades hacia el proveedor del servicio. Sin embargo, uno de los más importantes beneficios que ofrece esta tecnología se ve reflejado en la competitividad, dando la oportunidad a empresas más pequeñas de competir en igualdad de condiciones con organizaciones más grandes.

En la arena de la virtualización de servidores estamos siendo testigos de una batalla sin precedentes por el dominio del mercado. Hasta el 2010, el mercado de la virtualización de servidores se veía aun dominado completamente por VMware, sin embargo, en los últimos dos años la distancia entre este y sus principales competidores se ha reducido hasta prácticamente desaparecer, dando cabida a mejores productos y a un escenario altamente competitivo. Aunque VMware continúa marcando la pauta en muchos de los campos de la virtualización y del cómputo en la nube, otros contendientes como Microsoft o Citrix han logrado equiparar sus productos con los de este, ofreciendo servicios y características únicos que los distinguen de los demás competidores. Para las organizaciones, el creciente número de opciones disponibles en el mercado ha hecho más compleja la toma de decisiones para adquirir el producto más adecuado, ya que la elección de una plataforma de virtualización no se centra más en si la plataforma puede o no virtualizar cierto sistema operativo, sino en cómo lo hace, y en que características y funcionalidades adicionales ofrece, que la hacen diferente del resto de los competidores. La continuidad del negocio y el cómputo en la nube, son dos de los principales objetivos de los proveedores de soluciones de virtualización, los cuales están enfocando sus esfuerzos en el diseño de nuevas funcionalidades que faciliten y den soporte a este par de prioridades. La migración en vivo de máquinas virtuales en producción sin pérdida de disponibilidad del servicio; la replicación de máquinas virtuales a través de la red de datos mediante directorios compartidos, sin la necesidad de contar con una *Storage Area Network* (SAN); el aprovisionamiento de recursos en vivo para las máquinas virtuales; y el soporte de fábrica para el cómputo en la nube son solo algunas muestras del enfoque con el que están siendo diseñadas las plataformas de virtualización en la actualidad.

Otra de las prioridades de los proveedores de soluciones de virtualización de servidores es la compatibilidad. Dada la alta competitividad existente en el mercado y a la tendencia de las organizaciones de utilizar un

entorno donde coexisten múltiples plataformas de virtualización, los proveedores de soluciones de virtualización han tenido que ceder y apostar por la colaboración con sus competidores para facilitar la interacción entre plataformas y la migración de máquinas virtuales entre un producto y otro. También se puede apreciar un incremento en el soporte a sistemas operativos por parte de plataformas de virtualización tradicionalmente vinculadas a ciertos sistemas, todo esto producto de la colaboración y del trabajo cooperativo entre empresas de virtualización. Dadas las tendencias del mercado y las necesidades de los clientes, la colaboración entre competidores seguirá siendo una constante en los próximos años.

La virtualización de servidores, como hemos visto a lo largo del presente trabajo de titulación, ofrece múltiples beneficios que están siendo aprovechados por cada vez más organizaciones, las cuales ven en la virtualización una solución madura que permite la reducción de costos y el incremento de la productividad, además de percibirla como la ruta estratégica hacia el cómputo en la nube. Es precisamente la reducción de costos de propiedad total y un mejor retorno de inversión algunos de los principales impulsores de la virtualización y uno de los beneficios más atractivos para las organizaciones, o al menos para la alta gerencia encargada de la toma de decisiones. Este trabajo de titulación documenta cómo es que la virtualización logra ser un facilitador para la reducción de costos en las organizaciones, siendo la adquisición de servidores el factor más importante para alcanzar estos resultados. La virtualización propone como una de sus principales ventajas la máxima optimización de los recursos de cómputo de los servidores, lo cual se ve reflejado en la utilización de un menor número de equipos físicos, ya que en un solo servidor de virtualización pueden ser alojados varios servidores virtuales: Entre menor sea el número de servidores físicos, menor resultará el gasto en mantenimiento, alimentación de energía eléctrica, acondicionamiento de espacios, e incluso de recursos humanos.

Aunque el costo de adquisición de servidores normalmente es alto, los gastos relacionados con el consumo de energía eléctrica y el del sistema de enfriamiento impactan seriamente en los recursos económicos asignados al funcionamiento de los *data centers*. El problema es la subutilización de los recursos de cómputo de los equipos, ya que los servidores consumen prácticamente la misma cantidad de energía eléctrica ejecutando un solo servicio o alojando simultáneamente múltiples máquinas virtuales. Una ventaja clave que ofrece la virtualización es la capacidad de consolidar varios servidores dentro de un solo equipo físico, lo que inmediatamente se ve reflejado en un menor número de servidores físicos en el *data center*, y por consiguiente, en un menor consumo de energía eléctrica, hecho que favorece también a disminuir el impacto ambiental asociado al uso de tecnologías de la información, tema también documentado en el presente trabajo, y que se vuelve cada vez más relevante dada la crisis ambiental que vivimos hoy en día.

Muchas de las organizaciones que originalmente decidieron consolidar sus servidores como una estrategia dirigida a la reducción de costos, y que cuentan ahora con una implementación de virtualización madura, están aprovechando muchos de los otros beneficios que ofrece esta tecnología, dirigiendo su uso hacia los procesos de negocio y no solo utilizándola como una forma de recortar sus costos.

El acondicionamiento de espacios es otro factor que se ha visto transformado por tecnologías como la virtualización; la cual permite consolidar múltiples servidores en un solo *host*, y por lo tanto liberar espacio dentro del *data center*; y el cómputo en la nube, que permite a las organizaciones delegar el aprovisionamiento de *hardware* a terceros, además de permitir el pago de la utilización de máquinas virtuales y servicios bajo demanda, facturando de una manera precisa únicamente por lo que se utiliza. Todo esto, aunado a las nuevas tecnologías que permiten la integración e interacción entre nubes privadas y nubes públicas prácticamente de manera transparente, dan como resultado un *data center* que aprovecha mucho mejor los recursos de cómputo y que se puede enfocar de una mejor manera en el proceso de

negocio de la organización. Esta transformación en el *data center* requiere a su vez de un nuevo perfil para los recursos humanos encargados de administrar un entorno en donde ahora coexisten servidores físicos con servidores virtuales, que a su vez pueden estar ubicados dentro del *data center* de la organización o fuera de los límites de esta, en la nube pública. Se ha documentado en este trabajo cómo es que la virtualización ha transformado a los equipos de TI dentro de las organizaciones, demandando administradores de entornos virtuales que entiendan cada vez más de temas como redes, almacenamiento y seguridad, y que trabajen de una manera más cercana con otros sectores de las áreas de TI.

La virtualización es una tecnología con un potencial muy grande y es una de las principales tendencias en la actualidad, siendo capaz de ofrecer una respuesta tecnológica a muchas de las necesidades de las organizaciones. Un proyecto de migración hacia entornos virtuales debe ser tomado con la seriedad apropiada y debe estar fundamentado en una planeación sólida y precisa. El valor del presente trabajo de titulación radica en ofrecer una estrategia de consolidación sobre la cual se puede construir un proyecto de virtualización. La adopción de una estrategia de virtualización sólida y adecuada es un factor crucial para alcanzar el éxito en un proyecto de consolidación de servidores.

Anexos

ANEXO A: ACONTECIMIENTOS IMPORTANTES

1960-1969

1961

IBM se convierte en pionera en el uso de tecnologías de como una manera lógica de particionar equipos mainframe en máquinas virtuales independientes. Para alcanzar este objetivo, IBM introduce el concepto de *Tiempo Compartido*, el cual es el verdadero motor detrás de la virtualización.

En este mismo año, *John McCarthy* propone la idea de que el cómputo puede ser liberado como una utilidad pública tal como ocurre con el servicio de agua o el de electricidad. Este concepto es uno de los primeros precedentes de lo que hoy en día se conoce como *cloud computing*.

1963

J.C.R. Licklider introduce la idea una *red intergaláctica de computadoras (intergalactic computer network)*. Esta idea consistía en que cada persona en mundo estuviera interconectada y que tuviera acceso a programas e información desde cualquier lugar. La tecnología *cloud computing* de hoy en día se fundamenta en esta idea.

1964

IBM lanza al mercado el *IBM System/360*, cuya arquitectura fue diseñada por *Gene Amdahl*. Este sistema provee capacidades limitadas de virtualización.

Más tarde, el *CP-40* es lanzado introduciendo por primera vez los conceptos de *máquinas virtuales* y de *memoria virtual*.

1965

Son desarrollados el *System/360 Model 67* y el *Time Sharing System (TTS)*.

1967

Se lanza al mercado otra versión de *CP-40* y *CMS*, los cuales ponen dentro del proceso de producción soporte de sistema para 14 Maquinas Virtuales cada una con 256K de memoria virtual asignada.

1968

Es desarrollada una nueva versión de *CP-40* llamada *CP-67 Version 1*. Este sistema proporcional en gran medida el impulso necesario para mejorar tanto el rendimiento como la estabilidad de versiones previas de *CP-40*.

1969

La aparición de *CP-67 Version 2* da paso al surgimiento de un nuevo planificador y soporte *PL/I*.

1970-1979

1970

Aparece en el mercado el *CP-67 Version 3*, el cual cuenta con soporte para un subsistema de almacenamiento libre, el cual provee un mejor funcionamiento además de la inclusión de la instrucción *SLT*.

1971

Es lanzada al mercado el *CP-67* con su versión 3.1 ofreciendo mejoras en alta velocidad de dispositivos *I/O*.

1972

Se desarrolla el *System/370 Advanced Function* el cual cuenta con un nuevo *Address Relocation Hardware*. Además, cuenta ahora con soporte para cuatro nuevos sistemas operativos: *VM/370*, *DOS/VS*, *OS/VS1* y *OS/VS2*.

1973

Es fundada la *Metropolitan VM User Asociation (MVMUA)* en Nueva York como resultado de la popularidad alcanzada por la tecnología de virtualización dentro de la comunidad de IBM.

1974

Se introduce en el mercado el *VM/370 Release 2* que contenía la primera iteración de *Virtual Machine Assist (VMA) Microcode*. Es en este mismo año cuando *Gerald J. Popek* y *Robert P. Goldberg* escriben un documento titulado *Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures*, que propone los principios básicos para que un sistema pueda ser virtualizado.

1980-1989

1987

VM TCP/IP también conocido como FAL logra hacer que el protocolo TCP/IP esté al alcance de las máquinas virtuales.

1988

Es fundada una pequeña compañía llamada *Connectix Corporation*, la cual se encarga de proveer soluciones para sistemas *Apple Macintosh*. *Connectix* se dio a conocer por brindar soluciones a problemas que *Apple* no podía resolver o en los que no estaba interesado en involucrarse. Dentro de las soluciones que ofrecía *Connectix* se encontraba el *SpeedDoubler*, un producto que proveía un puente de emulación altamente funcional entre procesadores *Motorola 68000* y procesadores basados en *Power PC*. A este desarrollo le siguió el *RAM Doubler*, el cual proporcionaba una forma de duplicar la memoria de equipos *Mac* mediante la compresión y descompresión sobre la marcha del contenido de la RAM.

La experiencia adquirida por *Connectix* al colaborar con *Mac*, llevo a la empresa a la creación de un producto de virtualización llamado *Connectix Virtual PC 1.0* para *Mac*. Este producto incorporaba un motor de traducción binario para traducir instrucciones de un procesador *Intel x86* virtual a un procesador *Power PC* físico utilizado en las *Macs*. Fue precisamente este proyecto de tecnología de emulación el que introdujo a *Connectix* en el mundo de las tecnologías de virtualización.

1989

Citrix es fundada por el antiguo desarrollador de IBM *Ed Iacobucci* en *Richardson, Texas* y rápidamente fue mudada a *Coral Springs, Florida*.

1990-1999

1991

A partir de este año y hasta 1993, Citrix es financiado con recursos de *Intel* y *Microsoft*. Sin este apoyo, *Citrix* no habría sobrevivido.

1993

Citrix adquiere el producto *Netware Access Server* de *Novell*. La empresa mejora el producto y lo lanza como *WinView*, el cual se convirtió en su primer producto exitoso.

1998

Es fundada *VMWare* por *Diane Greene* y su esposo el Dr. *Mendel Rosenblum* en conjunto con dos estudiantes de la Universidad de *Stanford* y un colega de *Berkley*. En Octubre de ese mismo año, el grupo de fundadores hacen una solicitud por una patente referente nuevas técnicas de virtualización basadas en investigaciones conducidas por la Universidad de *Stanford*. Esta patente fue aprobada el 22 de Mayo de 2002.

1999

VMWare lanza al mercado la *VMWare Virtual Platform* el 8 de Febrero. Este producto es considerado por muchos como la primera plataforma de virtualización comercial para x86, y más adelante se convertiría en el producto *VMWare Workstation*.

Surge *Salesforce.com*, pionero en el concepto de envío de aplicaciones empresariales a través de simples sitios web.

2000-2009

2000

VMWare lanza al mercado su primera plataforma de virtualización para servidores, el *VMWare GSX Server 1.0*. Esta herramienta de virtualización fue diseñada específicamente para implementaciones de servidores de clase *workstation* e instalaciones sobre sistemas operativos *Linux* o *Windows*.

2001

VMWare lanza al mercado *VMWare ESX Server 1.0*, una plataforma de virtualización de servidores de clase *mainframe*. *VMWare ESX Server* se distingue del producto de virtualización de servidores *VMWare GSX Server*, al posibilitar la instalación de la plataforma directamente sobre la capa de *hardware*, lo que provee un mejor y más estable funcionamiento del entorno de cómputo debido a su *hypervisor* nativo, también conocido como *Virtual Machine Monitor (VMM)*, el cual requiere la utilización de muchos menos recursos del equipo. Hasta la fecha, *VMWare* ha continuado con el lanzamiento de versiones actualizadas de ambas plataformas de virtualización, mejorando su funcionamiento y agregando nuevas características.

2002

Surge *Amazon Web Services (AWS)* el cual provee una suite de servicios basados en *cloud computing*.

2003

Connectix entra al mercado de la virtualización de servidores x86 con el lanzamiento de la versión candidata de *Connectix Virtual Server*. Sin embargo, *Connectix Virtual Server* no entraría al mercado como un producto de *Connectix*, debido a que *Microsoft* adquirió de la compañía los derechos de propiedad intelectual tanto de *Virtual PC* para *Mac* y *Windows* así como también de *Connectix Virtual Server*.

En Diciembre de este año, *Microsoft* lanza al mercado su primer producto de virtualización, *Virtual PC 2004*. Aunque *Microsoft* planeaba entrar en el mercado de la virtualización de servidores x86, el lanzamiento de este producto tuvo que retrasarse para implementar modificaciones de seguridad derivadas de la nueva iniciativa de seguridad de la compañía.

2004

Microsoft lanza finalmente su primera opción para virtualización de servidores, *Microsoft Virtual Server 2005*, en dos versiones: *Microsoft Virtual Server 2005 Standard Edition*, la cual soportaba hasta cuatro procesadores físicos, y *Microsoft Virtual Server 2005 Enterprise Edition*, con soporte para hasta treinta y dos procesadores físicos.

El 9 de Enero de este año, *VMWare* es adquirido por *EMC*.

2006

Amazon lanza *Elastic Compute Cloud (EC2)* como un servicio *web* comercial, mediante el cual provee acceso a sus sistemas a través de *AWS* basándose en el concepto de *utility computing*.

Tanto *Intel* como *AMD* lanzan revisiones de sus procesadores x86 con nuevas instrucciones y extensiones dirigidas específicamente a la virtualización asistida por *hardware*. Aunque con diferencias en detalles de implementación, *Intel Virtualization Technology (Intel VT)* y *AMD Virtualization (AMD-V)* ofrecen características de virtualización de *hardware* que pueden ser aprovechadas por proveedores de *software* para simplificar el código de la plataforma de virtualización y extender sus arquitecturas.

2007

Google, *IBM* y algunas universidades inician un proyecto de investigación a gran escala sobre *cloud computing*.

Google lanza la suite para oficina basada en *web* y servicio de almacenamiento de datos, *Google Docs*, para usuarios de *Google Apps*.

En 2007 y 2008, las mejoras de *Intel VT* y *AMD-V* en las versiones de 64 bits de doble núcleo y Quad, facilitan en gran medida el desarrollo de código de *Hyper-V* de *Microsoft*. A partir de este momento, *Microsoft* y otros proveedores de plataformas de virtualización continuarán trabajando de manera conjunta con *AMD* e *Intel* para definir áreas de optimización y mejoras para futuros procesadores.

2008

En enero de este año *Citrix* anuncia una alianza con *Microsoft* para desarrollar un set de soluciones de virtualización enfocado al mercado de sistemas de escritorio y servidores para garantizar una amplia interoperabilidad entre ambas tecnologías.

Eucalyptus se convierte en la primer *AWS API* de código abierto compatible con plataformas para desplegar nubes privadas.

Microsoft libera la versión beta de *Hyper-V* en algunas ediciones de *Windows Server 2008*, para finalmente, el 26 de Junio, lanzar al mercado la versión final. El *hypervisor* de Microsoft es una plataforma de virtualización para servidores, que incorpora una arquitectura basada en *microkernel* con una mínima superficie de ataque y está disponible en el rol de servidor básico. La compañía lanza en, Octubre de ese año, una versión *stand-alone* de *Hyper-V*, llamada *Microsoft Hyper-V Server 2008*, la cual es una variante del núcleo de *Windows Server 2008* que incluye la funcionalidad de *Hyper-V*.

Citrix anuncia el lanzamiento de *Citrix XenServer Platinum Edition* con capacidad para manejar dinámicamente tanto servidores virtuales como servidores físicos.

Citrix anuncia el nuevo nombre para su producto de virtualización de aplicaciones, este cambia de *Presentation Server* a *XenApp*. También introduce en el mercado una nueva familia de productos llamada *Citrix Delivery Center* para la infraestructura de entrega de aplicaciones de *Citrix*.

2009

En febrero, *Citrix* extiende su colaboración con *Microsoft* dentro del mercado de virtualización de servidores con *Project Encore*. Este fue anunciado para un nuevo producto llamado *Citrix Essentials*, el cual ofrecía una administración avanzada para *Microsoft Windows Server 2008 Hyper-V*.

Citrix ofrece, en abril, su plataforma de virtualización *XenServer* de manera gratuita.

En julio, *Citrix* y *Microsoft* anuncian en sus planes conjuntos para simplificar el cómputo de escritorio mediante la ampliación de su asociación en el campo de la virtualización de sistemas de escritorio. Dentro de estos planes se incluye la integración de tecnologías para que las organizaciones de TI sean capaces de administrar tanto aplicaciones distribuidas como centralizadas utilizando *Citrix XenApp* y *Microsoft System Center Configuration Manager*.

En agosto, *VMWare* anuncia la adquisición de *SpringSource*, uno de los líderes en desarrollo y administración empresarial y de aplicaciones *web*. Esta adquisición fue vista por la industria como un movimiento estratégico por parte de *VMWare* para convertirse en el líder en el campo de PaaS (*Plataform as a Service*).

Google y otras compañías comienzan a ofrecer aplicaciones empresariales basadas en navegador, a través de servicios como *Google Apps*.

2010-ACTUALIDAD

2010

En enero, *Gartner*, en un artículo titulado ***Gartner EXP Worldwide Survey of Nearly 1,600 CIOs Shows IT Budgets in 2010 to be at 2005 Levels***, da a conocer los resultados de su estudio anual acerca de las prioridades tecnológicas para los CIO (*Chief information officers*), los cuales revelan que para este año se

buscará alcanzar mejores resultados a través de tecnologías más ligeras como la virtualización y el *cloud computing*,

En marzo, *Microsoft* declara que aproximadamente el 75% de su gente está trabajando completamente con *cloud computing* y que en un año más esta cifra alcanzará al 90%.

En junio, *Gartner*, en un artículo titulado ***Gartner Says Worldwide Cloud Services Market to Surpass \$68 Billion in 2010***, señala que está ocurriendo una aceleración en la adopción de *cloud computing* y *cloud services* por parte de las empresas y una explosión en la oferta como una maniobra de los proveedores para aprovechar la oportunidad de crecimiento comercial.

El 7 de junio Microsoft libera al publicó la versión final de Office Web Apps vía Windows Live Office.

2011

El 6 de junio Apple anuncia el lanzamiento de iCloud.

2012

El 24 de abril Google lanza Google Drive, un servicio de almacenamiento y sincronización de archivos en la nube diseñado para sustituir a Google Docs.

ANEXO B: TAXONOMÍA DE MÁQUINAS VIRTUALES

Como se ha visto a lo largo de este trabajo, existen diferentes tipos de virtualización, cada uno con diferentes objetivos y diferentes formas de implementación. En cada uno de estos tipos el VMM se sitúa en diferentes capas del sistema y juega diferentes roles. *J.E. Smith* y *Ravi Nair*, en su libro titulado ***An Overview of Virtual Machine Architectures*** proponen una taxonomía sistemática para clasificar a los diferentes tipos de máquinas virtuales.

Las máquinas virtuales están divididas en dos tipos principales: máquinas virtuales de proceso y máquinas virtuales de sistema. En el primer tipo, las máquinas virtuales soportan ABI mientras que en el segundo soportan ISA. La clasificación se basa en si el huésped y el anfitrión utilizan la misma ISA.

En la **Figura B.1** se puede observar que del lado derecho están las máquinas virtuales de proceso, mientras que del izquierdo están clasificadas las máquinas virtuales de sistema.

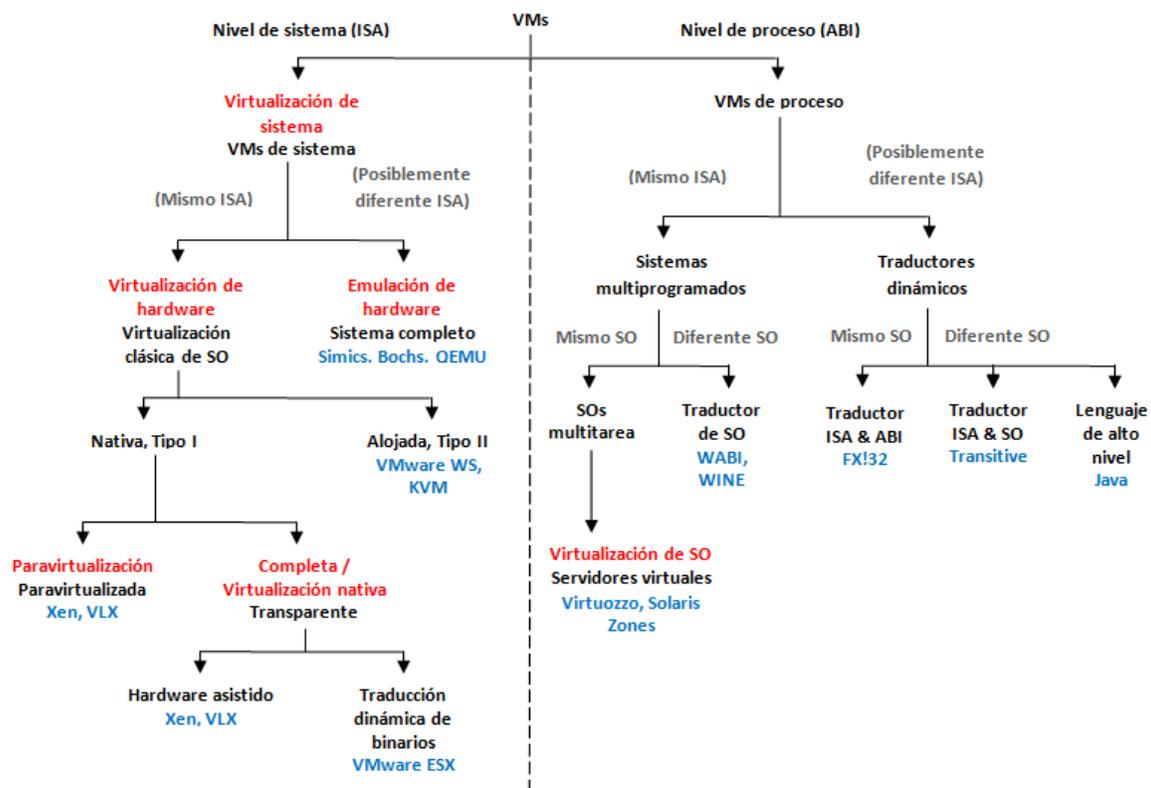


Figura B.1. Taxonomía de las máquinas virtuales de acuerdo con J.E. Smith y Ravi Nair.

ANEXO C: DISCOS DUROS VIRTUALES

Los discos duros virtuales presentan algunas características especiales normalmente no soportadas por los discos duros físicos. De acuerdo con estas características, un disco duro virtual puede pertenecer a uno de los siguientes tipos: un disco fijo, un disco dinámico, un disco de diferenciación, o un disco sin procesar. Adicionalmente, los discos duros virtuales pueden ser configurados para tener un archivo de registro de hacer o deshacer (*redo or undo log file*), el cual altera el comportamiento de la persistencia de una unidad de disco duro. Estas características están disponibles para la mayoría, aunque no para todas las plataformas de virtualización. A continuación se explicaran cada una de estas características especiales.

DISCOS FIJOS

Un disco fijo es la unidad de disco duro virtual que más se parece a un disco duro físico. El disco fijo es representado por un archivo con un tamaño determinado el cual reside en el servidor anfitrión. Cuando es creado, el tamaño del archivo es fijado inmediatamente en su tamaño máximo, consumiendo una cantidad igual de almacenamiento del servidor anfitrión. Como ocurre con todos los disco duros virtuales, al momento de su creación, el disco fijo esta vacío. Por ejemplo, cuando un disco duro virtual de 10 GB es creado, un archivo estático de 10 GB es creado en el servidor anfitrión. Este archivo representa el disco fijo y contendrá todos sus datos. En todo momento, el archivo mantendrá un tamaño de 10 GB invariablemente. Este no cambiara aun cuando los datos son escritos en el disco fijo o cuando los datos son eliminados del. El uso de este tipo de discos duros provee un mejor rendimiento que el de discos dinámicos ya que de esta forma se evita cualquier tipo de sobrecarga debido al crecimiento de los archivos en servidor anfitrión.

DISCOS DINÁMICOS

Un disco dinámico es una unidad de disco duro virtual la cual empieza como un archivo pequeño, consumiendo únicamente la cantidad de espacio de almacenamiento que es necesita del servidor anfitrión, y crece únicamente cuando nuevos datos son escritos en el disco duro virtual. Cuando es creado, es especificado el tamaño máximo de disco que podrá utilizar, sin embargo, el archivo que representa el disco en el servidor anfitrión solamente ocupara el espacio necesario para almacenar sus datos en ese momento determinado. El tamaño del disco duro virtual nunca podrá exceder su tamaño máximo. Por ejemplo, cuando un disco dinámico de 10 GB es creado, el tamaño máximo de 10 GB es almacenado dentro de la estructura de datos interna del disco dinámico. Gracias a esta característica, el archivo en el servidor anfitrión que representa al disco dinámico en un principio únicamente ocupara unos kilobytes de espacio de almacenamiento. Una vez que el proceso de instalación del sistema operativo huésped inicia dentro de la maquina virtual, el disco dinámico crecerá a medida que nuevos datos sean escritos en el disco. Es importante señalar que, cuando se eliminan archivos del disco dinámico, el archivo en el servidor anfitrión que representa al disco dinámico no cambiara, es decir, el archivo no reducirá su tamaño. En cambio, los sectores eliminados son marcados y reusados cuando sea necesario.

DISCOS DE DIFERENCIACIÓN

Un disco de diferenciación es un tipo especial de disco duro virtual dinámico que es dependiente de un disco padre. Los discos de diferenciación comparten una relación padre/hijo con otro disco duro virtual en la que el disco de diferenciación es el hijo. La combinación resultante entre el disco de diferenciación y el disco duro virtual padre crea un solo disco duro virtual, el cual es “visto” como una sola unidad por la maquina virtual a la que es asignado el disco de diferenciación. Una vez que el disco de diferenciación es ligado a un disco padre, este último se convierte en un disco de solo lectura. A partir de ese momento, cualquier cambio hecho es guardado dentro del disco de diferenciación, el cual crecerá tanto como sea necesario. Es el padre, sin embargo, el encargado de controlar el tamaño máximo de la combinación. Cuando un acceso de lectura ocurre en el disco, siempre son regresados los cambios más recientes. El proceso es el siguiente. Primero el acceso de lectura ocurre en el disco padre y después en el disco de diferenciación, regresando los datos más actuales del disco de diferenciación, siempre y cuando existan en este. En el caso de que el padre sea alterado de alguna forma, el disco de diferenciación no será válido, ya que su relación con el padre depende del estado de este en el momento en el que ambos están ligados.

DISCOS SIN PROCESAR

Un disco duro sin procesar es el montaje, en una maquina virtual, de todo un disco duro físico o de un volumen lógico de un disco duro físico. La utilización de este tipo de discos es muy útil en circunstancias especiales donde una maquina virtual requiere tener acceso a datos que existen en un disco físico o cuando es requerido un alto rendimiento en disco. En realidad, los discos duros sin procesar no son unidades virtuales, sin embargo, estos aparecen como un discos duros virtuales ante la maquina virtual en la cual son montados.

DISCOS REDO O UNDO

De manera similar a los discos duros físicos, todos los discos duros virtuales son persistentes de manera predeterminada, es decir, los cambios realizados al disco duro virtual ocurren de manera inmediata y son permanentes. Existe una característica común a la mayoría de las plataformas de virtualización, la cual permite modificar el modo de persistencia de un disco duro virtual.

Un disco *redo* o *undo* (también conocido como *redo log file*) es un disco especial el cual es creado cuando el modo de persistencia de un disco duro virtual es modificado. Este tipo de disco es muy similar al disco dinámico. El disco es ligado a un disco padre cuando este es creado, el cual se convierte en un disco de solo lectura, y todos los cambios son escritos en el disco *undo*.

Una maquina virtual debe ser apagada para que alguno de sus discos duros virtuales pueda cambiar su modo de persistencia. Al momento de ser reiniciada la maquina virtual, cualquier disco duro virtual adjunto a esta que este configurado en el modo *undo* y no tenga un archivo de disco para deshacer asignado en el servidor anfitrión, tendrá un disco para deshacer nuevo y vacío creado específicamente para él.

Los discos *undo* son discos temporales que permiten a los administradores decidir más tarde como deberán ser manejados los datos que en él se alojan. Si los discos *undo* son eliminados, todos los cambios hechos en la maquina virtual cuando estos discos fueron creados se perderán de manera definitiva y el disco duro virtual regresara al estado previo y sin modificaciones del disco padre. Por otra parte, si los discos *undo* son dejados solos, todos los cambios en el disco duro virtual continuaran escribiéndose en los discos para deshacer y estos continuaran creciendo.

Una característica importante y de utilidad que poseen los discos *undo* es la de permitir la fusión de los cambios escritos dentro de estos discos dentro del disco padre de manera permanente. Una vez que esto ha ocurrido, el disco *undo* es descartado y queda inutilizado a partir de este momento, debido a que el disco padre ha sido modificado.

ANEXO D: DIAGNÓSTICO DE SERVIDORES PARA LA UNIDAD DE SERVICIOS DE CÓMPUTO ACADEMICO

Servicio	Disco duro		Memoria RAM		Tipo	Año de adquisición	Año de renovación
	Capacidad total [GB]	Ocupación actual [%]	Capacidad total [GB]	Ocupación actual [%]			
Correo, almacenamiento, atención a incidentes	265.40	74.22	1.00	98.25	Servidor	2005	2009
Seguridad a servidores institucionales	35.76	8.18	0.24	26.02	PC	2003	2009
Seguridad, conjunto norte	33.70	11.26	0.25	30.31	PC	2003	2009
Seguridad, conjunto sur	35.76	4.00	0.25	27.17	PC	2003	2009
NAT, salas de préstamo	35.76	1.83	0.25	22.83	PC	2003	2009
NAT, conjunto norte	2.90	25.86	0.25	21.26	PC	2003	2009
NAT, conjunto sur	69.30	1.32	1.99	14.04	PC	2007	2010
NAT, sala 4	36.70	2.16	0.25	21.96	PC	2003	2009
NAT, conjunto norte	13.06	4.77	0.12	29.37	PC	2001	2009
Correo para la Dirección	273.00	56.04	10.00	80.00	Servidor	2007	2010
IDS, conjunto norte	74.4	53.23	1.00	43.25	PC	2007	2010
IDS, conjunto norte	27.09	77.54	1.23	98.10		2007	2010
Correo gráfico y almacenamiento	266.00	38.00	1.00	95.00	Servidor	2005	2009
Correo gráfico y almacenamiento	600.00	7.00	4.00	50.00	Servidor	2009	2012
Correo gráfico y almacenamiento	425.00	15.00	2.00	80.00	PC	2008	2011
Desarrollo de aplicaciones para alumnos	9.00	90.00	0.25	30.00	PC	2001	2009
Web	260.00	30.00	1.00	10.00	PC		2009
Web	148.00	10.00	0.38	98.00	PC	2005	2009
Bases de datos	260.00	48.00	0.38	5.00	Servidor	2001	2009
Bases de datos	160.00	10.00	0.38	98.00	PC	2005	2009
Monitoreo de red	40.00	35.00	0.50	90.00	PC	2001	2009
Monitoreo de red	40.00	10.00	0.50	30.00	PC	2002	2009
Monitoreo de servicios	250.00	30.00	2.00	90.00	PC	2001	2010
Plataforma educativa	300.00	29.00	4.00	25.00	Servidor	2007	2009
Plataforma educativa	30.00	15.00	1.00	25.00	PC	2006	2009
SIGEVI y SICICE	280.00	35.00	4.00	50.00	Servidor	2004	2011
Desarrollo de aplicaciones	280.00	35.00	4.00	50.00	Servidor	2008	2011
Inventarios	90.00	80.00	1.00	95.00	PC	2008	2010
Desarrollo	90.00	95.00	1.00	95.00	PC	2007	2009
NAT, conjunto sur	80.00	40.00	2.00	40.00	PC	2006	2010
SCOSU	40.00	60.00	0.25	45.00	PC	2003	2009
Software Aula A y D	20.00	98.00	0.31	50.00	PC	2001	2009
Software Aula B y C	20.00	95.00	0.32	50.00	PC	2001	2009
Aplicaciones UNICA	20.00	40.00	0.31	50.00	PC	2001	2009
Software Aula E y G	40.00	100.00	0.32	50.00	PC	2001	2009
Software Aula F y H	40.00	95.00	0.31	50.00	PC	2001	2009

VISIÓN Y MISIÓN

La declaración de visión y de misión son dos aspectos fundamentales en la planeación estratégica de una organización. La visión es una declaración que indica hacia donde se dirige la organización a largo plazo, o que es aquello en lo que pretende convertirse, por lo que debe responder a la pregunta ¿Qué quiere ser la organización? Por otra parte, la misión es una declaración duradera del propósito de la organización, esta debe responder a la pregunta ¿Cuál es la razón de ser de la organización? Ligado a la misión se encuentran los valores, que son cualidades positivas que posee una organización, tales como la búsqueda de la excelencia o el desarrollo de la comunidad. Tanto la misión como los valores le dan identidad a la organización.

DECLARACIÓN DE LA VISIÓN

La declaración de visión tiene como objetivo el definir en que pretende convertirse una organización. La razón de establecer una visión para la organización, es que esta sirva como una guía que permita enfocar los esfuerzos de todos los integrantes de la organización hacia una misma dirección. De esta forma se logra el establecimiento de objetivos, el diseño de estrategias, la toma de decisiones y la ejecución de tareas, todo esto bajo la guía de la visión organizacional, logrando así, coherencia y orden.

El establecimiento de la visión también sirve como fuente de inspiración, logrando que todos los miembros de la organización se sientan identificados, incluidos, comprometidos y motivados para alcanzar las metas que esta propone.

Una buena visión de organización, debe tener las siguientes características:

- Debe ser positiva, atractiva, alentadora e inspiradora. Debe promover el sentido de identificación y compromiso de todos los miembros de la organización.
- Debe estar alineada y ser coherente con los valores, principios y la cultura de la organización.
- Debe ser clara y comprensible para todos. Debe ser entendible y fácil de seguir.
- No debe ser fácil de alcanzar, pero tampoco imposible.
- Debe ser retadora.
- Debe ser ambiciosa, pero factible.
- Debe ser realista, debe ser una aspiración posible, teniendo en cuenta el entorno, los recursos de la organización y sus posibilidades reales.

Para formular la visión de una organización, es posible basarse en las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la imagen futura que se quiere proyectar de la organización?
- ¿Cuáles son los deseos y aspiraciones de los integrantes de la organización?
- ¿Hacia dónde se dirige la organización?
- ¿Hasta dónde se pretende llegar?

DECLARACIÓN DE LA MISIÓN

La declaración de la misión de una organización define la razón de ser de esta. El motivo de establecer la misión de una organización es que esta sirva como un punto de referencia que permita a todos los miembros de la misma actuar en función de esta, es decir, lograr que se establezcan objetivos, se diseñen estrategias, se tomen decisiones y se ejecuten tareas, bajo la guía de esta, logrando así coherencia y organización.

La misión le da identidad y personalidad a una organización, mostrando a agentes externos, tales como clientes o proveedores, el ámbito en el cual se desarrolla, y permitiendo distinguirla de otras organizaciones que ofrecen servicios similares.

Además de los argumentos mencionados, el establecimiento de una misión organizacional, sirve como fuerza motivadora, logrando que todos los integrantes de la organización se identifiquen y comprometan con esta. Por este motivo, es fundamental que se comunique y se haga recordar a todos los empleados.

La definición de la misión debe poseer las siguientes características:

- Debe ser clara y comprensible para todos los miembros de la organización.
- No debe ser muy limitada que llegue a impedir el accionar de los miembros de la organización, pero tampoco debe ser muy amplia que llegue a provocar confusiones respecto al propósito de la organización y lo que esta hace.
- Debe distinguir a la organización de otras similares.

Para formular la misión de una organización, se pueden tomar en cuenta los siguientes factores:

- ¿Quiénes son los clientes?
- ¿Cuáles son los productos y servicios principales?
- ¿Cuál es el mercado en que se desenvuelve la organización?
- ¿Con qué tecnología cuenta la organización?
- ¿Cuáles son los intereses de crecimiento para la organización?
- ¿Cuáles son las creencias, valores o principios de la organización?
- ¿Qué ventaja competitiva ofrece la organización sobre otras similares?

DIAGNÓSTICO

Antes de definir un plan estratégico es necesario conocer el estado actual en que se encuentra la organización, así como el entorno en el que se desenvuelve.

ANÁLISIS EXTERNO DE LA ORGANIZACIÓN

En la actualidad no basta con hacer un análisis del estado en que se encuentra la organización. Debido a los constantes cambios que ocurren en el entorno en el que se desenvuelven las organizaciones, que es particularmente evidente en el mundo de las Tecnologías de la Información, resulta muy importante hacer

un análisis no solo de los aspectos internos de la organización, sino también de los factores externos relacionados con el entorno.

Un análisis externo consiste en detectar y evaluar acontecimientos y tendencias que suceden en el entorno de la organización, las cuales se encuentran más allá de su control, y que podrían beneficiarla o perjudicarla de una manera significativa.

El motivo principal de realizar un análisis externo es el de detectar oportunidades y amenazas, de manera que se puedan definir estrategias para aprovechar las oportunidades, y estrategias para mitigar las amenazas, o por lo menos, reducir su impacto.

Un análisis externo podría realizarse a través del siguiente proceso.

1. Definir factores clave del entorno.

En este punto se determinan los factores que podrían influir en la organización, tanto de forma positiva como negativa. Estos factores pueden ser:

- a. Factores económicos.
- b. Factores sociales, culturales, demográficos y ambientales.
- c. Factores políticos, gubernamentales y legales.
- d. Factores tecnológicos.
- e. Factores de acción directa (Factores de la competencia, Productos sustitutos, Proveedores y Clientes).

2. Determinar fuentes de información.

En este punto se determinan cuáles serán las fuentes externas a través de las cuales se obtendrá la información requerida. Estas fuentes se pueden clasificar en:

- a. Fuentes primarias.
- b. Fuentes secundarias.

3. Recolección de información.

Una vez que se han sido seleccionadas las fuentes de información, se inicia la etapa de recolección de información.

4. Evaluación de la información.

En este punto se hace un análisis de la información recolectada en el paso anterior, generando pronósticos y proyecciones.

Es preciso recordar que el objetivo de hacer una evaluación de esta información es la de buscar oportunidades y amenazas. Una vez que evaluadas las diferentes oportunidades y amenazas detectadas, estas deben ser clasificadas de acuerdo con el orden de importancia.

5. Finalmente, una vez analizada la información, se llega a la etapa de toma de decisiones o de diseño de estrategias, las cuales permitirán a la organización aprovechar las oportunidades detectadas, y hacer frente a las amenazas.

ANÁLISIS INTERNO DE LA ORGANIZACIÓN

El análisis interno consiste en el estudio de los diversos factores que existen dentro de una organización con el fin de evaluar los recursos con los que cuenta esta, además de detectar fortalezas y debilidades. Este

estudio permitirá diseñar estrategias que faciliten el aprovechamiento de las fortalezas y estrategias que reduzcan o mitiguen las debilidades.

Un análisis interno puede ser realizado a través del siguiente proceso.

1. Determinar la información el tipo de información requerida.
En este punto se deberán de definir qué tipo de información se necesita de cada área de la organización. El diseño de métricas y formatos podría facilitar el proceso de recolección de información.
2. Determinar fuentes de información.
En segundo lugar es necesario definir cuáles serán las fuentes a través de las cuáles se obtendrá la información requerida. Estas fuentes pueden incluir estados financieros, resultados de auditorías, informes, publicaciones internas, reportes, además de encuestas y entrevistas directas con los empleados.
3. Recolección de información.
Una vez determinadas las fuentes de información, el siguiente paso es recolectarla para que pueda ser analizada.
4. Análisis de la información.
Después de finalizar con el proceso de recolección de información, el siguiente paso es analizarla con el objetivo de conocer el estado real de la organización, así como su capacidad, lo que permitirá detectar fortalezas y debilidades.
Las fortalezas permiten a la organización alcanzar un alto nivel de competitividad, mientras que las debilidades pueden impactar el logro de objetivos.
5. Tomar decisiones o diseñar estrategias.
Con los resultados obtenidos a través del análisis de la información recolectada, se debe proceder con el establecimiento de los objetivos de la organización, en base a sus capacidades y posibilidades. También se deben formular las estrategias que permitan aprovechar las fortalezas y mitigar las debilidades. Al igual que con el análisis externo, se deben clasificar estas fortalezas y debilidades, y se debe dar prioridad a las más importantes.

ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS

Los objetivos son los resultados que una organización pretende alcanzar. Una vez que se ha realizado un diagnóstico de la organización y de su entorno, se debe proceder con la definición de los objetivos que permitan lograr la misión que esta se ha formulado, y que permitan también capitalizar las fortalezas y superar las debilidades, tanto internas como externas. Los objetivos que se establezcan dependerán necesariamente de la capacidad de la organización, así como de la situación del entorno.

El establecimiento de objetivos es esencial para el éxito de la organización, ya que estos revelan prioridades, determinan un curso a seguir y sirven como fuente de motivación para todos los miembros de la organización. El definir objetivos también permite enfocar esfuerzos hacia una misma dirección, generando participación, compromiso y motivación en los integrantes de la organización, y, al alcanzarlos, generan un estado de satisfacción benéfico para esta.

La coordinación, organización y control; generados por los objetivos; les permiten servir de guía para la formulación de estrategias y para la asignación adecuada de recursos, además de servir como base para la realización de tareas o actividades.

Los objetivos son también importantes porque permiten evaluar resultados, al comparar lo obtenido con los objetivos propuestos y, de esta forma, medir la eficacia y productividad de la organización, de cada área, de cada equipo o de cada empleado. Al comparar objetivos con resultados se evalúa también el grado de eficacia de las estrategias y permite corregir el camino, de ser necesario.

CARACTERÍSTICAS DE LOS OBJETIVOS

Los objetivos deben cumplir con las siguientes características:

- **Medibles.** Los objetivos deben ser cuantitativos y estar ligados a un límite de tiempo. Por ejemplo, en vez del objetivo “Aumentar el número de servidores virtualizados,” un objetivo medible sería “Aumentar el número de servidores virtualizados en un 20% para el próximo trimestre.” Sin embargo, es posible utilizar objetivos genéricos, siempre y cuando estén acompañados de objetivos específicos o medibles que en conjunto, permitan alcanzar los generales.
- **Claros.** Los objetivos deben ser entendibles y precisos, y no prestarse a confusiones ni dejar demasiados márgenes de interpretación.
- **Alcanzables.** Los objetivos deben de ser posibles de alcanzar, por lo que deben estar dentro de las posibilidades de la organización, teniendo en cuenta su capacidad o recursos que esta posea. Se debe tener en cuenta también la disponibilidad de tiempo necesario para cumplirlos, así como las características del entorno.
- **Desafiantes.** Deben de representar un reto para la organización, pero también tienen que ser realistas. No deben ser algo que sucederá de cualquier forma, sino algo que signifique un desafío. Objetivos poco ambiciosos no son de mucha utilidad, aunque en muchos casos, iniciar con objetivos fáciles de lograr sirven como estímulo para no abandonar el camino al comenzar.
- **Coherentes.** Los objetivos deben estar alineados y relacionados con otros objetivos, con la visión, con la misión, las políticas, la cultura organizacional y los valores de la organización.

TIPOS DE OBJETIVOS

De acuerdo con su naturaleza, los objetivos pueden clasificarse en:

- **Objetivos generales.** Son objetivos genéricos que no pueden ser medidos cuantitativamente. Dentro de este tipo de objetivos se encuentra la visión de la organización, que es el principal objetivo general que se persigue.
- **Objetivos específicos.** Son objetivos concretos necesarios para lograr que se alcancen los objetivos generales. Están expresados en cantidad y tiempo.

De acuerdo al alcance del tiempo, los objetivos se pueden clasificar en:

- **Objetivos a largo plazo (Estratégicos).** Son objetivos a nivel de la organización que sirven para definir el rumbo de la organización. Se hacen generalmente para un periodo de entre tres y cinco años. Cada objetivo estratégico requiere a su vez de varios objetivos tácticos.
- **Objetivos a mediano plazo (Tácticos).** Son objetivos a nivel de áreas o departamentos que se establecen en función de los objetivos estratégicos. Se definen generalmente para un periodo de entre uno y tres años. Cada objetivo táctico requiere de una serie de objetivos operacionales.
- **Objetivos a corto plazo (Operacionales).** Son objetivos a nivel de operaciones que se establecen en función de los objetivos tácticos. Se hacen generalmente para un plazo no mayor a un año.

DISEÑO, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS

Como se puede observar, el establecimiento de objetivos es un paso crítico para definir el rumbo que tomara la organización, así como de los proyectos que dentro de ella se desarrollen. Una vez establecidos los objetivos generales, se debe proceder con el diseño, la evaluación y la selección de estrategias que permitan alcanzar dichos objetivos.

El proceso para diseñar, evaluar y seleccionar estrategias podría ser el siguiente:

1. Evaluar la información resultante tanto del análisis externo como del interno, evaluar el enunciado de la misión y los valores, evaluar los objetivos, y evaluar las estrategias que se hayan utilizado anteriormente.
2. Diseñar una serie manejable de estrategias factibles, tomando en cuenta la información analizada en el punto anterior.
3. Evaluar las estrategias propuestas, determinando ventajas, desventajas, costos y beneficios de cada una.
4. Seleccionar las estrategias a utilizar, y clasificarlas tomando en cuenta la evaluación realizada en el punto anterior.

DISEÑO DE PLANES ESTRATÉGICOS

Finalmente, ya que han sido determinadas las estrategias que se pretenden utilizar, se procede con el diseño de los planes estratégicos, los cuales consisten en documentos en donde se especifica cómo es que se pretende alcanzar los objetivos generales propuestos, es decir, cómo se van a ejecutar las estrategias formuladas. En un plan estratégico se debe señalar:

- Cuáles serán los objetivos específicos que permitirán alcanzar los objetivos generales.
- Cuáles serán las estrategias específicas que permitan alcanzar los objetivos específicos.
- Qué recursos se van a utilizar, y cómo se van a distribuir.
- Quiénes serán los encargados de la implementación de las estrategias.
- Cuándo se implementarán o ejecutarán las estrategias, y en qué tiempo se obtendrán los resultados.
- Cuánto se tendrá que invertir para la implementación de las estrategias.

Glosario

Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET)

ARPANET fue la red que se convirtió en la base de internet. Basada en un concepto publicado en 1967, ARPANET fue desarrollada bajo la dirección de la U.S. Advanced Research Projects Agency (ARPA). El propósito inicial fue el de establecer comunicaciones y compartir recursos de cómputo principalmente entre científicos de las universidades conectadas a esta red.

Amazon Web Services (AWS)

Conjunto de servicios de cómputo remotos (también conocidos como servicios web) que constituyen una plataforma de cómputo en la nube, ofrecida sobre internet mediante Amazon.com. Los servicios centrales y más conocidos de estos servicios son Amazon EC2 y Amazon S3.

AMD-V

Conjunto de extensiones de *hardware* para procesadores con arquitectura x86. AMD diseñó las extensiones para realizar tareas repetitivas normalmente realizadas por *software* y mejorar el uso de recursos y el desempeño de máquinas virtuales.

ARPANET

Ver *Advanced Research Projects Agency Network*.

AWS

Ver *Amazon Web Services*.

Blade servers

Ver *Servidores blade*.

Canal de fibra

Tecnología para la transmisión de datos entre dispositivos de cómputo a una velocidad de hasta 4 Gbps (y 10 Gbps en un futuro cercano). Un canal de fibra es especialmente adecuado para conectar servidores con dispositivos de almacenamiento compartido y para interconectar controladores de almacenamiento y dispositivos. Los estándares del canal de fibra están especificados en el estándar Fibre Channel Physical and Signalling, y el ANSI X3.230-1994, el cual es también el ISO 14165-1.

CEO

Ver *Chief Executive Officer*.

Chief Executive Officer (CEO)

Posición corporativa de alto rango, responsable de la supervisión de las operaciones de la organización. Comúnmente el presidente de la compañía, el CEO reporta al director y a los miembros de la mesa directiva.

Chief Information Officer (CIO)

Puesto de trabajo comúnmente dado a la persona en una empresa que es responsable de los sistemas de tecnologías de la información y de cómputo que soportan las metas de la organización.

CIO

Ver *Chief Information Officer*.

Citrix Systems

Citrix Systems Inc. es una compañía multinacional fundada en 1989, que provee virtualización de servidores y de escritorio, redes de datos, Software como Servicio (SaaS, por sus siglas en inglés), y tecnologías de cómputo en la nube, incluyendo los productos de código abierto Xen.

Cómputo en la nube

Termino general para todo lo que engloba la prestación de servicios alojados sobre internet. De manera general estos servicios están divididos en tres categorías: Infraestructura como Servicios (IaaS, por sus siglas en inglés), Plataforma como Servicio (PaaS, por sus siglas en inglés) y Software como Servicio (SaaS, por sus siglas en inglés). Un servicio en la nube tiene tres características distintivas que lo diferencia del alojamiento tradicional. Es vendido bajo demanda, normalmente por los minutos o por las horas de uso; es elástico, un usuario puede tener tanto o tan poco del servicio como él lo prefiera, en un momento determinado; y el servicio es totalmente administrado por el proveedor, el consumidor no necesita nada más que una computadora personal y acceso a internet. Innovaciones significativas en materia de virtualización y cómputo distribuido, así como mejoras en el acceso a internet de alta velocidad, han acelerado el interés en el cómputo en la nube.

Connectix Corporation

Fue una compañía de *software* y de *hardware*, pionera en productos de virtualización. Su *software* de virtualización Virtual PC y Virtual Server fue vendido a Microsoft en 2003.

Consolidación de servidores

Tomar varios servidores físicos separados con cargas de trabajo únicas y combinarlas dentro de un único *host*. La principal tecnología que impulsa esta tendencia es la virtualización.

CRM

Ver *Customer Relationship Management*.

Customer Relationship Management (CRM)

Termino de la industria de la información para metodologías, *software*, y usualmente capacidades de internet que ayudan a una empresa a administrar relaciones con los clientes de una manera organizada. Por ejemplo, una empresa podría construir una base de datos de sus clientes que describa relaciones suficientemente detalladas de tal forma que la administración, la gente de ventas, la gente encargada de proveer servicios, y el usuario puedan acceder directamente a la información, satisfacer las necesidades del usuario con planes de productos y ofertas, recordar a los clientes de requerimientos de servicios, saber que otros productos ha adquirido un clientes, entre otras cosas.

Data center

Repositorio centralizado, ya sea físico o virtual para el almacenamiento, administración, y diseminación de datos e información organizada alrededor de un cuerpo de conocimiento en particular o a una empresa en particular.

Data warehouse

Repositorio central para todos los datos o para partes significantes de estos que los diversos sistemas de negocios de una empresa recolectan. El término fue acuñado por W. H. Inmon. IBM algunas veces utiliza el término "information warehouse." Normalmente, un data warehouse es alojado en un servidor mainframe

de la empresa. Los datos de varias aplicaciones OLTP y otros recursos son extraídos selectivamente y organizados en la base de datos del data warehouse para ser utilizados por aplicaciones analíticas y consultas de usuarios.

DHCP

Ver *Dynamic Host Configuration Protocol*.

Digital Alpha Processors

Alpha es un microprocesador y el nombre de un sistema de cómputo de Equipment Corporation (DEC), el cual es ahora parte de Compaq. Los procesadores Alpha utilizan una nueva y más avanzada arquitectura que la línea de cómputo insignia de DEC, VAX. Los procesadores Alpha están basados en una arquitectura Reduced Instruction Set Computing (RISC) y maneja 64 bits a la vez.

Disco de expansión dinámica

Disco duro virtual que comienza con un archivo que consume únicamente la cantidad de espacio de almacenamiento que necesita del servidor anfitrión, y crece en la medida que nuevos datos son escritos en el disco duro virtual. Cuando se crea, el tamaño máximo del disco es especificado, pero al archivo que representa al disco se le asigna únicamente el tamaño necesario para almacenar sus datos en ese punto del tiempo. Un disco de expansión dinámica no puede exceder su tamaño máximo.

Disco de tamaño fijo

Disco duro virtual que más se asemeja a un disco duro físico. Cuando se crea, al archivo le es asignado inmediatamente su tamaño máximo, consumiendo una cantidad igual de espacio de almacenamiento del servidor anfitrión. Al igual que todos los discos duros virtuales, el disco de tamaño fijo este vacío tras haber sido creado.

Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

Protocolo de comunicaciones que permite gestionar de una manera centralizada y automatizada la asignación de direcciones IP en la red de la organización. El DHCP permite supervisar y distribuir direcciones IPs desde un punto central y automáticamente enviar una nueva dirección cuando un equipo es conectado a la red.

Emulación

Duplicación de las funciones de un sistema en otro completamente diferente, de tal forma que el comportamiento del sistema emulado se asemeje mucho al comportamiento del sistema real. Los emuladores son utilizados usualmente con propósitos de compatibilidad o de depuración. Los emuladores pueden proporcionar también funcionalidades equivalentes a implementaciones de *hardware* o *software* a un costo más bajo (y probablemente con un rendimiento menor) que el *hardware* o *software* original.

Enterprise Resource Planning (ERP)

Termino de la industria para el amplio conjunto de actividades que ayudan a las empresas a gestionar las partes importantes de su negocio. La información disponible a través de sistemas ERP proporcionan visibilidad para los indicadores clave de rendimiento requeridos para cumplir con los objetivos corporativos. Las aplicaciones ERP pueden ser utilizadas para gestionar planeaciones de productos, adquisición de piezas, inventarios, interacción con proveedores, proporcionando servicio al cliente y ordenes de seguimiento.

ERP

Ver *Enterprise Resource Planning*.

FCoE

Ver *Fibre Channel over Ethernet*.

Fibre Channel over Ethernet (FCoE)

Protocolo de almacenamiento que permite que las comunicaciones de canal de fibra corran directamente sobre Ethernet. FCoE hace posible el movimiento de tráfico de canal de fibra a lo largo de la infraestructura Ethernet existente y la convergencia entre los protocolos de almacenamiento e IP en una única vía de transporte por cable.

Gartner

Compañía de investigación en tecnología de la información y consultoría que proporciona que provee información relacionada con tecnología. Las investigaciones que proporciona Gartner están dirigidas hacia CIOs y líderes de TI en industrias que incluyen agencias de gobierno, empresas de alta tecnología y telecomunicaciones, firmas de servicios profesionales, e inversores en tecnología.

Hardware virtual

Dispositivos utilizados durante la configuración de una máquina virtual. Estos dispositivos incluyen discos duros virtuales, adaptadores de red, puertos seriales y paralelos, adaptadores de video, dispositivos de DVD/CD-ROM, y floppy.

Hypervisor

También llamado Virtual Machine Monitor (VMM), es un programa que permite que múltiples sistemas operativos compartan un único servidor anfitrión. Cada sistema operativo aparenta tener únicamente para el todos los recursos del anfitrión como procesador o memoria. Sin embargo, el *hypervisor* está en realidad controlando los recursos del anfitrión, asignando lo que necesitan a cada sistema operativo y asegurando que los sistemas operativos huéspedes (máquinas virtuales) no interfieran entre sí.

IaaS

Infrastructure as a Service. Ver *Infraestructura como Servicio*.

IBM

Ver *International Business Machines*.

IDE

Ver *Integrated Drive Electronics*.

Imagen ISO

Archivo que contiene la imagen completa de un DVD/CD-ROM físico. La imagen es un archivo que contiene un sistema de archivos ISO 9660, el cual es el sistema de archivos para CD-ROM estándar creado por un grupo de la industria conocido como High Sierra.

Infraestructura como Servicio (IaaS, por sus siglas en inglés)

Modelo de aprovisionamiento en el cual una organización subcontrata el equipo utilizado para soportar operaciones, incluyendo almacenamiento, *hardware*, servidores y componentes de red. El proveedor de servicio es propietario del equipo y es responsable de su alojamiento, ejecución y mantenimiento. El cliente normalmente paga en función del uso que hace de la infraestructura.

Integrated Drive Electronics (IDE)

Interface electrónica estándar utilizada entre el bus de la tarjeta madre de una computadora y dispositivos de almacenamiento. La interfaz IDE está basada en el bus estándar de 16 bits de IBM PC Industry Standard Architecture (ISA), pero también es utilizada por computadoras que utilizan otro tipo de bus estándar.

Intel VT

Asistente de *hardware* diseñado por Intel para procesadores ejecutando plataformas de virtualización. Intel VT incluye una serie de extensiones para virtualización por *hardware*.

International Business Machines (IBM)

Corporación multinacional de tecnología y consultoría. IBM manufactura y vende *hardware* y *software*, y ofrece infraestructura, alojamiento y consultoría de servicios en áreas que van desde *mainframes* hasta nanotecnología.

Internet Small Computer System Interface (iSCSI)

Estándar de almacenamiento de red basado en IP para conectar instalaciones de almacenamiento de datos, desarrollado por la Engineering Task Force (IETF). Al llevar comandos SCSI sobre redes IP, iSCSI es utilizado para facilitar la transferencia de datos sobre intranets y para administrar almacenamiento a larga distancia. Debido a la ubicuidad de las redes IP, iSCSI puede ser utilizado para transmitir datos sobre redes de área local, redes de área amplia, o sobre internet, y permite el almacenamiento y la recepción de datos independientemente de la ubicación.

iSCSI

Ver Internet Small Computer System Interface.

LAN

Local Area Network. Ver *Red de Área Local*.

Mainframe

También conocido como *big iron*, es una computadora de alto desempeño utilizada para propósitos de cómputo de gran escala que requieren disponibilidad y seguridad más altas que las que equipos de menor escala pueden ofrecer.

Máquina virtual

Entorno de operación autónomo que se comporta como si se tratara de una computadora independiente. Una máquina virtual emula por completo el *hardware* del sistema, incluyendo procesador, adaptador de red, dispositivos removibles, dispositivos periféricos, entre otros dispositivos. Múltiples máquinas virtuales configuradas con diferentes sistemas operativos huéspedes son capaces de operar en el mismo servidor anfitrión simultáneamente.

Metropolitan VM User Association (MVMUA)

Organización sin fines de lucro cuyo propósito es el de promover el uso de sistemas operativos virtualizados y el de la educación de los profesionales encargados de darles soporte. Fue fundada en Nueva York en 1973.

Microkernel

Es la mínima parte de *software* que puede proporcionar los mecanismos necesarios para implementar un sistema operativo. Estos mecanismos incluyen administración de espacio de direcciones a bajo nivel, administración de hilos, y comunicación entre procesos.

Microprocesador

Un microprocesador engloba todas, o la mayoría, de las funciones de un CPU y es el “motor” que pone en movimiento a una computadora. Un microprocesador está diseñado para realizar operaciones aritméticas y lógicas que hacen uso de pequeñas áreas de retención de números llamadas registros. Normalmente las operaciones de un microprocesador incluyen suma, resta, comparación de dos números, y corrimiento de números de un área a otra. Estas operaciones son el resultado de un *set* de instrucciones que son parte del diseño del microprocesador.

Microsoft Corporation

Corporación multinacional dedicada al desarrollo, manufactura, licenciamiento y soporte de un amplio rango de productos y servicios relacionados con el cómputo.

MVMUA

Ver *Metropolitan VM User Association*.

NAS

Ver *Network Attached Storage*.

NAT

Ver *Network Address Translation*.

National Institute of Standards and Technology (NIST)

Unidad del Departamento de Comercio de Estados Unidos. Formalmente conocido como National Bureau of Standards, en NIST promueve a mantiene estándares de medición. También cuenta con programas activos para alentar y ayudar a la industria a desarrollar y utilizar estos estándares.

Network Address Translation

Una red NAT (Network Address Translation) permite la comunicación entre máquinas virtuales la red externa. El uso de una NAT representa una ventaja cuando la cantidad de direcciones IPs disponible es limitada en la red física y están siendo utilizadas por los servidores físicos.

Network Attached Storage (NAS)

Almacenamiento por disco duro configurado con su propia dirección de red. El dispositivo NAS es adjuntado la red de área local (típicamente una red Ethernet) y le es asignada una dirección IP. Las solicitudes de archivos son mapeadas por el servidor principal hacia el servidor de archivos NAS.

Network File System (NFS)

Aplicación cliente/servidor que permite a un usuario de un equipo de cómputo ver, y opcionalmente almacenar y actualizar, archivos en un equipo remoto como si lo hicieran en su propia computadora. El sistema del usuario necesita tener un cliente NFS y el equipo remoto requiere un servidor NFS.

NFS

Ver *Network File System*.

NIST

Ver *National Institute of Standards and Technology*.

OLTP

Ver *OnLine Transaction Processing*.

OnLine Transaction Processing (OLTP)

Clase de programa que facilita y administra aplicaciones orientadas a transacción, normalmente para la entrada de datos y la recuperación de transacciones en diferentes tipos de industrias tales como bancos, aerolíneas, supermercados, entre otras. Probablemente el producto OLTP más instalado el CICS (Customer Information Control System) de IBM.

P2V

Ver *Physical to Virtual*.

PaaS

Platform as a Service. Ver *Plataforma como Servicio*.

Plataforma como Servicio (PaaS, por sus siglas en inglés)

Modelo de renta de *hardware*, sistemas operativos, almacenamiento y capacidad de red a través de internet. Este modelo de prestación de servicio permite al cliente rentar servidores virtualizados y servicios asociados para la ejecución de aplicaciones ya creadas, o el desarrollo y realización de pruebas de nuevas aplicaciones.

Physical to Virtual (P2V)

Proceso de conversión del contenido de equipos físicos (sistema operativo, aplicaciones) en máquinas virtuales.

PowerPC

Arquitectura de microprocesadores que fue desarrollada en conjunto por Apple, IBM y Motorola. El PowerPC emplea Reduced Instruction-Set Computing (RISC). Las tres compañías que participaron en el desarrollo han hecho de PowerPC un estándar abierto, invitando a otras compañías a participar en su mejora.

Red de Área Amplia (WAN, por sus siglas en inglés)

Red de telecomunicaciones dispersa geográficamente. El término distingue a una estructura de telecomunicaciones más amplia que una LAN. Una WAN puede ser privada o rentada, pero el término usualmente incluye redes públicas.

Red de Área Local (LAN, por sus siglas en inglés)

Grupo de computadoras y dispositivos asociados que comparten una línea de comunicaciones común o un enlace inalámbrico. Típicamente, los dispositivos conectados comparten recursos dentro de una pequeña área geográfica (por ejemplo, dentro de un edificio de oficinas). Una LAN puede ser útil para un grupo pequeño de usuarios (por ejemplo, en una red doméstica) o para miles de usuarios (por ejemplo, en una red corporativa).

Red externa

Red virtual configurada para utilizar un adaptador físico de red para conectar máquinas virtuales con servidores físicos externos, otras máquinas virtuales, o recursos.

Red interna

Red virtual configurada para no utilizar el adaptador físico de red. Todo el tráfico de red queda confinado dentro del servidor anfitrión permitiendo únicamente que las máquinas virtuales que se encuentran en el mismo servidor anfitrión se comuniquen entre sí.

Reduced Instruction Set Computer

Microprocesador diseñado para realizar un pequeño número de tipos de instrucciones de computadora de tal forma que pueda operar a velocidades más altas (realizar más millones de instrucciones por segundo, o MIPS). Ya que cada tipo de instrucción que una computadora debe realizar requiere de transistores y circuitos adicionales, una larga lista o conjunto de instrucciones de computadora tienden a hacer al microprocesador más complicado y lento en operación.

Red virtual

Emulación de una red física. Puede ser configurada para proporcionar acceso a un recurso de red interno o externo para una o más máquinas virtuales. Puede incluir un servidor de DHCP virtual para proporcionar direcciones IP a las máquinas virtuales conectadas a la red, y en algunos casos también cuenta con una NAT.

RISC

Ver *Reduced Instruction Set Computer*.

SAN

Ver *Storage Area Network*.

SaaS

Software as a Service. Ver *Software como Servicio*.

Scalable Processor Architecture (SPARC)

SPARC es una arquitectura para microprocesadores de 32 y 64 bits diseñada por Sun Microsystems que está basada en Reduced Instruction Set Computing (RISC). SPARC se ha convertido en una arquitectura ampliamente usada para *hardware* utilizando en sistemas operativos basados en UNIX.

SCSI

Ver *Small Computers System Interface*.

Servidor anfitrión

Servidor físico sobre el cual la plataforma de virtualización es instalada.

Servidor huésped

Ver *Máquina virtual*.

Servidores blade

Equipo optimizado para consumir una mínima cantidad de energía eléctrica y utilizar el espacio disponible en un *data center* tan eficientemente como sea posible. Dependiendo del diseño del vendedor del servidor, la densidad de servidor con *blades* puede ser hasta seis veces más grande que con servidores regulares. Debido a que la eficiencia es una meta de diseño importante para los servidores blade, solo los componentes *core* del servidor se encuentran dentro del blade. Todo lo que pueda ser compartido entre servidores se ubica en el chasis del blade.

Simulación

Imitación de la operación de un sistema en el tiempo. La simulación requiere de un modelo, el cual representa las características claves o el comportamiento del sistema simulado. El modelo representa al sistema mismo, mientras que la simulación representa la operación del sistema en el tiempo. La simulación de *hardware* y *software* comúnmente se utiliza con el propósito de realizar pruebas de interfaces, corrección de problemas, y pruebas de prototipos. Un simulador es usualmente mucho menos complejo y mucho más rápido de implementar y utilizar que el sistema real.

Sistema operativo anfitrión

Sistema operativo instalado en el servidor físico que está ejecutando el *software* de virtualización.

Sistema operativo huésped

Sistema operativo instalado y en ejecución dentro de una máquina virtual.

Small Computers System Interface (SCSI)

Conjunto de interfaces electrónicas estándar de la ANSI que permiten la comunicación entre computadoras personales y dispositivos periféricos tales como discos duros, unidades de cinta magnética, CD-ROMs, impresoras, entre otros.

Smart card

Tarjeta de plástico de un tamaño similar al de una tarjeta de crédito, con un microchip integrado al que se le pueden cargar datos, utilizado para telefonía celular, pagos electrónicos, autenticación con certificados digitales, etc.

Snapshot

Característica de las plataformas de virtualización que permiten preservar el estado completo de las máquinas virtuales (el estado de todos sus discos duros virtuales, el contenido de su memoria, su estado de alimentación eléctrica, y sus configuraciones) tal como se encontró en el momento en el que el *snapshot* fue tomado. Al revertir el estado de la máquina virtual al *snapshot*, todos los cambios realizados en la máquina virtual desde que el *snapshot* fue tomado serán descartados. Un *snapshot* podrá ser tomado mientras la máquina virtual está encendida, apagada, o suspendida, dependiendo de la plataforma de virtualización.

Software como Servicio (SaaS, por sus siglas en inglés)

Modelo de distribución de *software* en el cual las aplicaciones son alojadas por un vendedor o proveedor de servicio y puestas como disponibles a los clientes sobre una red, normalmente internet.

SPARC

Ver *Scalable Processor Architecture*.

Storage Area Network (SAN)

Red de dispositivos de almacenamiento que permite transferencia de datos a nivel de bloque entre equipos conectados. Las redes SAN utilizan tecnologías tales como Canales de Fibra y iSCSI para interconectar a los equipos con los dispositivos de almacenamiento. Los dispositivos de almacenamiento implementados en una SAN son usualmente abstraídos o virtualizados en volúmenes lógicos.

Tecnologías de la Información (TI)

Término que engloba todas las formas de tecnología utilizadas para crear, almacenar, intercambiar, y utilizar información en sus diversas formas (datos de negocio, telecomunicaciones, almacenamiento, virtualización, redes de datos, seguridad de la información, entre muchas otras). Este término incluye tanto comunicaciones como tecnologías de cómputo en un mismo concepto.

TI

Ver *Tecnologías de la Información*.

Uninterruptible Power Supply (UPS)

Dispositivo que permite que una computadora seguir funcionando durante un corto periodo de tiempo cuando ocurre una baja en el suministro principal de energía. También proporciona protección contra cambios de voltaje. Un UPS contiene una batería que entra en acción cuando el dispositivo detecta una pérdida en la alimentación eléctrica, notificándolo al usuario, y ofrece un periodo de tiempo para guardar cualquier dato y apagar el equipo de forma segura antes de que la fuente secundaria de alimentación eléctrica (la batería) se descargue.

UPS

Ver *Uninterruptible Power Supply*.

V2V

Ver Virtual to Virtual.

VDI

Ver *Virtual Desktop Infrastructure*.

Virtual Machine Monitor (VMM)

Ver *Hypervisor*.

Virtual Desktop Infrastructure (VDI)

Tecnología que permite alojar un sistema operativo de escritorio dentro de una máquina virtual corriendo sobre un servidor centralizado. VDI es una variante del modelo cliente/servidor, algunas veces referido como cómputo basado en servidor. El término fue acuñado por VMware Inc.

Virtual to Virtual (V2V)

Proceso de convertir un tipo de imagen de un disco duro virtual y su contenido a otro tipo diferente de imagen de disco duro virtual, con el objetivo de hacerlas compatibles entre plataformas de virtualización.

Virtualización

Tecnología que proporciona una capa de abstracción del *hardware* físico creando ambientes lógicos separados para la ejecución de sistemas operativos o aplicaciones.

VMM

Ver *Virtual Machine Monitor*.

VMware

Compañía que provee *software* de virtualización para computadoras compatibles con la arquitectura x86. VMware Inc. es una subsidiaria de EMC Corporation y tiene su sede en Palo Alto, California.

WAN

Wide Area Network. Ver *Red de Área Amplia*.

x86

Set de instrucciones del CPU del *hardware* de Intel y plataforma sobre la cual operan la mayoría de servidores hoy en día.

Referencias

ADAMS Keith; OLE AGESEN. *A Comparison of Software and Hardware Techniques for x86 Virtualization* [en línea]. Consultado el 3 de enero de 2010, y disponible en: http://www.vmware.com/pdf/asplos235_adams.pdf

Answers Corp. *Virtual machine monitor* [en línea]. Consultado el 2 de enero de 2010, y disponible en: <http://www.answers.com/topic/virtual-machine-monitor>

Awareness into Action. *Green Data Center Facility Management* [en línea]. Consultado el 10 de enero de 2011, y disponible en: <http://www.awarenessintoaction.com/whitepapers/Cisco-Data-Center-Solutions-Sustainability%20.html>

BARRETT Alex. *Citrix XenServer and Essentials licensing, pricing explained* [en línea]. Consultado el 8 de junio de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/Citrix-XenServer-and-Essentials-licensing-pricing-explained>

BARRETT Alex. *Hypervisor pricing and licensing comparison guide* [en línea]. Consultado el 8 de junio de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/Hypervisor-pricing-and-licensing-comparison-guide>

BARRETT Alex. *vSphere and vCenter licensing and pricing explained -- a VMWare license guide* [en línea]. Consultado el 8 de junio de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/vSphere-and-vCenter-licensing-and-pricing-explained-a-VMWare-license-guide>

BIGELOW Stephen J. *Host and guest virtual machine: Definitions* [en línea]. Consultado el 21 de diciembre de 2009, y disponible en: http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/0,289483,sid94_gci1370787,00.html

BIGELOW Stephen J. *Software licensing challenges: How virtualization obscures CPU usage* [en línea]. Consultado el 7 de junio de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/Software-licensing-challenges-How-virtualization-obscures-CPU-usage>

Bitpipe, Inc. *Virtual Machine Monitor White Papers (Hypervisor, VMM, Virtual Machine Manager)* [en línea]. Consultado el 2 de enero de 2010, y disponible en: <http://www.bitpipe.com/tlist/Virtual-Machine-Monitor.html>

BITTMAN Thomas J.; DAWSON Philip; WEISS George J. *Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure* [en línea]. Consultado el 19 de septiembre de 2010, y disponible en: <http://www.gartner.com/technology/media-products/reprints/vmware/article4/article4.html>

BITTMAN Thomas J. [et al]. *Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure* [en línea]. Consultado el 18 de julio de 2012, y disponible en: <http://www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-1B2IRYF&ct=120626&st=sg>

Blog Cyantec [en línea]. Consultado el 17 de octubre de 2010, y disponible en: <http://www.cyantec.com/blog/>

BOTELHO Bridget. *Microsoft Hyper-V R2 pricing, licensing explained* [en línea]. Consultado el 8 de junio de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/Microsoft-Hyper-V-R2-pricing-licensing-explained>

BRANDON Jelani. *What is portability?* [en línea]. Consultado el 30 de diciembre de 2009, y disponible en: http://searchstorage.techtarget.com/sDefinition/0,,sid5_gci212809,00.html

BREÑA MORAL Juan Antonio. *Web Services* [en línea]. Consultado el consultado en 2 de enero de 2010, y disponible en: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/957.php>

CERVIGON David. *Licenciamiento en entornos virtualizados: Windows Server*. Consultado el 18 de julio de 2012, y disponible en: <http://blogs.technet.com/b/davidcervigon/archive/2009/11/15/licenciamiento-en-entornos-virtualizados-windows-server.aspx>

Citrix Systems. *Achieving the lowest server virtualization TCO* [en línea]. Consultado el 11 de febrero de 2011, y disponible en: <http://simplicityispower.citrix.com/xenserver/deliver/pdf/achieving-low-server-virtualization-tco.pdf>

Citrix Systems. *Citrix Systems >> Application Virtualization Overview – Citrix XenApp* [en línea]. Consultado el 30 de diciembre de 2009, y disponible en: <http://www.citrix.com/English/ps2/products/subfeature.asp?contentID=1683975>

Citrix Systems. *Milestones >> Citrix Systems* [en línea]. Consultado el 2 de agosto de 2010, y disponible en: <http://www.citrix.com/English/aboutCitrix/milestones.asp?myear=2008>

Citrix Systems. *Citrix Systems >> Server virtualization, virtual server - XenServer Specifications* [en línea]. Consultado el 29 de diciembre de 2010, y disponible en: <http://www.citrix.com/English/ps2/products/subfeature.asp?contentID=1681139>

CLAYBROOK Bill. *How to choose the right server virtualization software vendor* [en línea]. Consultado el 26 de mayo de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/news/1372421/How-to-choose-the-right-server-virtualization-software-vendor>

COLLEDGE Rod. *Server Consolidation and Virtualization - DatabaseJournal.com* [en línea]. Consultado el 17 de octubre de 2010, y disponible en: <http://www.databasejournal.com/features/mssql/article.php/3811246/Server-Consolidation-and-Virtualization.htm>

CROSS Andrew. *Time to consider multiple hypervisor platforms for server virtualization* [en línea]. Consultado el 6 de junio de 2011, y disponible en: http://searchvirtualdatacentre.techtarget.co.uk/tip/Time-to-consider-multiple-hypervisor-platforms-for-server-virtualisation?ShortReg=1&mbConv=searchVirtualDataCentreUK_RegActivate_Submit&

DAMOULAKIS Jim. *Opinion: 6 keys to virtualization project success – Computerworld* [en línea]. Consultado el 4 de febrero de 2011, y disponible en: http://www.computerworld.com/s/article/9066578/Opinion_6_keys_to_virtualization_project_success

DAVID Fred R. *Conceptos de Administración Estratégica*. Parson Educación. México, 2003.

DAVIS David. *Virtualization implementation: Nine steps to success* [en línea]. Consultado el 6 de julio de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/Virtualization-implementation-Nine-steps-to-success>

DAVIS David. *Virtual server deployment: A step-by-step guide* [en línea]. Consultado el 4 de julio de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/tutorial/Virtual-server-deployment-A-step-by-step-guide>

DAVIS David. *Virtual server infrastructure design, planning and deployment* [en línea]. Consultado el 25 de mayo de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/Virtual-server-infrastructure-design-planning-and-deployment>

Emerson Electric Co. *Emerson | Aperture | Data Center Leadership Strategies for the Enterprise* [en línea]. Consultado el 11 de enero de 2011, y disponible en: <http://www.emersonnetworkpower.com/en-US/Brands/Aperture/Solutions/ApertureEnterpriseStrategies/Pages/ApertureEnterpriseFacilitiesManagementDataCenter.aspx>

Emerson Electric Co. *Emerson | Aperture | Data Center Power and Cooling: New Requirements for a New Generation of Computing* [en línea]. Consultado el 10 de enero de 2011, y disponible en: <http://www.emersonnetworkpower.com/en-US/Brands/Aperture/Solutions/ApertureEnterpriseStrategies/Pages/ApertureEnterpriseDataCenterPowerandCooling.aspx>

ExtremeTech. *Virtual Machines & VMWare—Part II – Networking – OS, Software & Networking by ExtremeTech* [en línea]. Consultado el 29 de diciembre de 2009, y disponible en: <http://www.extremetech.com/article2/0,1697,1156371,00.asp>

FAQ de Cloud Computing | Saasmania [en línea]. Consultado el 17 de octubre de 2010, y disponible en: <http://www.saasmania.com/faq-sobre-cloud-computing/>

FORAN Joseph. *IT certifications: How does virtualization stack up?* [en línea]. Consultado el 21 de junio de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/feature/IT-certifications-How-does-virtualization-stack-up>

FORAN Joseph. *IT certifications: How does virtualization stack up?* [en línea]. Consultado el 21 de junio de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/feature/IT-certifications-How-does-virtualization-stack-up>

Gartner, Inc. *Gartner EXP Worldwide Survey of Nearly 1,600 CIOs Shows IT Budgets in 2010 to be at 2005 Levels* [en línea]. Consultado el 5 de agosto de 2010, y disponible en: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1283413>

Gartner, Inc. *Gartner Says Cloud Computing Will Be As Influential As E-business* [en línea]. Consultado el 19 de septiembre de 2010, y disponible en: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=707508>

Gartner, Inc. *Use Best Practices to Design Data Center Facilities* [en línea]. Consultado el 10 de enero de 2011, y disponible en: http://www.it.northwestern.edu/bin/docs/DesignBestPractices_127434.pdf

GOLDWORM Barb. *Top virtualization trends of 2009* [en línea]. Consultado el 6 de enero de 2010, y disponible en:
http://searchvmware.techtarget.com/tip/0,289483,sid179_gci1376299,00.html?ShortReg=1&mboxConv=searchVMware_RegActivate_Submit&

GONZÁLEZ MARTÍN Juan Carlos. *Software As a Service (SaaS): ¿Qué es? - Blog del CIIN* [en línea]. Consultado el 17 de octubre de 2010, y disponible en: <http://geeks.ms/blogs/ciin/archive/2007/10/05/software-as-a-service-sas-191-qu-233-es.aspx>

HOM Elaine J. *Using virtualization to achieve green data centers* [en línea]. Consultado el 10 de enero de 2011, y disponible en:
http://searchsystemschannel.techtarget.com/generic/0,295582,sid99_gci1338129,00.html

Hypervisor/VMM virtualization [en línea]. Consultado el 2 de enero de 2010, y disponible en:
http://www.virtualizacion.com/?page_id=8

IBM Corp. *IBM Virtualization service* [en línea]. Consultado en consultado el consultado en 2 de enero de 2010, y disponible en: <http://www-03.ibm.com/systems/virtualization/services/>

Information Technology: Need To Consider Some Points before going for Virtualization [en línea]. Consultado el 19 de abril de 2011, y disponible en: <http://mushtaqnaik.blogspot.com/2010/04/need-to-consider-some-points-before.html>

KANESHIGE Tom. *The tricky math of server virtualization ROI | Virtualization – InfoWorld* [en línea]. Consultado el 31 de enero de 2011, y disponible en: <http://www.infoworld.com/d/virtualization/tricky-math-server-virtualization-roi-192?page=0,0>

KARGER Paul A.; SAFFORD David R. *I/O for Virtual Machine Monitors: Security and Performance Issues*. IEEE Security & Privacy. IEEE Computer Society, Vol. 6, No. 5. Septiembre/Octubre 2008.

KAPLAN Steve. *A convenient truth: Virtualization's eco-advantages* [en línea]. Consultado el 4 de enero de 2011, y disponible en:
http://searchservvirtualization.techtarget.com/news/article/0,289142,sid94_gci1211870_mem1,00.html

KOMMALAPATI Hanu. *Cloud Computing - Windows Azure Platform for Enterprises* [en línea]. Consultado el 14 de febrero de 2011, y disponible en: <http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/ee309870.aspx>

KRUTZ Ronald L.; VINES Russell Dean. *Cloud Security: A Comprehensive Guide to Secure Cloud Computing*. Wiley Publishing, Inc. Indianapolis, IN, USA, 2010.

KUMAR Rakesh; MINGAY Simon. *How IT Management Can Green the Data Center* [en línea]. Consultado el 4 de enero de 2011, y disponible en:
http://www.mitiweb.com/Source/Gartner_How_to_Green_the_Data_Center.pdf

LARSON Robert; CARBONE Janique. *Windows Server 2008 Hyper-V Kit de Recursos*. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid, España, 2009.

LOHR Steve. *Google and I.B.M. Join in 'Cloud Computing' Research - New York Times* [en línea]. Consultado el 6 de agosto de 2010, y disponible en:

http://www.nytimes.com/2007/10/08/technology/08cloud.html?_r=1&ex=1349496000&en=92627f0f65ea0d75&ei=5090&partner=rssuserland&emc=rss&oref=slogin

LOWE Scott. *How virtualization impacts IT staff, security and change management* [en línea]. Consultado el 19 de enero de 2011, y disponible en: <http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/How-virtualization-impacts-IT-staff-security-and-change-management>

MARSHALL, David; REYNOLDS, Wade A.; MCCRORY Dave. *Advanced Server Virtualization, VMware® and Microsoft® Platforms in the Virtual Data Center*. Auerbach Publications, Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL, USA, 2006.

MAXEY Mike. *Cloud Computing Public or Private? How to Choose Cloud Storage | SYS-CON MEDIA* [en línea]. Consultado el 14 de febrero de 2011, y disponible en: <http://www.sys-con.com/node/707840?page=0,0>

MCALLISTER Neil. *Server virtualization under the hood | Virtualization – InforWorld* [en línea]. Consultado el 30 de diciembre de 2009, y disponible en: <http://www.inforworld.com/d/virtualization/server-virtualization-under-hood-147>

MCITP (*Microsoft Certified IT Professional*) | *Training Courses for IT Professionals* [en línea]. Consultado el 21 de junio de 2011, y disponible en: <http://www.microsoft.com/learning/en/us/certification/mcitr.aspx#tab2>

MELL Peter; GRANCE Tim. *The NIST Definition of Cloud Computing* [en línea]. Consultado el 15 de marzo de 2011, y disponible en: <http://www.nist.gov/itl/cloud/upload/cloud-def-v15.pdf>

Microsoft Corp. *Características más importantes de Hyper-V* [en línea]. Consultado el 23 de noviembre de 2009, y disponible en: http://www.microsoft.com/spain/windowsserver2008/virtualization/hyperv_caract.mspx

Microsoft Corp. *Microsoft Hyper-V Server: System Requirements* [en línea]. Consultado el 6 de diciembre de 2010, y disponible en: <http://www.microsoft.com/hyper-v-server/en/us/system-requirements.aspx>

Microsoft Corp. *Microsoft Application Virtualization 4.5* [en línea]. Consultado en 30 de diciembre de 2009, y disponible en: <http://www.microsoft.com/systemcenter/appv/default.mspx>

Microsoft Corp. *Microsoft Virtualization Products and Technologies* [en línea]. Consultado el 17 de octubre de 2010, y disponible en: <http://www.microsoft.com/latam/virtualizacion/solution-tech-presentation.aspx>

Microsoft Corp. *Windows Server 2008 R2: System Requirements* [en línea]. Consultado el 6 de diciembre de 2010, y disponible en: <http://www.microsoft.com/windowsserver2008/en/us/system-requirements.aspx>

Microsoft Corp. *Windows Server 2008 R2: Virtualization with Hyper-V: FAQ* [en línea]. Consultado el 6 de diciembre de 2010, y disponible en: <http://www.microsoft.com/windowsserver2008/en/us/hyperv-faq.aspx>

MOCHAL Tom. *Defining project scope in IT Projects* [en línea]. Consultado el 11 de abril de 2011, y disponible en: http://www.projectperfect.com.au/info_define_the_scope.php

MOHAMED Arif. *A history of cloud computing – 27/03/2009 – Computer Weekly* [en línea]. Consultado el 4 de agosto de 2010, y disponible en: <http://www.computerweekly.com/Articles/2009/06/10/235429/A-history-of-cloud-computing.htm>

Nemertes Research Group Inc. *Facilities management and the data center: Mind the gap - where physical meets virtual* | Nemertes Research [en línea]. Consultado el 11 de enero de 2011, y disponible en: http://www.nemertes.com/articles/facilities_management_and_the_data_center_mind_the_gap_where_physical_meets_virtual

NICKOLAISEN Niel. *Virtualization project success factors from CIOs* [en línea]. Consultado el 3 de febrero de 2011, y disponible en: http://searchcio-midmarket.techtarget.com/tip/0,289483,sid183_gci1347320,00.html?ShortReg=1&mbConv=searchCIO-Midmarket_RegActivate_Submit&

OLLER Juan Ignacio. *Licenciamiento de Microsoft Windows Server 2008 R2*. Consultado el 18 de julio de 2012, y disponible en: <http://blogs.itpro.es/jioller/2011/08/09/licenciamiento-de-microsoft-windows-server-2008-r2/>

ORTIZ Antonio. *Infraestructura como servicio (IAAS) en el Cloud computing* | Error500 [en línea]. Consultado el 17 de octubre de 2010, y disponible en: <http://www.error500.net/software/infraestructura-como-servicio-iaas-cloud-computing>

ORTIZ Antonio. *Plataforma como servicio (PAAS) en el Cloud computing* | Error500 [en línea]. Consultado el 17 de octubre de 2010, y disponible en: <http://www.error500.net/desarrollo/plataforma-como-servicio-paas-cloud-computing>

Parallels Holdings Ltd. *System Requirements - Parallels Server 4 Bare Metal Edition* [en línea]. Consultado el 29 de diciembre de 2010, y disponible en: <http://www.parallels.com/products/server/baremetal/system-requirements/>

Popek and Goldberg virtualization requirements [en línea]. Consultado el 3 de enero de 2010, y disponible en: http://worldlingo.com/ma/enwiki/en/Popek_and_Goldberg_virtualization_requirements/2

Qué son los 'tiers' en un Centro de Datos. El ANSI/TIA-942 | Nubeblog [en línea]. Consultado el 27 de marzo de 2011, y disponible en: <http://www.nubeblog.com/2010/10/11/que-son-los-tiers-en-un-centro-de-datos-el-ansi-tia-942/>

redhat.com | RHCVA. Consultado el 21 de junio de 2011, y disponible en: <http://www.redhat.com/certification/rhcva/>

Reducing Maintenance Costs With Server Virtualization | Enterprise Features [en línea]. Consultado el 23 de junio de 2011, y disponible en: <http://enterprisefeatures.com/2010/07/reducing-maintenance-costs-with-server-virtualization/>

ROBINSON Ian. <http://download3.vmware.com/vmworld/2005/sln628.pdf> [en línea]. Consultado el 25 de abril de 2011, y disponible en: <http://download3.vmware.com/vmworld/2005/sln628.pdf>

ROUSE Margaret. *What is application virtualization? – Definition from Whatis.com* [en línea]. Consultado el 30 de diciembre de 2009, y disponible en: http://searchenterprisedesktop.techtarget.com/sDefinition/0,,sid192_gci1231906,00.html

ROUSE Margaret. *What is server virtualization?* [en línea]. Consultado el 30 de diciembre de 2009, y disponible en: http://searchservervirtualization.techtarget.com/sDefinition/0,,sid94_gci1032820,00.html

RUEST Nelson; RUEST Danielle. *5 Rules for virtualization success | ITworld* [en línea]. Consultado el 8 de febrero de 2011, y disponible en: <http://www.itworld.com/virtualization/63629/5-rules-virtualization-success?page=0,1>

RULE David; DITTNER Rogier. *The Best Damn Server Virtualization Book Period*. Syngress Publishing, Inc. Burlington, MA, USA, 2007

Search400. *Definition RISC (Reduced Instruction Set Computer)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://search400.techtarget.com/definition/RISC>

SearchCIO. *Definition CEO (Chief Executive Officer)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchcio.techtarget.com/definition/CEO>

SearchCIO. *Definition CIO (Chief Information Officer)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchcio.techtarget.com/definition/CIO>

SearchCIO-Midmarket. *Definition Microprocessor (logic chip)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchcio-midmarket.techtarget.com/definition/microprocessor>

SearchCRM. *Definition CRM (Customer Relationship Management)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchcrm.techtarget.com/definition/CRM>

SearchCloudComputing. *Definition Cloud Computing* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/cloud-computing>

SearchCloudComputing. *Definition Infrastructure as a Service (IaaS)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/Infrastructure-as-a-Service-iaaS>

SearchCloudComputing. *Definition Platform as a Service (PaaS)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/Platform-as-a-Service-PaaS>

SearchCloudComputing. *Definition Software as a Service (SaaS)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/Software-as-a-Service>

SearchDataCenter. *Definition Data Center* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/data-center>

SearchDataCenter. *Definition IT (Information Technology)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/IT>

SearchDataCenter. *Definition Mainframe (big iron)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/mainframe>

SearchDataCenter. *Definition OLTP (Online Transaction Processing)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/OLTP>

SearchDataCenter. *Definition Uninterruptible Power Supply (UPS)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/uninterruptible-power-supply>

SearchDataCenter. *Things to know about blade server technology before you buy* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchdatacenter.techtarget.com/tip/Things-to-know-about-blade-server-technology-before-you-buy>

SearchEnterpriseDesktop. *Definition Network File System (NFS)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchenterprisedesktop.techtarget.com/definition/Network-File-System>

SearchEnterpriseWAN. *Definition WAN (Wide Area Network)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchenterprisewan.techtarget.com/definition/WAN>

SearchNetworking. *Definition ARPANET* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/ARPANET>

SearchNetworking. *Definition Local Area Network (LAN)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/local-area-network-LAN>

SearchSAP. *Definition ERP (Enterprise Resource Planning)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchsap.techtarget.com/definition/ERP>

SearchSecurity. *Definition SmartCard* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchsecurity.techtarget.com/definition/smart-card>

SearchServerVirtualization. *Definition AMD-V (AMD Virtualization)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchservervirtualization.techtarget.com/definition/AMD-V>

SearchServerVirtualization. *Definition Hypervisor* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchservervirtualization.techtarget.com/definition/hypervisor>

SearchServerVirtualization. *Definition Intel VT (Virtualization Technology)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchservervirtualization.techtarget.com/definition/Intel-VT>

SearchServerVirtualization. *Definition PowerPC* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchservervirtualization.techtarget.com/definition/PowerPC>

SearchServerVirtualization. *Definition SPARC (Scalable Processor Architecture)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchservervirtualization.techtarget.com/definition/SPARC>

SearchServerVirtualization. *Definition Virtual Desktop Infrastructure (VDI)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchservervirtualization.techtarget.com/definition/virtual-desktop-infrastructure-VDI>

SearchServerVirtualization. *What is a virtual machine monitor?* [en línea]. Consultado el 2 de enero de 2010, y disponible en: http://searchservervirtualization.techtarget.com/sDefinition/0,,sid94_gci1190932,00.html

SearchServerVirtualization. *Why virtualization projects need ROI calculations* [en línea]. Consultado el 28/enero de 2011, y disponible en: <http://searchservervirtualization.techtarget.com/tutorial/Why-virtualization-projects-need-ROI-calculations>

SearchSoftwareQuality. *Definition NIST (National Institute of Standards and Technology)* [en línea].

Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en:

<http://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/NIST>

SearchSQLServer. *Definition Data Warehouse or Information Warehouse* [en línea]. Consultado el 19 de

noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchsqlserver.techtarget.com/definition/data-warehouse>

SearchStorage. *Definition FCoE (Fibre Channel over Ethernet)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de

2012, y disponible en: <http://searchstorage.techtarget.com/definition/FCoE-Fibre-Channel-over-Ethernet>

SearchStorage. *Definition Fibre Channel* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en:

<http://searchstorage.techtarget.com/definition/Fibre-Channel>

SearchStorage. *Definition IDE (Integrated Drive Electronics)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de

2012, y disponible en: <http://searchstorage.techtarget.com/definition/IDE>

SearchStorage. *Definition iSCSI (Internet Small Computer System Interface)* [en línea]. Consultado el 19 de

noviembre de 2012, y disponible en: <http://searchstorage.techtarget.com/definition/iSCSI>

SearchStorage. *Definition Network-Attached Storage (NAS)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de

2012, y disponible en: <http://searchstorage.techtarget.com/definition/network-attached-storage>

SearchStorage. *Definition SCSI (Small Computer System Interface)* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre

de 2012, y disponible en: <http://searchstorage.techtarget.com/definition/SCSI>

SearchUnifiedCommunications. *Definition DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)* [en línea].

Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en:

<http://searchunifiedcommunications.techtarget.com/definition/DHCP>

SearchVMware. *Definition VMware* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en:

<http://searchvmware.techtarget.com/definition/VMware>

SEDIGHI Art. *Service Virtualization: The Road to Simplification* [en línea]. Consultado el consultado en

consultado en 2 de enero de 2010, y disponible en:

<http://www.developer.com/design/article.php/3678296/Service-Virtualization-The-Road-to-Simplification.htm>

Server consolidation and virtualization project planning guide [en línea]. Consultado el 8 de julio de 2011, y

disponible en: [http://searchservvirtualization.techtarget.com/tutorial/Server-consolidation-and-](http://searchservvirtualization.techtarget.com/tutorial/Server-consolidation-and-virtualization-project-planning-guide?ShortReg=1&mbxConv=searchServerVirtualization_RegActivate_Submit&)

[virtualization-project-planning-](http://searchservvirtualization.techtarget.com/tutorial/Server-consolidation-and-virtualization-project-planning-guide?ShortReg=1&mbxConv=searchServerVirtualization_RegActivate_Submit&)

[guide?ShortReg=1&mbxConv=searchServerVirtualization_RegActivate_Submit&](http://searchservvirtualization.techtarget.com/tutorial/Server-consolidation-and-virtualization-project-planning-guide?ShortReg=1&mbxConv=searchServerVirtualization_RegActivate_Submit&)

SIEBERT Eric. *Eight critical tasks to complete after server virtualization* [en línea]. Consultado el 11 de julio de

2011, y disponible en: [http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/Eight-critical-tasks-to-complete-](http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/Eight-critical-tasks-to-complete-after-server-virtualization)

[after-server-virtualization](http://searchservvirtualization.techtarget.com/tip/Eight-critical-tasks-to-complete-after-server-virtualization)

Siemens AG. *Ten Tips For Virtualization Success* [en línea]. Consultado el 3 de febrero de 2011, y disponible

en: [http://www.it-solutions.siemens.com/b2b/it/en/us/Documents/whitepapers/Siemens-Ten-Tips-for-](http://www.it-solutions.siemens.com/b2b/it/en/us/Documents/whitepapers/Siemens-Ten-Tips-for-Virtualization-Success.pdf)

[Virtualization-Success.pdf](http://www.it-solutions.siemens.com/b2b/it/en/us/Documents/whitepapers/Siemens-Ten-Tips-for-Virtualization-Success.pdf)

STANSBERRY Matt. *The green data center 2.0: Beyond best practices* [en línea]. Consultado el 4 de enero de 2011, y disponible en: http://searchdatacenter.techtarget.com/news/1312412/The-green-data-center-20-Beyond-best-practices?ShortReg=1&mbConv=searchDataCenter_RegActivate_Submit&

STEELE Colin. *Virtualization challenges: Security, storage and VM sprawl* [en línea]. Consultado el 4 de febrero de 2011, y disponible en: <http://searchservervirtualization.techtarget.com/tip/Virtualization-challenges-Security-storage-and-VM-sprawl>

SUGANO Alan. *Server Virtualization Basics* [en línea]. Consultado el 30 de diciembre de 2009, y disponible en: <http://windowsitpro.com/article/articleid/50236/server-virtualization-basics.html>

TAYLOR Guillermo. *Definición de Cloud Computing por el NIST - Guillermo Taylor @ Microsoft - Site Home - TechNet Blogs* [en línea]. Consultado el 17 de octubre de 2010, y disponible en: <http://blogs.technet.com/b/guillermotaylor/archive/2010/08/25/definici-243-n-de-cloud-computing-por-el-nist.aspx>

TechyCentral. *Virtual applications (App-V) download repository* [en línea]. Consultado el 30 de diciembre de 2009, y disponible en: <http://v-irtualization.com/2009/10/31/virtual-applications-app-v-download-repository/>

TURBIT Neville. *Define project scope to include deliverables, boundaries, and requirements | TechRepublic* [en línea]. Consultado el 11 de abril de 2011, y disponible en: <http://www.techrepublic.com/blog/project-management/define-project-scope-to-include-deliverables-boundaries-and-requirements/151>

Using multiple platforms for virtualization: Pros and cons [en línea]. Consultado el 6 de junio de 2011, y disponible en: <http://searchservervirtualization.techtarget.com/feature/Using-multiple-platforms-for-virtualization-Pros-and-cons>

VAN VUGT Sander. *Virtualization certification options: VMware, Microsoft and Citrix* [en línea]. Consultado el 15 de junio de 2011, y disponible en: <http://searchservervirtualization.techtarget.com/tip/Virtualization-certification-options-VMware-Microsoft-and-Citrix>

Virtual Overhead [en línea]. Consultado el 3 de enero de 2010, y disponible en: <http://virtualoverhead.blogspot.com/>

Virtualization: State of the Art [en línea]. Consultado el 6 de enero de 2010, y disponible en: <http://whitepapers.opensystemsmedia.com/u/pdfs/WhitePaper.SCOPE-Virtualization-Stat.pdf>

VMware, Inc. *Free VMware vSphere Hypervisor: Bare Metal Hypervisor (Based on VMware ESXi)* [en línea]. Consultado el 22 de diciembre de 2010, y disponible en: <http://www.vmware.com/products/vsphere-hypervisor/>

VMware, Inc. *Getting Started with ESXi Installable* [en línea]. Consultado el 22 de diciembre de 2010, y disponible en: http://www.vmware.com/pdf/vsphere4/r41/vsp_41_esxi_i_get_start.pdf

VMware, Inc. *Green IT Calculator - Reduce Energy Costs with VMware Virtualization* [en línea]. Consultado el 4 de enero de 2011, y disponible en: <http://www.vmware.com/solutions/green/calculator.html>

VMware, Inc. *Historia de la virtualización, máquina virtual, consolidación de servidores* [en línea]. Consultado el 20 de octubre de 2009, y disponible en: <http://www.vmware.com/es/overview/history.html>

VMware, Inc. *How VMware Virtualization Right-sizes IT Infrastructure to Reduce Power Consumption* [en línea]. Consultado el 3 de enero de 2011, y disponible en: http://www.vmware.com/files/pdf/WhitePaper_ReducePowerConsumption.pdf

VMware, Inc. *Reduce Energy Costs and Go Green With VMware Green IT Solutions* [en línea]. Consultado el 3 de enero de 2011, y disponible en: <http://www.vmware.com/files/pdf/VMware-GREEN-IT-OVERVIEW-SB-EN.pdf>

VMware, Inc. *Virtual Machines, Virtual Server, Virtual Infrastructure* [en línea]. Consultado el 19 de agosto de 2010, y disponible en: <http://www.vmware.com/virtualization/virtual-machine.html>

VMware, Inc. *VMware Communities: Espacio mínimo en disco para VMWARE ESXI* [en línea]. Consultado el 29 de diciembre de 2010, y disponible en: <http://communities.vmware.com/message/1605891>

VMware, Inc. *VMware Communities: ESXi installation - Flash memory vs Hard disk* [en línea]. Consultado el 29 de diciembre de 2010, y disponible en: <http://communities.vmware.com/docs/DOC-11349>

VMware, Inc. *VMware Infrastructure: A Guide to Bottom-Line Benefits* [en línea]. Consultado el 3 de enero de 2011, y disponible en: <http://download3.vmware.com/vi3/VMware-Infrastructure-Guide-to-Bottom-Line-Benefits.pdf>

VMware, Inc. *VMware ThinApp for Application Virtualization* [en línea]. Consultado el 30 de diciembre de 2009, y disponible en: <http://www.vmware.com/products/thinapp/>

VMware, Inc. *VMware Virtual Networking Concepts* [en línea]. Consultado el 30 de diciembre de 2009, y disponible en: http://www.vmware.com/files/pdf/virtual_networking_concepts.pdf

WhatIs. *Definition Alpha* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://whatIs.techtarget.com/definition/Alpha>

Web Services [en línea]. Consultado el 2 de enero de 2010, y disponible en: <http://cv1.cpd.ua.es/ws/default.asp>

Wikipedia. *Amazon Web Services - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Web_Services

Wikipedia. *Citrix Systems – Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 2 de agosto de 2010, y disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Citrix_Systems

Wikipedia. *Cloud computing – Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 4 de agosto de 2010, y disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing

Wikipedia. *Connectix - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Connectix>

Wikipedia. *Emulator - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Emulator>

Wikipedia. *Gartner - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Gartner>

Wikipedia. *Google Docs - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 11 de julio de 2012, y disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Docs

Wikipedia. *Google Drive - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 11 de julio de 2012, y disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Drive

Wikipedia. *Hyper-V – Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 23 de noviembre de 2009, y disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hyper-V>

Wikipedia. *IBM - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ibm>

Wikipedia. *iCloud - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 11 de julio de 2012, y disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/ICloud>

Wikipedia. *John McCarthy (computer scientist) - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 4 de agosto de 2010, y disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_\(computer_scientist\)](http://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_(computer_scientist))

Wikipedia. *Microkernel - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Microkernel>

Wikipedia. *Microsoft - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft>

Wikipedia. *Office Web Apps - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 11 de julio de 2012, y disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Office_Web_Apps

Wikipedia. *Simulation - Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 19 de noviembre de 2012, y disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>

Wikipedia. *VMware – Wikipedia, the free encyclopedia* [en línea]. Consultado el 2 de agosto de 2010, y disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/VMware>