

INTRODUCCION A LA VIRTUALIZACION

En este primer capítulo vamos a ver información general sobre el término *virtualización*, sus diferentes aproximaciones teóricas y sus aplicaciones prácticas hoy en día. Después de hacer una rápida reseña histórica, podemos comprobar como la *virtualización* no es un término nuevo y que además en informática podemos encontrar muchos ámbitos en los que es aplicable la característica *virtual*.

Después, veremos el paso crucial dado con la creación de tecnologías hardware como soporte para la virtualización, *Intel VT* y *AMD-V*, y nos centraremos en qué consiste la *virtualización* en nuestros días bajo el punto de vista de la empresa actual: este es el campo sobre el que desarrollaré el Proyecto Fin de Carrera y no es otro que, simplificándolo en una frase, *la ejecución de servicios en máquinas dentro de otras máquinas*. Aquí introduciremos los conceptos de *máquina virtual* e *hipervisor*, y exploraremos de manera breve la gran variedad de modelos de virtualización existentes como lo son la *virtualización de plataforma*, *de recursos*, *aplicaciones* y *escritorio*. Cada uno de los anteriores puede derivar en varios paradigmas y modos de operar que clasificaremos con detenimiento, haciendo especial hincapié en las categorías englobadas dentro del ámbito de la *virtualización de plataforma*: *virtualización completa*, *paravirtualización*, *virtualización a nivel del sistema operativo*, *a nivel del kernel*, *emulación* y *sistemas invitados*.

Virtualizar aporta ventajas y posibilidades únicas en la actualidad. Permite reducir costes en prácticamente todos los campos de actuación de la administración de sistemas; desde la instalación y configuración de equipos hasta los procesos de copias de seguridad, monitorización, gestión y administración de la infraestructura. Disminuye el número de servidores físicos necesarios y el porcentaje de desuso de los recursos de los que disponen, aumentando su eficiencia energética. También nos brinda la posibilidad de centralizar y automatizar procesos cuya administración normalmente consume mucho tiempo, pudiendo aprovisionar y migrar máquinas virtuales de una manera rápida y fiable, manteniendo alta la calidad del servicio y bajo el tiempo de respuesta ante una caída del mismo.

Las técnicas de virtualización unidas a otras herramientas disponibles pueden garantizar requerimientos que de otro modo serían difíciles de cubrir, al menos de manera tan sencilla, como son por ejemplo alta disponibilidad y alto rendimiento. En nuestro caso serán aplicadas a servicios de telefonía IP, por lo que es también de vital importancia revisar el estado actual de este tipo de servicios y más concretamente de *Asterisk*. *Asterisk*, desde su aparición, ha revolucionado por completo el concepto de servicios de telefonía IP debido a sus ventajosas prestaciones proporcionando características telefónicas que lo dotan de un gran potencial, como escalabilidad, portabilidad y flexibilidad, o su integración con Internet y redes locales. Además de todo ello, que no es poco, *Asterisk* supone una gran reducción en costes fundamentalmente debido al uso de Internet como medio de transporte para las comunicaciones, al mismo tiempo que posee un gran abanico de características diferenciadoras como gestión y distribución automática de llamadas, buzones de voz, salas de conferencias, fax virtuales... Tanto la telefonía IP en general como *Asterisk* en particular serán estudiados en el capítulo cuarto *Introducción a la telefonía IP y Asterisk*.

La combinación de virtualización y telefonía IP puede ofrecer unos resultados realmente espectaculares uniendo las ventajas que derivan del uso de uno y otro. Sin embargo, existen desventajas derivadas de esta asociación. Sirva este capítulo como introducción teórica al primer pilar de esta unión, la virtualización, y como análisis previo y necesario para el resto del desarrollo del proyecto.

1 Historia de la Virtualización

En este primer apartado profundizaremos en el concepto de virtualización haciendo un pequeño repaso histórico de la tecnología, no tan reciente como podríamos pensar. Viendo sus orígenes y entendiendo las causas que provocaron que evolucionara como lo ha hecho, llegaremos al punto en el que hoy en día nos encontramos: un amplio abanico de soluciones que encajan perfectamente en las necesidades actuales de las empresas. Esta variedad de soluciones, clasificadas en diferentes modelos, ha provocado que normalmente se confunda el término virtualización con otras actividades con objetivos similares. Haremos una parada en las tecnologías hardware desarrolladas tanto por Intel (*Intel VT*) como por AMD (*AMD-V*), cuya aparición fue y sigue siendo una referencia muy importante en ciertos casos en los que la solución de virtualización a aplicar requiera de su presencia como soporte físico y asistir en el proceso. Esto ocurre, por ejemplo, cuando queremos aplicar *virtualización completa* con máquinas virtuales que alojen sistemas operativos *invitados sin modificar*. Finalmente, estableceremos las bases de porqué la virtualización juega hoy día un papel tan importante y porqué lo seguirá haciendo en el futuro.

1.1 ANTECEDENTES

Virtualizar ha sido considerado históricamente y de manera general como tomar *algo* en cierto estado y hacer parecer que se encuentra en otro estado diferente. A partir de ello, dos aproximaciones han ido evolucionando: hacer parecer que un computador se trata de múltiples computadores y no solamente de uno –virtualización- o lograr que múltiples computadores sean uno sólo; esto, más que virtualización, comúnmente es llamado *Grid Computing* o *Server Aggregation*.

La virtualización no es un tema novedoso en informática, de hecho se considera que existe, aproximadamente, desde hace cuatro o cinco décadas. Por aquel entonces y hasta hace pocos años era aplicada en ámbitos exclusivos, sólo prácticamente para los grandes centros de cálculo, tanto bancarios como militares y universitarios. Algunos de los usos pioneros de la virtualización incluyen al *IBM 7044* (en el que la máquina física era la *M44*, que albergaba varias máquinas lógicas *44X* para los procesos) el *CTSS* (*Compatible Time Sharing System*)

desarrollado por el MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) en el *IBM 7044*, y el proyecto *Atlas* de la Manchester University (uno de los primeros supercomputadores del mundo, operativo en 1962), pionero en el uso de paginación bajo demanda y llamadas en modo supervisor.



Figura 1.1 Computadores IBM 7040 y 7044 en un centro de computación en 1964.

El **proyecto Atlas** tuvo especial importancia ya que Christopher Strachey incluyó en él características novedosas para la época (años sesenta) y que venían a solucionar los graves problemas surgidos del uso común de un único ordenador por parte de muchos trabajadores a través de terminales. Básicamente consistía en un mecanismo para el reparto y uso al mismo tiempo de los recursos del computador (fundamentalmente procesador y disco), y la seguridad y fiabilidad de que el trabajo de un empleado no interfiriera en el de los otros. En la época de los mainframes, estas cuestiones superaban en importancia al rendimiento en la rapidez de los resultados. Así es como **nació la virtualización, con la necesidad de particionar recursos de disco, memoria y capacidad de cómputo**. Estas particiones (máquinas virtuales) podrían acoger una instancia de un sistema operativo, comunicarse a través de red, usar sus recursos o utilizar los del resto en el que caso de que no estén ocupados, se podrían tomar *imágenes* de su estado, o incluso ser migradas entre distintos servidores que las alojaran.

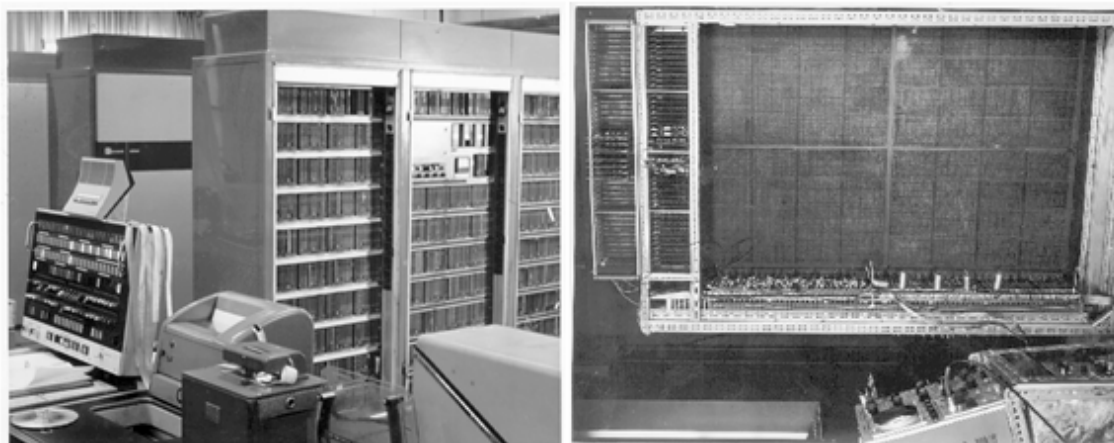


Figura 1.2 (a) Almacenamiento ROM de Muse (prototipo del computador Atlas), 1960. (b) Unidad aritmética del computador Atlas, 1967.

IBM reflejó la importancia de la virtualización en los años sesenta con el desarrollo de varios sucesores para el *IBM 7044*. Uno de ellos, el *Model 67* virtualizó todas las interfaces hardware a través del *VMM (Virtual Machine Monitor)*, un *monitor de máquinas virtuales*, llamado posteriormente en la década de los setenta *hipervisor* debido a la habilidad que poseía de correr sistemas operativos dentro de otros, y que era ejecutado encima del hardware subyacente. En estos primeros días de la virtualización los sistemas operativos que eran ejecutados en máquinas virtuales eran llamados *Conversational Monitor Systems* o *CMS*. Estas primeras *máquinas virtuales* continuaron desarrollándose y avanzando, e incluso en nuestros días se pueden encontrar corriendo en el mainframe *System z9™*, mostrado en la figura 1.3. Esto muestra un detalle importante en la evolución de la virtualización, que es la compatibilidad hacia atrás.



Figura 1.3 (a) Parte frontal e interior del mainframe IBM 2094 System z9, que corre actualmente desarrollos de máquinas virtuales utilizadas en los primeros mainframes con virtualización de IBM.

Otro de los primeros usos de la virtualización es el uso del procesador simulado, *P-code (Pseudo-code)*. *P-Code* es un lenguaje máquina que es ejecutado en una máquina virtual más que en el hardware real, lo que permitió a los programas codificados en *P-Code* ser altamente

portables y correr en cualquier lugar en el que esté disponible la *máquina virtual P-Code*. Máquinas virtuales de uso extendido en la actualidad siguieron este mismo modelo, como es el caso de la *Java Virtual Machine (JVM)*. El mismo concepto que en el que se fundamentó *P-Code* fue usado en los años sesenta también por el *Basic Combined Programming Language o BCPL*, predecesor de C.

Otro aspecto diferente de la virtualización y más reciente es la llamada **virtualización del juego de instrucciones**, o traducción binaria. Un juego de instrucciones virtual es traducido al conjunto de instrucciones físico del hardware subyacente, en la mayoría de los casos de manera dinámica. Un ejemplo reciente de este modelo fue usado en el *Crusoe Central Processing Unit (CPU)*, diseñado por *Transmeta*, que implementó traducción binaria bajo el nombre comercializado de *Code Morphing*. Un ejemplo similar es el escaneo de código en tiempo de ejecución (*runtime code scanning*) usado por las soluciones de *virtualización completa* (será vista más adelante) para encontrar y redirigir instrucciones privilegiadas.

Con la llegada de los computadores personales el concepto de acceso al mismo tiempo a los recursos de un único supercomputador fue desapareciendo, y con él se vio eclipsada la virtualización: lo importante era el rendimiento más que la seguridad y fiabilidad. Al ocaso de la virtualización también contribuyó el que no fuera una buena idea la partición de los recursos de los miniordenadores o computadores personales debido a su escasez; los mainframes quedaron reducidos a lugares críticos y puntuales. La evolución con los años siguió la misma línea, hasta llegar a la situación que conocemos en la que prácticamente existe un ordenador por persona. Afortunadamente la virtualización junto a tecnologías como los sistemas operativos multiusuario y multitarea sobrevivieron en las Universidades y en sectores en los que su uso y fiabilidad eran críticos: grandes empresas, bancos, sistemas militares, etc. Estos sistemas fueron evolucionando y ya no eran los mainframes usados antiguamente, sino que eran sistemas que usaban hardware de miniordenador y con arquitectura mainframe, como la familia **IBM AS/400**, cuyo primer modelo vio la luz en 1988.



Figura 1.4 Serie B de la familia IBM AS/400. Como se puede ver, los tamaños y configuraciones disponibles muestran una gran evolución en los mainframes.

Con el aumento de complejidad y potencia de los ordenadores que ya podían ejecutar sistemas multitarea y multiusuario, se pudieron retomar las características del sistema Unix que fueron eliminadas en sus primeras versiones (reducidas para posibilitar la ejecución en sistemas de baja potencia); entre ellas la virtualización. Surgió de nuevo el término de **consolidación de almacenamiento**, recorriendo el camino inverso desde *un disco duro por persona a un disco duro para todos*.

En el presente, la **virtualización ha llegado al escritorio**, lo que ha hecho que incremente exponencialmente de nuevo su popularidad y esto provoque que sea una de las tecnologías más innovadoras del momento debido a las notables ventajas que supone su aplicación. Uno de los hechos que justifican esto es que prácticamente todas las grandes empresas dentro del mundo informático han desarrollado productos de virtualización o han adquirido empresas que los ofrecían.

Hoy en día, las empresas disponen de ordenadores con una potencia de cálculo muy superior a la de decenas de servidores de hace varios años. Ahora que el rendimiento no es problema éste consiste en la seguridad, fiabilidad, y separación de privilegios necesaria, es decir, como ocurría hace aproximadamente cuarenta años en bancos, organizaciones militares y universidades. Estos problemas son ahora las únicas razones para seguir manteniendo servicios separados en diferentes servidores en las empresas. A partir de ahí queda explorar las innumerables ventajas que ofrece la virtualización como solución, y que mostraremos a lo largo del desarrollo del presente proyecto: planificación conjunta de servidores, creación automática de máquinas, migración en caliente a través de distintos equipos para llevar a cabo tareas de mantenimiento, creación de entornos de prueba, mayor aprovechamiento de los recursos hardware disponibles,...

1.2 VIRTUALIZACION ASISTIDA POR HARDWARE: INTEL VT Y AMD-V

El origen de las actuales tecnologías de virtualización por hardware está en los problemas creados en la arquitectura x86 por algunas de sus instrucciones cuando técnicas de virtualización quieren ser aplicadas: hay instrucciones pertenecientes al modo privilegiado que no pueden ser capturadas y que incluso pueden devolver diferentes valores dependiendo del nivel de privilegios de quien originó la llamada.

La arquitectura x86 dispone de cuatro anillos de protección, desde el nivel 0 (el de mayor privilegio) donde se ejecuta normalmente el sistema operativo al nivel 3 (menos privilegios) el cual soporta las aplicaciones, pasando por los niveles 1 y 2 en los que corren los servicios del sistema operativo. El problema fue entonces identificado por las empresas fabricantes de hardware –las máquinas virtuales no trabajarían adecuadamente si no eran ejecutadas con suficientes privilegios- y produjeron diseños que soportaran eficientemente y aceleraran la virtualización. La virtualización asistida por hardware, disponible desde décadas atrás en los mainframes IBM y los servidores Sun y otras máquinas, vivía así su gran relanzamiento en 2004 con la presentación de la tecnología *VT* de Intel, seguida después de la correspondiente *AMD-V* de AMD en 2006.

Tanto **Intel** como **AMD** disponen de estándares que definen características implementadas en muchos de sus procesadores más usados en ámbitos empresariales que permiten que tecnologías o soluciones de virtualización que hacen uso de la paravirtualización (como *Xen*, por ejemplo) puedan virtualizar tal y como lo hacen los procesadores instalados en los mainframes, pudiendo realizar **virtualización completa** y usar como sistema operativo invitado en las máquinas virtuales cualquier sistema.

En términos generales, la virtualización asistida por hardware hace uso de circuitería en la CPU y chips controladores que mejoran la ejecución y rendimiento de múltiples sistemas operativos en máquinas virtuales. Las tecnologías que implementan virtualización con soporte hardware específico suelen tratar con funcionalidades y funciones como el almacenamiento y recuperación del estado de la CPU en transiciones entre el sistema operativo invitado (que corre en la máquina virtual) y el *VMM* (*Virtual Machine Monitor*), capa de virtualización que actúa como medio entre éstos y el sistema operativo anfitrión y el hardware real disponible, gestionando los recursos y llamadas.

Así, con **virtualización soportada por hardware**, podemos implementar virtualización pura, sin necesidad de modificar los sistemas operativos invitados como hace *Xen* en la paravirtualización, y sin necesidad de emular las instrucciones cuyo procesamiento es problemático como hace *VMware*. El rendimiento es notablemente mejorado como consecuencia.

Intel

La tecnología diseñada e implementada por Intel, y que incluye en sus procesadores de gamas media y alta es **Intel VT –Virtualization Technology-**. Intel introduce mejoras en sus procesadores x86 (*VT-x*) e *Itanium (VT-i)*. *Intel VT* permite al *VMM (Virtual Machine Monitor o Monitor de Máquina Virtual)* correr en modo privilegiado –habiendo otro modo disponible para los sistemas invitados–, optimizando y acelerando las transiciones entre los sistemas operativos invitados de las máquinas virtuales y el *VMM*. Captura las llamadas al hardware desde el sistema operativo invitado, almacena el estado de la CPU y lo restaura después de que el *VMM* maneje el evento. Intel también sigue ampliando la funcionalidad de su tecnología de virtualización con los años, por ejemplo, en 2008 lanzando **VT-d**, *VT* para E/S Directa (*VT for Directed I/O*), que permite transferencias de acceso directo a memoria (*DMA*) entre dispositivos y la memoria de los sistemas operativos invitados sin el uso del *VMM* como un paso intermedio. Esto es muy importante porque permite a los adaptadores de red y gráficos ser asignados de manera exclusiva a máquinas virtuales específicas para incrementar el rendimiento.

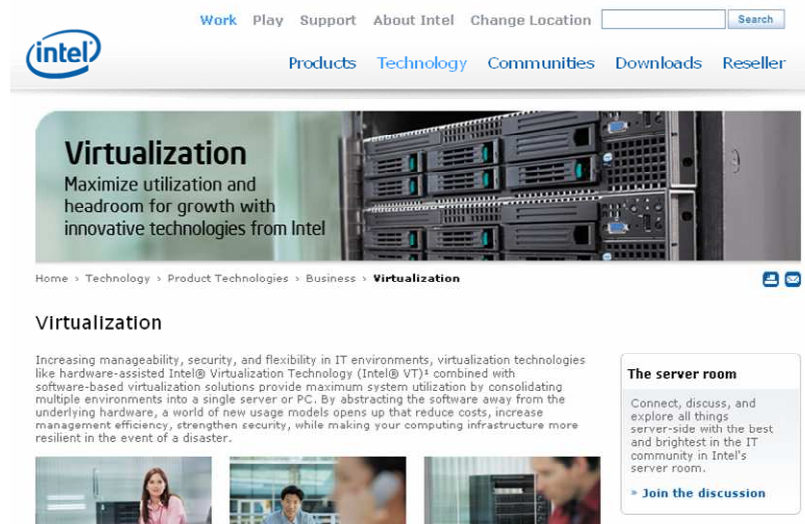


Figura 1.5 Página Web de Intel VT en Intel <http://www.intel.com/technology/virtualization>.

Intel VT proporciona un complemento ideal y necesario para implementar en nuestra infraestructura virtualización completa asistida por hardware. Maximiza las ventajas del uso de la virtualización, optimizando su rendimiento y reduciendo sobre todo el consumo de potencia. Como complemento, Intel proporciona otras tecnologías como *Intel® vPro™* para equipos de sobremesa y portátiles permitiendo la administración remota de sistemas virtualizados. Todo esto, sumado a la confianza que imprime una empresa en el mundo informático como Intel, hace que *Intel VT* sea ampliamente usada en entornos de virtualización y que sea una opción siempre considerada a la hora de afrontar la implantación de consolidación de servidores.

AMD

Por su parte, AMD dispone de una tecnología análoga a la de Intel denominada **AMD-V** o **AMD-SVM** –originalmente bajo el nombre **Pacífica**- que incluye también igualmente en sus procesadores tanto de gama media como de gama alta. La tecnología de virtualización de AMD proporciona entornos robustos y escalables de virtualización mientras que mantiene la eficiencia en consumo de potencia. Las capacidades y funcionalidades que proporciona esta tecnología en la virtualización x86 permiten por ejemplo alojar un mayor número de máquinas virtuales, más usuarios y más transacciones por máquina virtual (*Direct Connect Architecture*), acelerar las aplicaciones que se ejecutan en las máquinas virtuales (*RVI* o *Rapid Virtualization Indexing*), mejoras en los cambios de una máquina virtual a otra, o *migración en caliente* de máquinas virtuales.

AMD-V por ejemplo incluye opciones de configuración que permiten al *VMM* adaptar los privilegios de cada una de las máquinas virtuales. La tecnología de virtualización **AMD-V** está íntimamente relacionada con la familia de procesadores **AMD Opteron™**. Los efectos de la arquitectura *Direct Connect*, que proporciona un manejo rápido y eficiente de la memoria, combinados con el **controlador de memoria integrado** –el cual compensa la pérdida en rendimiento en la traducción de instrucciones-, la tecnología *HyperTransport™*, y el uso de *RVI* ayudan a reducir el consumo de potencia, permiten soportar un mayor número de usuarios, más transacciones, y más aplicaciones que demanden un uso intensivo de recursos, alcanzando altos niveles de eficiencia y utilización en los entornos virtuales.

The screenshot shows the AMD website's page for AMD-V Technology. The header includes the AMD logo and navigation links like 'AMD Home', 'Worldwide', 'Compare & Shop', 'About AMD', and 'News'. The main content area is titled 'AMD Virtualization (AMD-V™) Technology' and contains a paragraph describing the technology as hardware extensions to the x86 system architecture. Below this is a section for 'AMD Opteron™ processors with AMD Virtualization technology' featuring an image of an AMD Opteron processor and text explaining how HyperTransport™ Technology leverages the AMD Opteron™ processor with Direct Connect Architecture. At the bottom, there is a list of key features: Unmatched Memory Bandwidth and Scalability, Rapid Virtualization Indexing (RVI), Enhanced Power Management, and AMD-V™ Extended Migration.

Figura 1.6 Página web de AMD-V en AMD

<http://www.amd.com/us/products/technologies/virtualization/Pages/amd-v.aspx>.

Ambos estándares son prácticamente idénticos y equivalentes en cuanto a funcionalidad ofrecida a las soluciones software de virtualización que quieran hacer uso de sus características. Así, por ejemplo, *Xen* emplea la tecnología **HVM** (*Hardware Virtual Machine*) desarrollada por IBM para la creación y uso de máquinas virtuales con virtualización completa (pudiendo ejecutar sistemas operativos no modificables), que dispone de la posibilidad de acceder y tomar ventaja de las características tanto de **AMD-V** como *Intel VT* haciendo uso de una interfaz común, accediendo a ambas de la misma forma.

Existen grandes diferencias en las implementaciones de ambas tecnologías fundamentalmente debido a razones técnicas, casi siempre relacionadas con la **gestión de la memoria**. La memoria es muy importante, ya que la virtualización necesita enmascarar la organización de la memoria a las máquinas virtuales: los procesadores AMD disponen de la

gestión de la memoria integrada en el chip del procesador, mientras que los procesadores Intel la tienen fuera del chip. Así, AMD lo tuvo más fácil para ofrecer virtualización, mientras que Intel sufre la penalización en la gestión de la memoria cuando la virtualizan. Otras diferencias de índole comercial han provocado por ejemplo que AMD se posicione mejor para ser usada en consolidación de servidores, mientras que Intel ofrece mayor seguridad evitando intrusiones y ataques en ordenadores de sobremesa y portátiles. Todo esto, de todas formas, no implica que los procesadores Intel no puedan ser usados para consolidar servidores ni que los procesadores AMD no sean seguros, simplemente es lo que históricamente los desarrollos realizados por cada empresa y la manera en que han sido gestionados han tenido como consecuencia.

1.3 PRESENTE Y FUTURO

Que hoy día la virtualización es uno de los puntos calientes del sector informático a nivel mundial nadie lo duda. Las cifras, con un creciente, cada vez más, número de empresas que virtualizan a prácticamente todos los niveles posibles la infraestructura de sus servicios y servidores, *data centers*,... y los buenos resultados obtenidos tras su implantación en la mayoría de ellas lo pone de manifiesto. Lo más sorprendente de todo es que se trate de una tecnología disponible desde hace más de cuarenta años, aunque no explotada en todos los estratos – fundamentalmente en grandes centros de cálculo- y mucho menos en el ámbito más interesante en la actualidad: la consolidación de servidores y la virtualización de sistemas operativos.

La virtualización proporciona muchas mejoras en rendimiento, portabilidad y flexibilidad; características insignia también de GNU/Linux, por lo que la elección de soluciones de virtualización en sistemas que hacen uso de GNU/Linux hace que tengamos un abanico enorme de posibilidades para virtualizar según nuestras necesidades con la mayor libertad. Más aún ahora que vivimos un período de recesión económica, las empresas ven la virtualización –sobre todo con soluciones de virtualización software libre y GNU/Linux como telón de fondo- como una solución que les permitirá a medio plazo un gran ahorro de costes en prácticamente todos los ámbitos relacionados con las tecnologías de la información, desde la energía consumida por los servidores de la empresa hasta los costes de mantenimiento, pasando por la administración, soporte, recuperación del servicio... y aumentando la calidad del mismo.

En el futuro aparece la virtualización como una de las claves en la explotación óptima de las actuales tendencias tecnológicas en informática. Tendencias actuales como por ejemplo el direccionamiento de 64 bits, CPUs multicore (más de 16 cores/CPU's por servidor), el tratamiento de manera importante de la refrigeración y ahorro de energía en los servidores, la convergencia de las interfaces de E/S mediante el uso de interfaces de red y almacenamiento de alta velocidad compartidas, o el almacenamiento virtualizado basado en red, y teniendo en cuenta las características que hemos estudiado a lo largo del presente capítulo, hacen ver que la virtualización en un futuro juegue sin duda un papel de suma importancia en el aprovechamiento de todos estos avances tecnológicos. Todo ello hace presagiar que vamos encaminados a la implantación de datacenters completamente virtuales.

Todo esto apoyado por hechos en la industria informática:

- Las nuevas tecnologías del hardware proporcionan soporte de manera explícita a la virtualización, como hemos visto han hecho Intel (con *Intel VT*) y AMD (con *AMD-V*) – mejor captura de instrucciones, ocultamiento de la memoria al hipervisor o *VMM*...- o como se está viendo con el desarrollo de las *MMUs* (*Memory Management Units*) de E/S y dispositivos de E/S que aceleran la virtualización.

- Los sistemas operativos comienzan a ser conscientes de la virtualización: mejora de la comunicación con el hipervisor o *VMM*, términos de licencia más amables, reducción de las operaciones costosas para la virtualización...
- Evolución de la gestión de E/S hacia el uso directo de los dispositivos por parte de los sistemas operativos de las máquinas virtuales invitadas (*Passthrough I/O Virtualization*).

Con la virtualización por todas partes, se puede empezar a pensar en nuevos modelos en la distribución del software, instancias de máquinas virtuales:

- Todos los beneficios de las tradicionales máquinas computacionales pero sin su coste y complejidad.
- Máquinas con dispositivos virtuales pre configurados, construidas con un propósito específico.
- Sistemas operativos y aplicaciones instalados/as y configurados/as de antemano.
- Personalización y configuración limitada al usuario.
- Instalación y configuración simple y fácil.
- No requieren hardware dedicado para su ejecución.

En definitiva, la virtualización es la clave para la gestión completa de los *data centers* en el futuro y el máximo aprovechamiento de las grandes posibilidades tecnológicas que nos ofrece la industria del hardware: es necesaria para incrementar la eficiencia. El soporte por parte de toda la comunidad a la virtualización es total, por lo que se puede decir que estamos viviendo una revolución en la informática a todos los niveles (además conjuntamente con técnicas como el *Grid Computing*, *Cloud Computing*...) como se puede ver en la transformación de modelos de todo tipo: económicos, de diseño, de los servicios ofrecidos, de gestión de las infraestructuras informáticas, del desarrollo de software,... que ocasiona su aplicación.

2 Terminología sobre Virtualización

Vista la evolución seguida por la virtualización en los últimos cuarenta años, es necesario definir los conceptos que resultan fundamentales en la actualidad y que actúan como base a los distintos *modelos de virtualización* existentes. Es por ello que este segundo apartado comienza con la introducción a los conceptos imprescindibles de *máquina virtual* e *hipervisor*. El primero porque, aunque haya tipos de virtualización en los que no sea necesario su uso es imposible entender el fundamento de las principales técnicas de *virtualización* sin saber en qué consiste una *máquina virtual*, tanto si es *de sistema* como si es *de aplicación*. El segundo, por ser el aspecto más importante y diferenciador de las técnicas de *virtualización completa* y *paravirtualización*, los dos modelos más extendidos actualmente en el uso de infraestructuras virtuales.

Conociendo ambos términos estaremos en disposición de presentar la clasificación de las diferentes técnicas de virtualización en cuatro modelos fundamentales: *virtualización de plataforma*, *virtualización de recursos*, *de aplicaciones* y *de escritorio*. Se apreciará que no es sencillo a priori distinguir unos de otros, ya que en ocasiones las características que los diferencian pueden ser mínimas. Tras haber estudiado los distintos modelos y la forma de operar

de las soluciones que los componen nos será más fácil finalmente ver las ventajas y desventajas derivadas de *virtualizar* en la última sección del presente apartado.

2.1 DOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES: MAQUINA VIRTUAL E HIPERVISOR

Veamos con mayor detalle los que han sido considerados los dos conceptos más importantes en la terminología de la virtualización: máquina virtual e hipervisor. Es fundamental comprender con claridad el papel que juegan cada uno de ellos ya que ello nos permitirá acercarnos un poco más al nivel de abstracción impuesto por la virtualización y su funcionamiento interno. Comenzamos hablando de máquinas virtuales.

Es conveniente distinguir entre dos contextos muy importantes en los que en la actualidad se ubica el concepto de máquina virtual. Según las características y funcionalidad de la propia máquina podemos hablar bien de *máquinas virtuales de hardware o de sistema* o bien de *máquinas virtuales de proceso o de aplicación*.

Las *máquinas virtuales de hardware o de sistema*, que son las que conforman el corazón del modelo de virtualización que será aplicado en el desarrollo del proyecto (*virtualización de plataforma*), son las que corren paralelamente sobre una máquina física anfitrión o host, de manera que tienen acceso y hacen uso de los recursos hardware que son abstraídos de él. Cada máquina virtual es engañada ya que cree que posee de forma exclusiva los recursos hardware de los que dispone cuando en realidad lo hace de manera virtual, ejecuta una instancia de sistema operativo sobre el que corren determinados servicios o aplicaciones tal y como consideremos necesario (véase la figura 1.7 en contraposición a la figura 1.8, que recoge un servidor sin virtualización y por tanto sin máquinas virtuales).

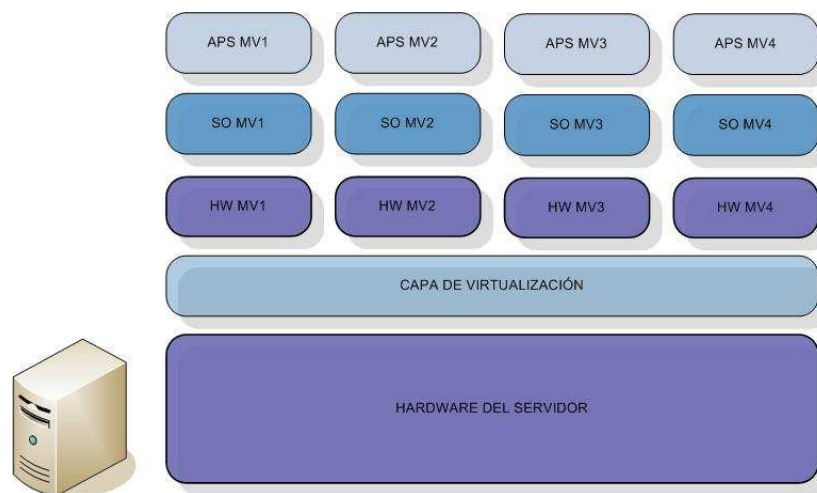


Figura 1.7 Arquitectura general de Virtualización sobre un servidor, en el que se puede apreciar como corren cuatro máquinas virtuales.

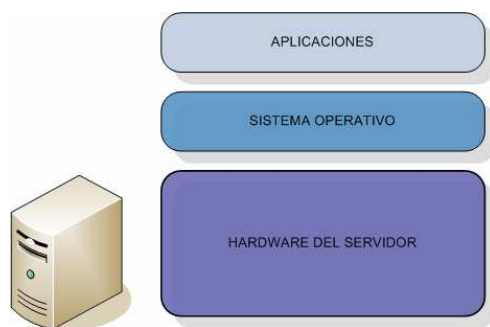


Figura 1.8 Arquitectura general de un servidor sin Virtualización.

La funcionalidad de este tipo de máquinas virtuales es muy amplia, aunque algunas de las características más destacables son la coexistencia de diferentes sistemas operativos, la *consolidación de servidores* (virtualización de servidores), y la prueba o testeo de proyectos tanto software, como hardware ya que pueden proporcionar arquitecturas de instrucciones (*ISA*) diferentes a las que implemente la máquina física anfitriona.

Éstas son las máquinas virtuales que componen la base de la virtualización que estudiaremos, junto a la capa software existente debajo de ellas y que permite esta distribución y administración de los recursos, el *hipervisor* (*hypervisor* en inglés) –también llamado habitualmente *monitor*, ya que una de sus funciones fundamentales es la monitorización de las máquinas virtuales-. Esta capa, que puede correr directamente sobre el hardware de la máquina física anfitriona o sobre un sistema operativo anfitrión –también como otra máquina virtual– será presentada en este mismo apartado a continuación y estudiada en mayor profundidad en posteriores capítulos. De esta acepción de máquina virtual brotan todos los proyectos desarrollados que se presentarán bajo el modelo de virtualización de plataforma, como *Xen*, *VMware*, *Hiper-V*, *Linux V-Server*, *User-mode Linux*, *KVM* u *OpenVZ*.

Al otro lado se encuentran las *máquinas virtuales de proceso o de aplicación*. La primera diferencia es que éstas no representan una máquina completa al uso. Son ejecutadas como un único proceso sobre el sistema operativo y como lo hacen habitualmente los procesos, y además soportan la ejecución de tan sólo un proceso sobre ellas. Su objetivo fundamental es proporcionar un entorno de ejecución independiente del hardware y del propio sistema operativo para las aplicaciones que ejecutarán; éstas arrancan la máquina a su inicio y de igual manera la apagan cuando finalizan. Las dos máquinas virtuales de proceso o de aplicación de mayor importancia en la actualidad son *JVM* (*Java Virtual Machine*, entorno de ejecución para lenguaje Java de Sun Microsystems) y *CLR* (*Common Language Runtime*, entorno de ejecución para la plataforma *.NET* de Microsoft, ya citadas anteriormente). Tras haber realizado esta pequeña distinción inicial entre ambos tipos de máquinas virtuales, más adelante ambas serán presentadas con mayor detalle y apreciaremos mejor sus características estudiando las soluciones más relevantes en cada categoría. Es turno de introducir el concepto *hipervisor*.

El *hipervisor* o *hypervisor* es un pequeño monitor de bajo nivel de máquinas virtuales que se inicia durante el arranque, antes que las máquinas virtuales, y que normalmente corre justo sobre el hardware (denominado en alguna bibliografía como *native* o *baremetal*) como podemos observar en la figura 1.9, aunque también lo puede hacer sobre un sistema operativo (llamado en este caso hipervisor *hosted*):

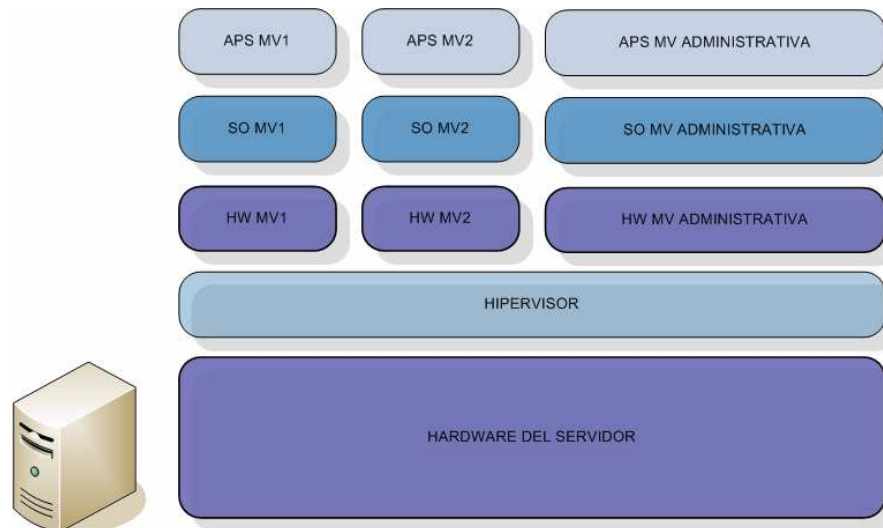


Figura 1.9 El hipervisor corre justo sobre el hardware del servidor. Sobre él, a su vez, encontramos un sistema operativo/máquina virtual monitor/a.

Como podemos imaginar esta capa adicional de virtualización no es usada en todos los modelos y soluciones existentes: es incluida en técnicas de virtualización completa y paravirtualización –ambas pudiendo además apoyarse en hardware con soporte de virtualización-, aunque tradicionalmente ha sido identificado más con soluciones de paravirtualización. Proporciona dos funcionalidades básicas:

- Identifica, capta, maneja y responde a operaciones de CPU e instrucciones privilegiadas o protegidas emitidas por las máquinas virtuales.
- Maneja el encolado, envío y devolución de resultados de peticiones de acceso a los recursos hardware instalados en el host anfitrión por parte de las máquinas virtuales.

Como se muestra en la figura 1.9, el sistema operativo corre sobre el hipervisor tal y como lo hacen las máquinas virtuales, el cual puede comunicarse con el hipervisor y cuyo objetivo fundamental es la gestión y administración de las instancias de las máquinas virtuales, por lo que lo habitual es que incluya diversas herramientas de gestión y monitorización, funcionalidad que puede ser también extendida con otras que deseemos instalar por cuenta propia.

El hipervisor es utilizado como capa de virtualización en los modelos de virtualización completa y paravirtualización independientemente de la existencia y uso de hardware con soporte de virtualización específico. La paravirtualización es el modelo basado en hipervisor más popular debido a que introduce cambios en los sistemas operativos invitados permitiéndoles la comunicación directa con el hipervisor, mejorando así el rendimiento ofrecido y no introduciendo penalizaciones adicionales a la emulación usada en otros modelos como la virtualización completa. Cualquiera de los modelos basado en hipervisor sólo podrá gestionar máquinas virtuales con sistema operativo, librerías y utilidades compiladas para el mismo hardware y juego de instrucciones que el de la máquina física. El que el sistema operativo de la máquina virtual deba ser modificado o no ya dependerá de si hablamos de paravirtualización o virtualización completa.

2.2 MODELOS DE VIRTUALIZACION

En nuestros días muchos conceptos y tecnologías son englobados bajo el paradigma de la virtualización, en ocasiones de manera errónea y en otras acertada. Y es que comparando

todos en ocasiones o son prácticamente iguales o no tienen ninguna similitud, lo que puede provocar en el usuario confusión y que no llegue a comprender fielmente qué es lo que puede ofrecer cada solución. No es correcto mezclar por ejemplo los conceptos emulación, simulación, virtualización o paravirtualización en el mismo paquete. A continuación se intentará arrojar un poco de luz en este aspecto y plantear todo el entramado con mayor claridad.

De manera general se puede decir que **virtualización es el efecto de abstraer los recursos de un computador, proporcionar acceso lógico a recursos físicos**. La virtualización separa de manera lógica la petición de algún servicio y los recursos físicos que realmente proporcionan el servicio. Dependiendo del recurso que se abstraiga, que puede ser un recurso individual –almacenamiento, red- o bien una plataforma - un servidor, máquina- completa, y de por quién sea usado ese recurso, atenderemos entonces a distintos **modelos de virtualización**.

Por ejemplo, en el caso de que mediante algún mecanismo un sistema hardware completo sea abstraído de forma que pueda ser usado por diferentes instancias de sistemas operativos (y sus respectivas aplicaciones) de forma que éstas tengan la ilusión de que poseen los recursos de manera exclusiva y no compartida, estaremos hablando de un tipo de virtualización concreto, *virtualización de plataforma*, en el que el recurso que se abstrae es un servidor completo hardware y estamos virtualizando (disponen de algún tipo de recurso de forma virtual, aunque no sean conscientes) diferentes instancias de diferentes sistemas operativos.

Por lo tanto, es importante distinguir para entender con mayor claridad la virtualización entre dos conceptos como son el **recurso virtual que se abstrae** y el **ente (aplicación, sistema operativo, máquina...)** que, **virtualizado, dispone de ese recurso**. Dependiendo de ambos términos, al unirse, hablaremos de un modelo de virtualización distinto.

Teniendo en mente todo esto, podemos distinguir cuatro **modelos principales de virtualización**:

- **Virtualización de plataforma.** El recurso abstraído es un sistema completo, por ejemplo un sistema o servidor. En términos generales consiste en la abstracción de todo el hardware subyacente de una plataforma de manera que múltiples instancias de sistemas operativos puedan ejecutarse de manera independiente, con la ilusión de que los recursos abstraídos les pertenecen en exclusiva. Esto es muy importante, ya que cada *máquina virtual* no ve a otra *máquina virtual* como tal, sino como otra máquina independiente de la que desconoce que comparte con ella ciertos recursos.

Este es un modelo especialmente a tener en cuenta, ya que es el aplicado para lo que se llama **consolidación de servidores**. La **virtualización o consolidación de servidores** puede verse como un particionado de un servidor físico de manera que pueda albergar distintos *servidores dedicados (o privados) virtuales* que ejecutan de manera independiente su propio sistema operativo y dentro de él los servicios que quieran ofrecer, haciendo un uso común de manera compartida y aislada sin ser conscientes del hardware subyacente. La **consolidación de servidores** será tratada en mayor profundidad en el capítulo segundo, donde podremos apreciar y diferenciar los distintos tipos y paradigmas de virtualización de plataforma existentes, que son los siguientes:

- **Sistemas operativos invitados.** Sobre una aplicación para virtualización –no hace uso de hipervisor u otra capa de virtualización- que corre sobre la instancia de un sistema operativo –sistema operativo host- se permite la ejecución de servidores virtuales con sistemas operativos independientes. Si la aplicación de virtualización implementa traducción del juego de instrucciones o emulación podrán ser ejecutadas máquinas virtuales cuyo sistema operativo, utilidades y

aplicaciones hayan sido compiladas para hardware y juego de instrucciones diferentes al de la máquina física anfitriona, en caso contrario no. Algunos ejemplos de soluciones de este tipo son **VMware Workstation**, **Parallels Desktop**, **Sun xVM VirtualBox**, **VMware Player**, y **Microsoft Virtual PC**.

- **Emulación.** Un emulador que replica una arquitectura hardware al completo – procesador, juego de instrucciones, periféricos hardware- permite que se ejecuten sobre él máquinas virtuales. Por lo tanto se permite la ejecución de sistemas operativos y aplicaciones distintos al instalado físicamente en la máquina que ejecuta el emulador. Los emuladores más importantes actualmente son **Bochs**, **MAME**, **DOSBox**, **Hercules**, **MESS**, **VirtualPC**, y **Qemu**.
- **Virtualización completa.** También llamada nativa. La capa de virtualización, un hipervisor, media entre los sistemas invitados y el anfitrión, la cual incluye código que emula el hardware subyacente –si es necesario- para las máquinas virtuales, por lo que es posible ejecutar cualquier sistema operativo sin modificar, siempre que soporte el hardware subyacente. El código de emulación puede provocar pérdida en el rendimiento.

Puede hacer uso de soporte hardware específico para virtualización y así mejorar su rendimiento. Sin duda dentro de esta categoría podemos encontrar algunas de las soluciones más importantes sobre virtualización –junto a las correspondientes a *paravirtualización*- como **VMware Server**, **XenServer**, **z/VM**, **Oracle VM**, **Sun xVM Server**, **Virtual Server**, **VMware ESX Server**, **VMware Fusion**, **Xen**, **Hyper-V** (en algunos casos solo es posible si existe hardware con soporte de virtualización).

- **Paravirtualización.** Similar a la virtualización completa porque introduce hipervisor como capa de virtualización, pero además de no incluir emulación del hardware, introduce modificaciones en los sistemas operativos invitados que por consiguiente están al tanto del proceso (deben poder ser modificables). Éstos cooperan así en la virtualización eliminando la necesidad de captura de instrucciones privilegiadas o conflictivas por parte del hipervisor, mejorando el rendimiento hasta obtenerlo casi similar a un sistema no virtualizado (supone más una ventaja que una desventaja la modificación de los sistemas operativos invitados). Las librerías y utilidades ejecutadas por las máquinas virtuales deben estar compiladas para el mismo hardware y juego de instrucciones que el de la máquina física anfitriona.

Puede hacer uso de soporte hardware específico para virtualización y así mejorar su rendimiento, además de para la ejecución de sistemas operativos no modificados ya que este soporte hardware puede manejar operaciones privilegiadas y protegidas y peticiones de acceso al hardware, además de comunicarse con y gestionar las máquinas virtuales. Las soluciones más extendidas e importantes dentro del paradigma de la *paravirtualización* son **Xen**, **Logical Domains**, **Oracle VM**, y **Sun xVM Server**.

- **Virtualización a nivel del sistema operativo.** Virtualiza los servidores sobre el propio sistema operativo, sin introducir una capa intermedia de virtualización. Por lo tanto, simplemente aísla los servidores independientes, que comparten el mismo sistema operativo. Aunque requiere cambios en el núcleo del sistema operativo, ofrece rendimientos próximos al sistema sin virtualizar. Compartiendo el mismo núcleo, entonces las máquinas no pueden correr

sistemas operativos diferentes (sí distintas distribuciones Linux o versiones del sistema operativo dependiendo de la solución utilizada), y además las librerías y utilidades ejecutadas deben estar compiladas para el mismo hardware y juego de instrucciones que el de la máquina física. Como ejemplos representativos de este modelo podemos citar **OpenVZ**, **Linux V-Server**, Virtuozzo, FreeBSD's chroot jails, Free VPS, Solaris Containers y Solaris Zones.

- **Virtualización a nivel del kernel.** Convierte el núcleo Linux en hipervisor utilizando un módulo, el cual permite ejecutar máquinas virtuales y otras instancias de sistemas operativos en el espacio de usuario del núcleo Linux anfitrión. Las librerías, aplicaciones y sistemas operativos de las máquinas virtuales deben ser soportados por el hardware subyacente del anfitrión. Dos soluciones destacan en esta categoría: **KVM** y **User-mode Linux**.
- **Virtualización de recursos.** En este segundo caso el recurso que se abstrae es un recurso *individual* de un computador, como puede ser la conexión a red, el almacenamiento principal y secundario, o la entrada y salida. Existe un gran número de ejemplos dentro de la virtualización de recursos, como por ejemplo el uso de **memoria virtual**, los sistemas **RAID** (*Redundant Array of Independent Disks*), **LVM** (*Logical Volume Manager*), **NAS** (*Network-Attached Storage*) o la **virtualización de red**. Veamos con mayor detenimiento los distintos modelos de *virtualización de recursos*, los recursos que abstraen y las tecnologías y aplicaciones más notables a clasificar dentro de cada uno:
 - **Encapsulación.** Se trata de la ocultación de la complejidad y características del recurso creando una interfaz simplificada. Es el caso más simple de *virtualización de recursos*, como se puede ver.
 - **Memoria virtual.** Permite hacer creer al sistema que dispone de mayor cantidad de memoria principal y que se compone de segmentos contiguos. Como sabemos, es usada en todos los sistemas operativos modernos. Por lo tanto, en este caso el recurso individual que es abstraído es la memoria y disco. Ejemplos conocidos por todos son el espacio Swap utilizados por los sistemas operativos Unix, o las técnicas de paginado de memoria usadas en sistemas operativos Microsoft.
 - **Virtualización de almacenamiento.** Abstracción completa del almacenamiento lógico sobre el físico (disco y almacenamiento son el recurso abstraído). Es completamente independiente de los dispositivos hardware. Como ejemplos de *virtualización de almacenamiento* tenemos soluciones tan extendidas como RAID (*Redundant Array of Independent Disks*), LVM (*Logical Volume Manager*), SAN (*Storage Area Network*), NAS (*Network-Attached Storage*), NFS (*Network File Systems*), AFS, GFS, iSCSI (*Internet SCSI*), AoE (*ATA over Ethernet*).
 - **Virtualización de red.** La *virtualización de red* consiste en la creación de un espacio de direcciones de red virtualizado dentro de otro o entre subredes. Es fácil ver que el recurso abstraído es la propia red. Ejemplos bien conocidos de *virtualización de red* son OpenVPN y OpenSwarm, que permiten crear VPNs.
 - **Unión de interfaces de red (Ethernet Bonding).** Combinación de varios enlaces de red para ser usados como un único enlace de mayor ancho de banda. El recurso abstraído son por tanto los enlaces de red. Soluciones ejemplo de *Ethernet Bonding* son vHBA (*Virtual Host Bus Adapter*), y vNIC (*Virtual Network Interfaces Card*).

- **Virtualización de Entrada/Salida.** Abstracción de los protocolos de capas superiores de las conexiones físicas o del transporte físico. En este caso, los recursos que se abstraen son las conexiones de entrada/salida y transporte. Ejemplo(s): Xsigo Systems, 3Leaf Systems, y en el futuro lo será: Cisco Systems, Brocade.
- **Virtualización de memoria.** Virtualizaremos bajo este modelo cuando unamos los recursos de memoria RAM de sistemas en red en una memoria virtualizada común.
- **Virtualización de aplicaciones.** Las aplicaciones son ejecutadas encapsuladas sobre el sistema operativo -recurso usado en este tipo de virtualización- de manera que aunque creen que interactúan con él -y con el hardware- de la manera habitual, en realidad no lo hacen, sino que lo hacen bien con una *máquina virtual de aplicación* o con algún *software de virtualización*. Este tipo de virtualización es usada para permitir a las aplicaciones de características como portabilidad o compatibilidad, por ejemplo para ser ejecutadas en sistemas operativos para los cuales no fueron implementadas. Debe quedar claro que la virtualización es solamente de las aplicaciones, lo que no incluye al sistema operativo anfitrión.

Un ejemplo bien conocido es *Wine*, que permite la ejecución de aplicaciones de Microsoft Windows virtualizadas correr sobre GNU/Linux, dentro de lo que son llamadas técnicas de *simulación*. Otros ejemplos muy importantes son *JVM* (*Java Virtual Machine*, entorno de ejecución para lenguaje Java de *Sun Microsystems*) y *CLR* (*Common Language Runtime*, entorno de ejecución para la plataforma *.NET* de Microsoft). Podemos diferenciar además entre los dos siguientes tipos de *virtualización de aplicaciones*:

- **Virtualización de aplicaciones limitada. Aplicaciones Portables.** Aplicaciones que pueden correr desde dispositivos de almacenamiento extraíbles. También se incluyen dentro de esta categoría las aplicaciones heredadas que son ejecutadas como si lo hicieran en sus entornos originales. Lo normal es que en este caso, en *virtualización de aplicaciones limitada*, no medie ninguna *capa de virtualización* o *software* con las mismas prestaciones y que la portabilidad se encuentre limitada al sistema operativo sobre el que correrá la aplicación. El recurso abstraído es el sistema operativo sobre el que son ejecutadas las *aplicaciones virtualizadas*.
- **Virtualización de aplicaciones completa.** En este segundo tipo de *virtualización de aplicaciones*, una *capa intermedia* o *software de virtualización* es introducido para mediar entre la aplicación *virtualizada* y el sistema operativo y hardware subyacentes.
 - **Portabilidad Multiplataforma (Cross-platform).** Permite a aplicaciones compiladas para una CPU y sistema operativo específicos ser ejecutadas en diferentes CPUs y sistemas operativos sin ser modificadas, usando una traducción binaria dinámica y mapeado de llamadas del sistema operativo. No requiere recompilación o porting al correr en un entorno virtualizado, normalmente una máquina virtual de proceso o aplicación. Por tanto, el recurso abstraído en este caso es la CPU y el sistema operativo. Ejemplos utilizados en la mayoría de los sistemas son Java Virtual Machine, Common Language Runtime, Mono, LLVM, Portable .NET, Perl Virtual Machine, Citrix XenApp,

Novell ZENworks Application Virtualizacion, VMware ThinApp, Microsoft Application Virtualization

- **Simulación.** Reproducción del comportamiento de una aplicación concreta o una funcionalidad específica de una aplicación. Ahora, el recurso que se abstrae es la API (*Application Program Interfaces*) del sistema operativo, o cualquier interfaz. Antes ya se comentó Wine como ejemplo de este modelo de *virtualización de aplicaciones*, además disponemos de Crossover office, coLinux, Zebra, o Quagga.
- **Virtualización de escritorio.** Consiste en la manipulación de forma remota del escritorio de usuario (aplicaciones, archivos, datos), que se encuentra separado de la máquina física, almacenado en un servidor central remoto en lugar de en el disco duro del computador local. El escritorio del usuario es encapsulado y entregado creando *máquinas virtuales*. De esta forma, es posible permitir al usuario el acceso de forma remota a su escritorio desde múltiples dispositivos, como pueden ser computadores, dispositivos móviles, etc. Por lo tanto, en este caso el recurso que se abstrae es el almacenamiento físico del entorno de escritorio del usuario –como usuarios, no somos conscientes del lugar físico en el que se encuentra nuestro escritorio, simplemente tenemos acceso a él-. Ejemplos muy importantes de soluciones que trabajan con *virtualización de escritorio* son Wyse Technology, **VMware View**, Sun VDI, vDesk de Ring Cube, **XenDesktop de Citrix**, vWorkspace de Quest Software, o ThinLinc de Cendio.

Como resumen de lo anteriormente expuesto se presenta a continuación la tabla 1.1 que recoge los distintos *modelos de virtualización* comentados, el recurso o recursos que abstrae y los ejemplos comentados.

Tabla 1-1. Modelos de virtualización en función del recurso que se abstrae

Modelo	Submodelo	Recurso abstraído	Ejemplo(s)
Virtualización de Plataforma	Sistemas operativos invitados	Plataforma hardware completa	VMware Workstation, Parallels Desktop, Sun xVM VirtualBox, VMware Player, Microsoft Virtual PC
	Emulación	Plataforma hardware completa	Bochs, MAME, DOSBox, Hercules, MESS, VirtualPC, Qemu
	Virtualización Completa	Plataforma hardware completa	VMware Server, XenServer, z/VM, Oracle VM, Sun xVM Server, Virtual Server, VMware ESX Server, VMware Server, VMware Fusion, Xen, Hyper-V (en algunos casos solo es posible si existe hardware con soporte de virtualización)
	Paravirtualización	Plataforma hardware completa	Xen, Logical Domains, Oracle VM, Sun xVM Server
	Virtualización a nivel del Sistema Operativo	Plataforma hardware completa	OpenVZ, Linux V-Server, Virtuozzo, FreeBSD's chroot jails, Free VPS, Solaris Zones y Solaris Containers
	Virtualización a nivel del kernel	Plataforma hardware completa	KVM, User-mode Linux
Virtualización de Recursos	Encapsulación	Recurso individual	
	Memoria virtual	Memoria y disco	Espacio Swap, técnicas de

				paginado de memoria
	Virtualización de almacenamiento		Disco, almacenamiento	RAID, LVM, SAN, NAS, NFS, AFS, GFS, iSCSI, AoE
	Virtualización de red		Red	OpenVPN, OpenSwarm, que permiten crear VPNs
	Unión de interfaces de red (Ethernet Bonding)		Enlaces de red	vHBA (Virtual Host Bus Adapter), vNIC (Virtual Network Interfaces Card)
	Virtualización de E/S		Conexiones de entrada/salida y transporte	<u>Xsigo</u> Systems, <u>3Leaf</u> Systems, en el futuro: <u>Cisco Systems</u> , <u>Brocade</u>
	Virtualización de memoria		Memoria RAM	
Virtualización de aplicaciones	Virtualización de aplicaciones limitada	Aplicaciones Portables	Sistema operativo	
	Virtualización de aplicaciones completa	Portabilidad Multiplataforma (Cross-platform)	CPU y sistema operativo	Java Virtual Machine, Common Language Runtime, Mono, LLVM, Portable .NET, Perl Virtual Machine, Citrix XenApp, Novell ZENworks Application Virtualizacion, VMware ThinApp, Microsoft Application Virtualization
		Simulación	API del Sistema Operativo, Interfaz	Wine, Crossover office, coLinux, Zebra, Quagga
Virtualización de escritorio			Sistema completo - localización física del escritorio, que se encuentra en un servidor remoto-	Wyse Technology, VMware View, Sun VDI, vDesk de Ring Cube, XenDesktop de Citrix, vWorkspace de Quest Software, o ThinLinc de Cendio

Viendo el amplio abanico de soluciones de virtualización disponibles una de las empresas líderes en el sector como es *VMware* propuso en 2006 el desarrollo de una *Interfaz de Máquina Virtual o VMI* (del inglés *Virtual Machine Interface*) genérica que permitiera el acceso múltiple de tecnologías de virtualización basadas en hipervisor para usar una interfaz común a nivel del kernel. Esto inicialmente no le pareció buena idea a *Xen*, aunque finalmente en la reunión USENIX de 2006 tanto *Xen* como *VMware* decidieron trabajar junto a otras tantas empresas en el desarrollo de una interfaz genérica conocida como *paravirt_ops*, que está siendo desarrollada por *IBM*, *VMware*, *Red Hat*, *XenSource* y coordinada por Rusty Russel. Este proyecto permitirá a las tecnologías de virtualización basadas en hipervisor competir más en lo que respecta a sus méritos técnicos y administrativos.

2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA VIRTUALIZACION

Ya hemos visto recorriendo un poco la historia de la virtualización como en los años sesenta se hizo necesaria su implantación, cómo después sufrió una época de ocaso en la que permaneció olvidada, para finalmente en nuestros días regresar con fuerzas debido a la eclosión del hardware, su llegada a escritorio y en general las enormes posibilidades que puede proporcionar. Busquemos y revisemos el porqué hoy en día las tecnologías de virtualización han cobrado tanta importancia en el sector empresarial hasta llegar a ser uno de los sectores punteros en cuanto a uso y proyección dentro de la ingeniería informática.

Vamos a ver algunas de las razones y causas que han motivado que la virtualización resulte fundamental en nuestros tiempos, cómo después de más de cuarenta años ha surgido la necesidad de emplear la virtualización en los *CPDs* (*Centros de Procesado de Datos*):

- **Hardware de los Servidores Infrautilizado**

Hoy es habitual que los servidores que se ubican en los data centers de las empresas utilicen apenas un 15% o 20% de su capacidad de computación. Esto nos conduce lógicamente a uno 80% o 85% de capacidad que no es utilizada y por lo tanto desaprovechada. Aún así, con este uso tan bajo, el espacio que ocupan los servidores es el mismo y el consumo eléctrico que conllevan es el mismo que si se encontraran con usos cercanos al 100%. Como se puede concluir fácilmente, esto es un desperdicio de recursos computacionales.

Las características del hardware en cuanto a rendimiento y capacidad se duplican prácticamente cada año, lo que lleva a buscar soluciones que nos permitan aprovechar de mejor forma estos avances hardware con una carga de trabajo mayor. Es aquí donde surge el rol de la virtualización permitiendo que en un solo equipo o servidor almacenemos múltiples sistemas. Por lo tanto, usando virtualización en sus servidores las empresas pueden elevar las tasas de utilización de los mismos haciendo un uso más eficiente de los recursos y capital de la empresa. Ante este crecimiento sinfín de la potencia computacional proporcionada por la industria del chip, no hay más remedio que usar virtualización.

- **Se agota el Espacio en los Data Centers**

Como todos sabemos durante las últimas décadas el imponente crecimiento de las tecnologías de la información ha llevado a casi todas las empresas a reconducir sus actividades para adaptarse a los nuevos modelos de negocio, basado en software y automatizado, pasando del almacenamiento físico en papel al almacenamiento masivo de la información de forma electrónica. Toda esta transformación, si cabe, ha experimentado incluso un incremento y aceleración mucho mayor en los últimos años. Como es lógico, para soportar todos estos cambios las empresas han ido aumentando también el número de servidores de los que disponen en sus data centers, llegando a la situación en la que se les agota el espacio disponible para los mismos.

Así, esta situación requiere nuevos métodos de almacenamiento, como son los ofrecidos por la *virtualización de almacenamiento*, que permite el manejo del almacenamiento independientemente de cualquier dispositivo particular hardware, logrando una abstracción completa del almacenamiento lógico sobre el físico. Con el uso de la virtualización, alojando múltiples sistemas invitados en un único servidor físico, se permite a las empresas recoger el espacio en el que se ubica su data center y así evitar los costes de la ampliación de su espacio. Este es un beneficio muy importante que aporta la virtualización, ya que la construcción de un data center puede llegar a costar del orden de unos 7 millones de euros.

- **Demanda de una mejor Eficiencia Energética**

Hace años parecía que cualquier coste energético en actividades empresariales era totalmente asumible, barato y que los recursos estarían disponibles sin dificultad. Desde hace un tiempo, aunque en la mayoría de los casos instanciados por iniciativas de grupos ecológicos y no por propia iniciativa, las empresas empezaron a considerar y darse cuenta que la energía es finita y que quizás habría que buscar nuevas estrategias en su forma de operar para llegar a situaciones en las que dependieran mucho menos de los recursos energéticos y potencia, y en los que su consumo fuera muchísimo menor. Lógicamente, el primer lugar en el que se fijaron para reducir todo este consumo fueron los data centers.

Para poder apreciar mejor el impacto del consumo que existe hoy día en los data centers veremos un ejemplo extraído de [4]:

“Un estudio comisionado por AMD y ejecutado por un científico del Lawrence Berkeley National Laboratory mostró que la cantidad consumida de energía por los data centers en Estados Unidos se duplicó entre los años 2000 y 2005. Además, éste consumo de energía se espera que aumente otro 40% para el final de la década. El consumo actual de energía de los servidores de los data centers y los costes asociados de refrigeración representa el 1.2% de la energía total consumida en Estados Unidos.”

“Basado, en parte, en los resultados de este estudio, el United States Environmental Protection Agency (EPA) formó un grupo de trabajo para establecer estándares para el consumo de energía de los servidores y planear establecer una nueva clasificación “Energy Star” para los servidores eficientes.”

Viendo este ejemplo es fácil reflexionar y llegar a la conclusión que en el momento histórico en el que nos encontramos es de vital importancia gestionar de manera eficiente el consumo de energía de los servidores que instalamos en los data centers, reduciendo al máximo su consumo en pro del ahorro energético tan necesario. El coste de los servidores que están dispuestos en los data centers sumado al bajo porcentaje de utilización de los mismos hacen muy necesario el usar técnicas de virtualización para reducir el número de servidores físicos funcionando, y de ésta manera el consumo energético que conllevan.

- **Costes de la Administración de Sistemas**

Como sabemos, las tareas de administración de sistemas pueden llegar a ser muy intensas y laboriosas, además en la mayoría de los casos los administradores de sistemas deben estar ubicados juntos a los servidores en los data centers porque necesitan tener acceso al hardware físico para realizar muchas de sus actividades. Entre las actividades que suelen realizar podemos destacar como principales la monitorización de los servidores, tanto de los servicios como del hardware –reemplazando hardware defectuoso cuando sea necesario- y sus recursos de CPU y memoria así como uso de disco y tráfico de red, instalación de sistemas operativos y aplicaciones, la realización de copias de seguridad periódicas de los datos que almacenan los servidores para recuperación en posibles pérdidas, seguridad y redundancia.

El uso de la virtualización ofrece una gran reducción en costes de administración en prácticamente todas las actividades que la componen. Por ejemplo proporcionando una monitorización simplificada y centralizada, provisión de máquinas de forma automatizada, simplificación en el proceso de copia de seguridad y restauración, dando más seguridad a nivel de máquina al aislarlas, redundancia y replicación de servidores para lograr alta disponibilidad y alto rendimiento... Aunque algunas de las tareas pueden permanecer prácticamente iguales, es decir, permanecen inalteradas en los entornos virtualizados, otras desaparecen ya que los servidores que antes eran físicos pasan a ser instancias de máquinas virtuales.

- **Necesidad de alto rendimiento y alta disponibilidad**

Cada día más el modelo de negocio actual provoca que una mejor calidad de servicio y prestaciones sean requeridas a las empresas, a las que en la mayoría de los casos se les exige que sus servicios se encuentren disponibles las 24 horas al día los 365 días del año, y al mismo tiempo que su fiabilidad y rendimiento se mantengan elevados e inalterables. En un escenario así, sumado al hecho de que dispongamos servidores cuyos recursos se encuentran infrautilizados, se hace aún más patente la necesidad de aplicar alguna *técnica de virtualización*. Por ejemplo, en los casos más habituales en los que características de alto rendimiento y/o alta disponibilidad son implementadas son necesarias máquinas o servidores adicionales, bien para situar servicios a la espera la caída de otros o bien para la distribución de carga, por ejemplo.

Como se puede intuir, tanto las máquinas primarias que sirven los servicios como estas máquinas adicionales pueden ser integradas en una *infraestructura virtual* de forma que no necesitemos adquirir nuevos sistemas ni hardware adicional, al mismo tiempo que consolidamos los servidores en un único servidor físico anfitrión cuyo porcentaje de utilización aumentará.

Resumiendo, usando *consolidación de servidores* nos otorga la posibilidad de cambiar el modelo de gestión de nuestros data centers reduciendo costes en todos los sentidos, número de servidores físicos, la infrautilización de su capacidad y recursos, energía, espacio, y administración asociada. Además, y como vamos a ver a continuación, la virtualización además añade una serie de funcionalidades en la administración de sistemas cuyas ventajas son innumerables, como por ejemplo la **migración en caliente de máquinas virtuales**, la cual bien por motivos de mantenimiento, o balanceo de carga, alta disponibilidad y alto rendimiento, nos permite migrar una máquina virtual –su memoria, sistema operativo, y aplicaciones- de un servidor físico de un clúster a otro servidor físico dentro del mismo clúster o incluso a otros data centers –incluso, situados en continentes distintos-. Como veremos en el desarrollo de este proyecto se le ha otorgado gran importancia a la migración de las máquinas virtuales, por lo que se ha realizado un estudio más profundo de esta funcionalidad y diversas pruebas de rendimiento que podremos ver en los próximos capítulos del presente documento.

Además la virtualización también es **muy importante para los desarrolladores** ya que permite crear entornos de prueba virtualizados exactamente iguales a los reales, que pueden ser usados para desarrollo y depuración con todas las ventajas que ello supone. Por ejemplo, un núcleo Linux ocupa un solo espacio de direcciones, lo que quiere decir que si hubiera algún fallo en el núcleo o en los drivers provocaría la caída del sistema operativo al completo. Al usar virtualización, estamos ejecutando varias instancias de sistemas operativos, luego si falla uno de ellos, tanto el hipervisor como el resto de los sistemas operativos que tengamos en funcionamiento lo seguirán haciendo. Así, esto supone que depurar el núcleo de Linux sea lo más parecido a depurar cualquier otra aplicación en el espacio de usuario. Si fuera poco, existen numerosas soluciones de virtualización con distintos paradigmas de trabajo, ofreciendo distintas soluciones de rendimiento, portabilidad y flexibilidad que los administradores de sistemas pueden explotar para su beneficio según sus necesidades.

A continuación se exponen las **ventajas derivadas del uso de la virtualización**, tanto las comentadas anteriormente como otras. Como se puede apreciar, la lista es considerablemente extensa:

- ***Consolidación de servidores.*** Quizás una de las características más notables del uso de la virtualización y el hecho por el cual se encuentra en continua expansión en el mundo empresarial informático. En sí, consolidar servidores consiste en **reducir el número de los mismos al mismo tiempo que aumenta el porcentaje de su utilización**. Al consolidar servidores, se permitirá usar despliegues más modulares y escalables y centralizar su administración, notablemente simplificada. Como veremos, muchas de las ventajas restantes de la virtualización derivan del hecho de consolidar servidores.
- ***Administración de sistemas simplificada.*** Puede simplificar prácticamente todas las actividades relacionadas con la administración, sobre todo las que suelen ejecutarse de manera estandarizada (como las copias de seguridad), aunque por otro lado introduzca nuevas como el establecimiento de políticas de recuperación mediante migración o clonación de máquinas virtuales, mantenimiento de repositorios....

Por ejemplo, la instalación y despliegue de nuevos sistemas es una tarea que se ve enormemente simplificada al introducir virtualización gracias a técnicas como la clonación de máquinas o las *virtual appliances* (instancias de máquinas virtuales ya preconfiguradas). Otro ejemplo: la *virtualización de escritorio* puede simplificar enormemente el despliegue de nuevos sistemas reduciendo la cantidad de software que

se requiere sea instalado localmente; sin duda incrementando la centralización de recursos compartidos y estandarizando el proceso de despliegue de sistemas puede proporcionar grandes ventajas a los administradores.

Siempre hay que recordar que el número de máquinas de las que es responsable el administrador siempre será el mismo; sean físicas o sean virtuales. Para aprovechar al máximo las ventajas derivadas del uso de la virtualización es fundamental mantener la infraestructura lo más independiente posible de los sistemas físicos; el propósito de las máquinas físicas que alojan máquinas virtuales no deber ser otro que exclusivamente ese, y no deben proporcionar servicios externos por ellas mismas.

- **Alta disponibilidad y recuperación ante desastres.** Al tener reducción en los tiempos de parada de los servicios y datos críticos del negocio. Podemos disponer de varias instancias de un servidor en espera de posibles fallos del que está en funcionamiento (simplemente son ficheros de configuración). Sin virtualización, se requieren múltiples sistemas físicos en espera sin ser utilizados para implementar esto mismo. Es posible la recuperación efectiva ante desastres y el mantenimiento de niveles de disponibilidad del servicio acordados gracias a mecanismos como la *migración de máquinas*. Si un sistema físico falla, los sistemas lógicos contenidos en él pueden ser migrados o distribuidos en caliente o dinámicamente a otros sistemas.

La migración puede ser usada también para aplicar actualizaciones en la máquina, o en sistemas que alojan las máquinas, que vuelven a ser migradas a su localización original tras la culminación de las operaciones planificadas. Por lo tanto, si adoptamos una estrategia para detección automática de problemas y migración de máquinas virtuales ello nos llevará a reducir los costes asociados con recuperación de fallos y aumentar la disponibilidad de los servicios.

- **Alto rendimiento y redundancia.** Es muy fácil mantener una serie de servidores virtuales redundantes esparcidos en varios servidores físicos. Crear, instalar, configurar y mantener estas réplicas también es extremadamente sencillo, sin costes adicionales. A ello ayuda mucho el hecho de la posibilidad de aprovisionamiento de instancias preconfiguradas de máquinas virtuales. Operando de esta forma resulta sencillo disponer de mecanismos para balancear la carga de trabajo entre los servidores virtuales disponibles.
- **Reducción de costes.** La aplicación de técnicas de virtualización supone el ahorro de costes en prácticamente todos los ámbitos, pudiendo destinar esfuerzos y recursos a otros aspectos como la innovación. Se ahorrará en costes de instalación, configuración, monitorización, administración y soporte del servicio, asociados a licencias, del software -usando soluciones software libre como *Xen* con unos grandes beneficios en rendimiento y un bajo coste-, copias de seguridad, recuperación, consumo energético, seguridad... tanto a corto como largo plazo, al disponer de escalabilidad y agilidad sostenible.

También nos permite ahorrar costes en la adquisición de nuevo hardware combinando la consolidación de servidores con una planificación adecuada de las capacidades para hacer un mejor uso del hardware existente. La virtualización también puede ayudar en la reducción de los costes en nuestra infraestructura informática en cuanto a potencia y requerimientos de refrigeración; añadir máquinas virtuales a un anfitrión existente no aumentará su consumo. Otros aspectos en los que es posible ahorrar son: costes de acceso remoto y fiabilidad (menos equipos con teclado, video y ratón necesarios), menos conexiones a aparatos suministradores de potencia ininterrumpible –los cuales se encontrarán más liberados y disponibles en tiempos de

fallo en el suministro de potencia-, y relacionados con la infraestructura de red: si dependiendo de cómo sea configurado el acceso a la red por parte de las máquinas virtuales, es posible simplificar el cableado de la red y reducir el número de hubs y switches necesarios.

- **Mejora de las políticas de puesta en marcha, copias de seguridad y recuperación.** Por ejemplo mediante el establecimiento de puntos de control en las máquinas virtuales y el uso de almacenamiento centralizado como *SAN*, *iSCSI*, *AoE*, *NAS*, *NFSs*... Nuestros servidores pasarán a ser simplemente directorios y archivos de configuración, fácilmente replicables en copias de seguridad. En muchos casos la recuperación puede ser reducida a *copiar y pegar* estos directorios y archivos de configuración de una copia de seguridad o desde una máquina virtual preinstalada. En la mayoría de las soluciones de virtualización que existen en la actualidad es posible la toma de imágenes del estado de la máquina virtual, posibilitando también su posterior recuperación... teniendo a nuestra mano otro sencillo mecanismo adicional relacionado con este tema.
- **Optimización del uso y control de los recursos.** Derivada de la consolidación de servidores virtuales en servidores físicos infrautilizados. De esta manera, recursos como memoria, capacidad de procesamiento, red, disco... presentan porcentajes de utilización mayores a los habituales ofrecidos por servidores físicos dedicados, por lo que los servidores físicos de los que dispongamos son utilizados de manera óptima. Por ejemplo, en sistemas multiprocesador o multi-core las máquinas virtuales pueden correr usando diferentes procesadores o cores, haciendo un uso mejor de los recursos de computación totales disponibles.
- **Gran escalabilidad.** Crecimiento ágil soportado y con gran contención de costes. Una infraestructura virtual proporciona características de escalabilidad muy superiores a una física tradicional, al tratarse de máquinas virtuales lógicas. Un servidor físico, podrá gestionar más número de máquinas virtuales a medida que disponga de mayores recursos. Así, por ejemplo, si en nuestra infraestructura de máquinas virtuales quisiéramos integrar un nuevo servidor web, sólo tendríamos que crear y configurar la máquina virtual correspondiente (si dispusiéramos de una preconfigurada, bastaría sólo con copiarla) en un servidor físico que ya estuviera funcionando –salvo que no tuviéramos recursos suficientes en alguno- ahorrando tiempo, espacio, costes de administración, licencias, instalación, configuración... En cambio, si actuáramos como siempre lo han hecho las empresas, habría que adquirir un nuevo servidor o, en el mejor de los casos, integrar el servicio con otros diferentes en uno mismo.
- **Aprovisionamiento de máquinas virtuales.** El uso de máquinas virtuales preconfiguradas o virtual appliances es una solución rápida, flexible y asumible para desarrollar nuevos sistemas. Listas para cargar y funcionar, ahorrando tiempo de administración, instalación, configuración. Incluso preconfiguradas encapsulando máquinas virtuales determinadas aplicaciones o servicios (por ejemplo, centralitas *VoIP*, un servidor web, un balanceador de carga...), que luego pueden ser reutilizadas en la empresa según las necesidades. Tendremos disponibles la provisión de aplicaciones y sistemas dinámicamente, rápidamente, y justo a tiempo, moviendo máquinas virtuales de un servidor a otro según la necesidad, en lugar de malgastar tiempo configurando e iniciando nuevos entornos físicos en servidores. Este aprovisionamiento de máquinas virtuales puede planificarse, e incluso automatizarse, según la política que establezca el departamento TI y el uso de herramientas destinadas para ello.
- **Compatibilidad hacia atrás.** La virtualización posibilita el uso y mantenimiento de sistemas y aplicaciones heredados que no fueron adaptados a versiones actuales, y por lo tanto sin compatibilidad garantizada con los sistemas en uso hoy día. Usando

virtualización no es necesario crear y establecer sistemas para compatibilidad: con crear una máquina virtual con el entorno clásico de operación del sistema o la aplicación que queremos usar será necesario, eliminando cualquier riesgo de convivencia con las nuevas versiones del entorno. La virtualización es sin duda una solución excelente y simple para estos casos en los que queremos continuar ejecutando software heredado del que las empresas mantienen una fuerte dependencia. Sólo podremos ejecutar software heredado que sea soportado por el hardware sobre el que corre la solución de virtualización; en el caso en el que queramos ejecutar uno que necesite otra arquitectura hardware diferentes, haremos uso de una solución de virtualización que integre *emulación*, como *Qemu*.

- **Disminución del número de servidores físicos.** Derivada de la consolidación de servidores, al integrar múltiples instancias de servidores lógicos dentro de los servidores físicos, conseguiremos disminuir el número de estos últimos a utilizar en el CPD (Centro de Proceso de Datos) o Data Center. Esta es una ventaja muy importante ya que repercute en muchos aspectos; los más importantes referidos a la administración de nuestra infraestructura informática. Lógicamente, al disminuir el número de servidores físicos se simplificará y reducirá ésta a la vez que disminuirá también el espacio físico requerido en nuestro CPD o data center para ellos, cuestiones que pueden llegar a resultar de gran importancia.
- **Mejora de la eficiencia energética.** Al existir un menor número de servidores físicos el consumo de potencia de los mismos consecuentemente será menor. Además, este consumo será más eficiente: ahora los servidores no se encontrarán infrutilizados como antes, que consumían la misma potencia con un menor porcentaje de utilización.
- **Prueba y depuración.** Fácil establecimiento de entornos virtuales iguales a los reales en los que realizar prueba y depuración de sistemas operativos, aplicaciones,... sin las consecuencias que lógicamente eso tendría en un entorno físico real. También, por ejemplo, una aplicación muy importante es la prueba y depuración de software que se desarrolla para correr sobre sistemas y arquitecturas hardware aún no desarrolladas ni fabricadas, y que sí estarán disponibles en el futuro, no teniendo que esperar a que ello ocurra para su prueba. Hay que considerar antes qué solución de virtualización es más apropiada para el conjunto de pruebas y tests que vayamos a desarrollar, por ejemplo soluciones basadas en hipervisor no suelen ser muy recomendadas para la depuración de drivers de hardware debido al propio hecho de introducir el nivel adicional de operación y acceso al hardware.
- **Seguridad y aislamiento.** La virtualización puede proporcionarnos mayores niveles de seguridad y aislamiento, y a un coste menor. Tenemos la posibilidad de proteger aplicaciones y sistemas operativos aislándolos en máquinas virtuales que son totalmente independientes entre sí y con el hipervisor o sistema anfitrión. Cada una de las máquinas virtuales tiene un acceso en modo supervisor único, por lo que un ataque de seguridad que logre acceder a una aplicación o sistema operativo de una de las máquinas afectará sola y exclusivamente a la máquina en la que ocurrió el fallo de seguridad, y no en el resto de máquinas ni en el anfitrión por lo que no los comprometerá. Esto es beneficioso tanto para empresas como a nivel de usuario particular.
- **Tipificación y estandarización de plataformas y configuraciones.** Es sencillo al aplicar virtualización establecer estándares para la configuración tanto de los servidores anfitriones como de las máquinas virtuales que se alojan en ellos. Así, asistiremos a escenarios en los que habrá homogeneidad, ahorrando por tanto en administración y soporte. En cuanto a las máquinas virtuales, y aunque difieran algunas de otras bastante

en cuanto a su funcionalidad y configuración, todas serán tratadas también de manera uniforme por parte del virtualizador que esté en uso. Toda esta transformación puede influir de forma muy positiva en una mejor integración y simplificación del negocio en la infraestructura informática; por ejemplo cambios en el negocio pueden ser direccionados en cambios en las máquinas virtuales los cuales pueden ser llevados a cabo con rapidez.

- **Mejora de la calidad de servicio y fiabilidad.** Mediante la prueba y depuración de aplicaciones, sistemas operativos o nuevas versiones de sistemas operativos y software asociado es posible asegurar niveles de calidad y fiabilidad en ellos (*Quality assurance* o *QA*), al poder implementar un testeo fácil de aplicaciones en múltiples sistemas operativos, o de los propios sistemas operativos sin tener que disponer y configurar múltiples entornos hardware dedicados. Esta es, junto a la consolidación de servidores y la reducción de costes, una de las grandes ventajas al aplicar virtualización, debido a la efectividad mostrada en términos de tiempo y coste, reduciendo la cantidad de hardware requerido, reduciendo o incluso eliminado la mayoría del tiempo requerido para la instalación de sistemas, reinstalación –en muchas ocasiones es útil retomar el estado guardado previamente de una máquina virtual-, configuración....
- **Clonación de máquinas virtuales.** Asociada a términos como redundancia, aprovisionamiento de máquinas virtuales o recuperación ante desastres. Es una de las características de la virtualización que hacen que sea una fantástica solución en la instalación, desarrollo y despliegue de nuevos sistemas. También tiene una gran utilidad cuando por ejemplo, queremos aplicar un parche a un sistema operativo de una máquina virtual, clonándola previamente para guardar su estado. En muchas de las soluciones de virtualización existentes es posible la toma y recuperación de imágenes del estado de las máquinas virtuales, algo que puede resultar de gran utilidad.
- **Personalización.** En el caso de las soluciones de virtualización que son software libre, como *Xen*, *KVM*, *Qemu*,... éstas pueden ser personalizadas y extendidas para alcanzar los requisitos necesarios específicos.
- **Uso en ámbitos docentes.** Uso como ayuda didáctica: se pueden configurar e iniciar entornos para que estudiantes puedan aprender e interactuar con sistemas operativos, aplicaciones o drivers de dispositivos. Por ejemplo, es posible el aprendizaje de conocimientos informáticos estudiando en máquinas virtuales configuradas para emular hardware o sistemas operativos particulares. Unido a las capacidades que proporciona la virtualización acerca de prueba y depuración, ésta ventaja resulta muy interesante en estos ámbitos.
- **Clústeres de servidores virtuales.** Creación de clústeres de servidores virtuales para unificar múltiples servidores en un solo sistema. Proporciona las ventajas de la creación de clústeres trasladadas al ámbito de una infraestructura virtual, pudiendo crear un clúster dentro de un solo equipo.
- **Flexibilidad.** Las características hardware y software de las máquinas virtuales son totalmente configurables a nuestro gusto. Así, podemos crear servidores virtuales con RAM, CPU, disco, y red que estrictamente necesitemos. Gran flexibilidad en el reparto de recursos del sistema anfitrión entre las máquinas que aloja. Esta flexibilidad se ve aumentada por el hecho de la posibilidad de asignación de determinados dispositivos de manera exclusiva a ciertas máquinas virtuales según nuestros intereses. Por ejemplo, si dispondremos de un servidor que deberá soportar una gran cantidad de tráfico de red podremos asignar a su máquina virtual de manera exclusiva una de las tarjetas de red disponibles físicamente en el servidor anfitrión.

- **Gran agilidad.** La creación de máquinas virtuales es un proceso que se puede llevar a cabo con gran rapidez e incluso se puede automatizar. Disponiendo incluso de máquinas virtuales pre configuradas, podemos poner en funcionamiento servidores con un simple clic o ejecutando tan sólo un comando. Esto nos posibilita también ganar en rapidez ante cambios bajo demanda, para realizar mejoras, impuestos por el modelo de negocio...
- **Portabilidad, migración.** Incrementando el aislamiento de las máquinas virtuales de hardware físico específico aumenta la disponibilidad de los sistemas aumentando la portabilidad de las máquinas virtuales, permitiéndoles ser migradas. La migración de máquinas virtuales es un proceso transparente al usuario al mismo tiempo que transparente a cualquiera de los procesos que se encuentren corriendo en las máquinas virtuales. Portar máquinas virtuales entre distintos servidores físicos es muy sencillo. Mecanismos de migración en parada o en caliente aparte, podemos portar máquinas virtuales simplemente copiando los archivos de configuración que definen las mismas o los ficheros/imágenes que constituyen sus discos, de un tamaño que permite usar dispositivos de almacenamiento USB, discos duros externos,
- **Automatización.** Existen herramientas de automatización que permiten fijar métricas comunes (por ejemplo sobre rendimiento) de las máquinas virtuales y que pueden llegar a reconfigurarlas si es necesario para cumplir con las condiciones expuestas. Por ejemplo, se puede asignar dinámicamente mayor CPU a una máquina que lo precise para cumplir unos determinados tiempos de respuesta, tomando CPU de otra máquina que tenga menos carga o migrándola a un servidor con mayor CPU disponible. Así, la infraestructura virtual está altamente ligada con el negocio.
- **Cola unificada.** Trato de los servidores como una cola unificada de recursos. Tratando de esta forma los servidores de que dispongamos ganaremos en agilidad, consistencia y efectividad en el proceso de administración de sistemas.

No sería recomendable entrar a valorar solamente las ventajas que puede aportar la adopción de infraestructuras virtuales en lugar de las usadas tradicionalmente. Antes de aplicar técnicas de virtualización es completamente necesario y debe ser considerado de obligatoriedad tener en cuenta las posibles desventajas que pueden surgir de su implantación; algunas de ellas podrían condicionar el plantear si finalmente llevar a cabo nuestro proyecto de virtualización o no.

A pesar de ello, no debemos temer el encontrarnos con grandes dificultades y barreras que nos impidan virtualizar; debemos poner en una balanza las ventajas y desventajas que pueden aparecer en nuestro caso particular, teniendo en cuenta la variedad de posibilidades y modelos de virtualización disponibles. Presentamos a continuación las **desventajas más habituales que suelen aparecer cuando virtualizamos**:

- **Pérdida de rendimiento.** Como es normal, la ejecución de un sistema operativo y de aplicaciones en una máquina virtual nunca ofrecerá un rendimiento igual y mucho menos superior al obtenido con la ejecución directamente sobre el servidor físico. Como sabemos, algunas soluciones introducen capas intermedias como son los hipervisores, que capturan las llamadas de las máquinas virtuales, gestionan su acceso concurrente a los recursos físicos y las monitorizan. Por lo general, una aplicación que corre en una máquina virtual lo hace de maneras más lenta a como lo haría en una máquina física directamente, aunque recientemente se estén obteniendo performances cercanas al rendimiento nativo de los sistemas anfitriones (más con paravirtualización que con virtualización completa). La pérdida en rendimiento depende por lo general de tres

factores: la aplicación en sí, la tecnología de virtualización utilizada, y la configuración del hipervisor. Aplicaciones con un gran volumen de operaciones de entrada y salida experimentan peor rendimiento.

- **Compartición del servidor.** Una de las principales ventajas del uso de la virtualización puede llegar a ser una desventaja importante si no es gestionada y administrada correctamente. Las capacidades y recursos de los servidores físicos anfitriones deben ser monitorizadas y controladas en todo momento. El uso de capacidad, memoria, procesador,... puede variar considerablemente y de manera dinámica al existir nuevos procesos y procedimientos como por ejemplo *migraciones de máquinas virtuales*, que al tener lugar permite que *máquinas virtuales* puedan ubicarse en diferentes servidores en distintos momentos. Lógicamente, visto de esta manera, la compartición del servidor puede acarrear una mayor complejidad en la administración, que no llevada a cabo correctamente puede conducir a importantes e impredecibles problemas.
- **Soporte del hardware.** Por lo general, no es posible utilizar hardware que no esté soportado por el hipervisor. El software de virtualización suele imponer una serie de dispositivos hardware (como tarjetas de vídeo y de red) que son las disponibles para las máquinas virtuales. Otras soluciones de virtualización pueden emular el hardware necesario, aunque por lo tanto ofreciendo peor rendimiento.
- **Hardware virtual obsoleto.** Puede darse la posibilidad de que el hardware virtual esté obsoleto. Aunque se suele ir actualizando con nuevas versiones del hipervisor, lo normal es que dispongamos de dispositivos anteriores para virtualización como por ejemplo USB 1.0, Firewire 400 o Ethernet 100. Es por ello que es altamente recomendable disponer de un hipervisor actualizado.
- **Aceleración de vídeo por hardware.** No está disponible la aceleración de vídeo por hardware, por lo que aplicaciones que disponen de efectos 3D no funcionarán en condiciones normales sobre una máquina virtual. Hay alguna excepción (como puede ocurrir con VMware Fusion o Parallels, que soportan algunas versiones de OpenGL o DirectX), pero conviene comprobar en primer lugar su rendimiento.
- **Riesgo en la organización al implantar una infraestructura virtual.** La proliferación de máquinas virtuales puede llegar a ser un inconveniente ya que, no organizada de una manera satisfactoria, puede conllevar un crecimiento en la complejidad de la administración, gestión de licencias de los servidores, aumento del riesgo en cuestiones de seguridad,... todo lo contrario a lo que se pretende llegar cuando implantamos un proyecto de virtualización.
- **Número inadecuado de máquinas virtuales.** La creación de máquinas virtuales que no son necesarias lleva un consumo mayor y elevado de recursos computacionales, RAM, disco, CPU... por lo que puede llegar a desaprovecharse recursos. No es conveniente la creación sin control de máquinas virtuales para disponer de servidores con mayor porcentaje de utilización; el uso de los recursos debe ser el conveniente para la actividad que estemos desarrollando.
- **Anfitrión como único punto de fallo.** Con una única avería en el servidor anfitrión pueden caer múltiples servidores virtuales con sus respectivos servicios teniendo ello un gran impacto en la organización. La solución de este gran problema de la virtualización es sin duda una planificación detallada que cubra disponibilidad y recuperación ante desastres siempre que sea posible.

Algunas aproximaciones para conseguirlo son las siguientes: redundancia de hardware en el sistema host haciendo que el fallo de un componente sea transparente a las máquinas virtuales, la compra y mantenimiento de hardware que replique los sistemas físicos que alojan máquinas virtuales de gran importancia (en ocasiones este coste es asumible en comparación con el daño que causaría la caída del sistema en funcionamiento), el uso de clustering, redundancia y replicación de las máquinas virtuales que ofrecen servicios críticos en varios servidores físicos y así evitar la caída del servicio, y como no la ejecución de manera centralizada de software de monitorización de sistemas que nos alerte de problemas hardware y software emergentes antes de que lleguen a ser críticos. Además hay que implementar funcionalidades de migración de máquinas virtuales –*Xen*, por ejemplo puede llegar a eliminar estos puntos de fallo únicos haciendo los servidores virtuales totalmente portables de un host físico a otro en el momento de detección de los problemas-. La importancia del hardware del servidor físico anfitrión en la virtualización es crítica como podemos apreciar.

- **Portabilidad condicionada.** La portabilidad de las máquinas entre distintas plataformas está condicionada por el software de virtualización que elijamos. Dependiendo si elegimos soluciones sobre GNU/Linux, MacOS, Windows,... para nuestro sistema anfitrión tendremos unas posibilidades u otras para esta portabilidad. Puede que en un futuro sea un requisito indispensable esta portabilidad y migración de las máquinas virtuales, por lo que debe ser planificado y estudiado con antelación.
- **Disminución de las ventas del hardware.** Como efecto colateral del uso de la virtualización, disminuyen en gran porcentaje las ventas de hardware. El número de máquinas vendidas será inferior al actual, a pesar de que el hardware vendido será de una potencia notablemente superior. A pesar de esta “desventaja”, las empresas del hardware –como Intel y AMD- han apostado fuerte desde el principio por la virtualización lanzando tecnologías dotadas de soporte para ello.
- **Dependencia del sistema operativo anfitrión.** La elección del sistema operativo de la máquina anfitriona es crítica. Todos los sistemas operativos de las máquinas virtuales dependerán de la estabilidad y seguridad que ofrezca el anfitrión. Una vez más en este punto podremos establecer debates sobre qué solución de virtualización y qué sistema operativo deben residir en el servidor físico anfitrión.
- **Dependencia de la solución de virtualización elegida.** Es fundamental elegir la tecnología y solución de virtualización adecuada en función del servicio que ofrezcamos. Hay algunas que ofrecen mejor rendimiento en servidores con servicios críticos o de negocio, y otras que son mejores en servicios no críticos. Por ejemplo, *VMware* no es la solución óptima para virtualizar las aplicaciones críticas. El hardware sobre el que se ejecutan las máquinas virtuales *VMware* (arquitectura x86) no es capaz de direccionar tantos datos de una sola vez como otras arquitecturas (porque no es una arquitectura nativa 64 bits), tiene características de fiabilidad y disponibilidad medias. Las soluciones óptimas para virtualizar los servidores críticos son las que se ejecutan en servidores de alta gama, por ejemplo *HP Integrity Virtual Machines*, o *Xen*.
- **Disponibilidad de recursos suficientes.** La disponibilidad de los recursos es una cuestión de gran importancia y es un problema potencial debido al hecho de que las máquinas virtuales comparten los recursos disponibles físicamente en el servidor anfitrión, muchas veces compitiendo por ellos, otras veces no. Hay que disponer de recursos suficientes para que las máquinas virtuales estén funcionando de manera simultánea, no solamente de forma independiente. Siempre debemos situarnos en el

peor de los casos a la hora de planificar el uso futuro de los recursos por parte de las máquinas virtuales.

Debemos pensar *dinámicamente*, ya que el uso de los recursos será cambiante: por temas de carga de trabajo, al disponer de un mayor o menor número de máquinas, si las máquinas son portadas entre distintos servidores al implementar migraciones,... hacen que sea extremadamente importante la monitorización de los recursos de procesamiento, memoria, red, capacidad....

- ***Congestión de red por servidor.*** Si el servidor físico que aloja a diversas máquinas virtuales dispone de una o pocas interfaces de red y las máquinas virtuales ejecutan operaciones con una carga intensiva en la red ello puede provocar que la demanda del hardware de red sea excesiva y exista congestión, dando lugar a problemas de rendimiento para el host anfitrión o para las máquinas virtuales que comparten la (s) interfaz (interfaces) de red. Una solución trivial a este problema es la instalación de un mayor número de tarjetas de red en el anfitrión así como la asignación de manera exclusiva de algunas de ellas a las máquinas virtuales que demande un mayor tráfico. Sin embargo, estas asignaciones de recursos a las máquinas pueden provocar que aumenten la complejidad de procesos como la migración de máquinas virtuales.
- ***Incremento de la complejidad y tiempo de depuración de las actividades de Networking.*** La administración de red de máquinas virtuales, cada una con sus respectivas interfaces de red (ya sean físicas o virtuales) y configuraciones asociadas (MAC, dirección IP, encaminamiento) puede llegar a ser más compleja que la administración de red de máquinas físicas con las mismas características, debido no sólo a la capa software de red virtual introducida en las máquinas sino también a la configuración que debe ser establecida en cortafuegos, filtrados, y otros mecanismos de control. Una práctica extendida en este aspecto es la creación de subredes de máquinas virtuales, cada una de las cuales con su propio servidor DHCP para así controlar el rango de direcciones de red que se asignan a las máquinas virtuales, simplificando de manera notable las actividades de filtrado, encaminamiento y cortafuegos al trabajar con bloques de direcciones de red. Además hay que tener en cuenta las configuraciones de las interfaces de red cuando clonamos y caracterizamos nuevas máquinas virtuales, ya que algunos de los parámetros pueden dar problemas (como por ejemplo la dirección MAC de la tarjeta de red) al existir duplicados en la red, dificultando las actividades de networking.
- ***Posible aumento de complejidad en la administración.*** A pesar de que en la mayoría de los casos las actividades de administración se verán simplificadas, hay configuraciones en las que es posible que el efecto al presentar virtualización sea el contrario del esperado. Por ejemplo, esto ocurrirá si usamos utilidades de administración y/o monitorización de sistemas de forma distribuida que no pueden trabajar con máquinas virtuales –no pueden comunicarse con ellas-, o puede que ocurra también si usamos al mismo tiempo diferentes soluciones de virtualización. Aunque no sea un problema de gran importancia, siempre es bueno tenerlo en mente.
- ***Nuevas problemáticas.*** Se introducen nuevas problemáticas que no existían en los entornos físicos al virtualizar: por ejemplo, debemos conocer en cada momento qué máquinas se encuentran arrancadas en cada servidor físico de las que aloja, o si hay máquinas que pueden ejecutarse en varios servidores físicos en cual se encuentran en funcionamiento en cada momento, si es necesario migrar máquinas para balanceo de carga,... Otra problemática es la convivencia en la monitorización tanto de servidores físicos habituales como de servidores virtuales. Lo mismo ocurre si disponemos de

diversas tecnologías de virtualización: deben ser gestionadas centralizadamente y de una manera transparente, lo más homogénea posible.

- **Licencias del software.** Siempre que apliquemos virtualización debemos considerar temas relacionados con licencias del software. Cuando almacenaremos múltiples cuentas de usuarios en un único servidor, cuando repliquemos máquinas virtuales... En el caso de que no pudiésemos permitirnos nuevas licencias al aplicar virtualización, siempre podemos buscar esquemas de licencias flexibles, lo que en ocasiones es crítico para servidores que alojan un gran número de usuarios. Otro posible problema relacionado con licencias es el causado por vendedores de software los cuales no apoyan el uso de sus productos en entornos virtualizados –hay que comprobar la licencia del producto para estar seguros de ello.

En la tabla 1.2 podemos ver de manera resumida las ventajas y desventajas comentadas en las páginas anteriores. Aunque se trate de una muestra de las principales ventajas y desventajas, no por ello se debe pasar por alto el detalle de que el número de desventajas es menor al mismo tiempo que generalmente tienen lugar en casos específicos. La importancia y facilidad de obtención de las ventajas que han sido expuestas hace que día a día las técnicas de virtualización cobren mayor fuerza, y sin duda compensa aplicarlas a pesar de las posibles y menores desventajas que puedan surgir.

Tabla 1-2. Ventajas y desventajas derivadas del uso de técnicas de virtualización

Ventajas	Desventajas
Consolidación de servidores	Pérdida de rendimiento
Administración de Sistemas simplificada	Compartición del servidor
Alta disponibilidad y recuperación ante desastres	Soporte del hardware
Alto rendimiento y redundancia	Hardware virtual obsoleto
Reducción de costes	Aceleración de vídeo por hardware
Mejora de las políticas de puesta en marcha, copias de seguridad y de recuperación	Riesgo en la organización al implantar una infraestructura virtual
Optimización del uso y control de los recursos	Número inadecuado de máquinas virtuales
Gran escalabilidad	Anfitrión como único punto de fallo
Aprovisionamiento de máquinas virtuales	Portabilidad condicionada
Compatibilidad hacia atrás	Disminución de las ventas del hardware
Disminución del número de servidores físicos	Dependencia del sistema operativo anfitrión
Mejora de la eficiencia energética	Dependencia de la solución de virtualización elegida
Prueba y depuración	Disponibilidad de recursos suficientes
Seguridad y aislamiento	Congestión de red por servidor
Tipificación y estandarización de plataformas y configuraciones	Incremento de la complejidad y tiempo de depuración de las actividades de Networking
Mejora de la calidad y fiabilidad	Posible aumento de complejidad en la administración
Clonación de máquinas virtuales	Nuevas problemáticas
Personalización	Licencias del software
Uso en ámbitos docentes	
Clústeres de servidores virtuales	
Flexibilidad	
Gran agilidad	
Portabilidad, Migración	
Automatización	
Cola unificada	

Como podemos ver, casi todas las ventajas que nos ofrece la virtualización son aplicables en el campo de la **consolidación de servidores en las empresas**, quienes están

obteniendo el mayor beneficio de ésta tecnología y que a su vez impulsan. Casi observando todo lo descrito anteriormente podemos llegar a responder la siguiente pregunta: **¿por qué consolidar, y no seguir con el modelo de servidores independientes?**

Hasta hace unos años, la instalación de servidores en las empresas se regía por las necesidades que tuviera, y dependiendo del servicio que se quisiera configurar se adquiría un servidor optimizado en hardware, sistema operativo, y software para desempeñar esa función. No importaba el hecho de que existieran otros servidores previamente instalados en la empresa, ni el hardware que utilizaban, sistema operativo, y software. Los servidores eran comprados, configurados e instalados porque eran los idóneos para soportar el servicio que quisiéramos implantar: una base de datos, *CRMs*, alojamiento web... Desarrollando de esta manera los *CPDs* en las empresas se llegó a una situación inmanejable llena de una mapa de servidores heterogéneos completamente en sus características: creciente número de servidores en la empresa, dificultad de administración, dificultad en el manejo de cambios, dificultad en la monitorización de todos los servidores... sumado a los costes de espacio y energéticos que implica tal número de máquinas. Y además... ¡¡infrautilizados!! Las estadísticas muestran que los servidores suelen estar usados en torno al 30% como máximo, mientras las empresas desaprovechan el otro 70% por el que pagaron, a lo que hay que sumar licencias, soporte, mantenimiento...

Otros estudios muestran además que el 75% del presupuesto de los departamentos de Tecnologías de la Información es invertido en operaciones de mantenimiento, mientras que tan sólo el 25% del mismo es usado para innovación. Como hemos visto, el uso de la virtualización repercute notablemente en el ahorro de costes en administración, lo que además permitiría a las empresas dedicar un porcentaje mayor de sus presupuestos a **innovación y gestión del servicio**. **Virtualizar es una respuesta natural y actual a las necesidades que están surgiendo en las empresas y *CPDs*. La virtualización permite a las empresas evolucionar de un *CPD* basado en hardware a otro basado en software, en el cual los recursos compartidos se asignan dinámicamente a las aplicaciones que los precisen.** Si no se virtualiza, además de no frenar todos estos problemas, lo grave es que continúan agravándose, afectando a la competitividad de la empresa. La mayoría de las empresas adoptan soluciones intermedias, en las que se virtualiza sólo una parte de los servicios y aplicaciones, típicamente los no productivos. De esta forma, incluso, las ventajas y ahorros en costes y agilidad apreciables.

Como curiosidad, y ya que hablamos de la gestión de los *CPDs* actualmente en las empresas, otra técnica empleada que es considerada opuesta conceptualmente a la virtualización es el ***grid computing o agregación de servidores***, en la que varios servidores son observados como uno sólo. Como podemos ver, no se trata más que de otra forma de virtualización.

La virtualización es el siguiente paso en el modelo de gestión de los servicios, equiparable en forma y contenido al que surgió al pasar de sistemas operativos de una única tarea a sistemas operativos multitarea, en el sentido de aprovechamiento de recursos y aumento de la eficiencia.

3 Conclusiones

Como hemos podido ver en los apartados anteriores el mayor campo de aplicación de la virtualización es el de la **consolidación de los servidores** que forman la infraestructura de los data centers en cualquier empresa, universidad, institución... En estos equipos corren servicios fundamentales para los productos que ofrezcan, como bases de datos, páginas web, comercio electrónico, hosting, correo electrónico,... con presencia cada vez más importante y creciente.

El objetivo principal del presente proyecto es el diseño, implementación y prueba de una pequeña infraestructura virtual, consolidando servidores con servicios de centralita *VoIP*.

Dentro de un solo servidor físico, o si se prefiere un clúster de servidores, puede ser desarrollada una completa infraestructura de servidores o centralitas *VoIP* virtuales (infraestructura virtualizada), manteniendo el servicio ofrecido a prácticamente el mismo nivel de rendimiento y con las considerables ventajas de aplicar virtualización. En las *máquinas virtuales* correrán los servicios *VoIP* y sus instancias de sistemas operativos independientes, de manera que el hardware del servidor físico/clúster de servidores físicos es abstraído a las máquinas, creyendo éstas que son servidores de telefonía IP dedicados.

Las centralitas *VoIP* (*Voice over IP*) se encuentran en auge actualmente y están disfrutando de una gran acogida por parte del sector empresarial debido a sus inmejorables prestaciones; la gestión de llamadas por software ofrece unas posibilidades con las que no puede competir la telefonía tradicional.

La combinación de virtualización y telefonía IP puede ofrecer unos resultados realmente excelentes explotando y uniendo las ventajas de uno y otro lado. Sin embargo, existen desventajas derivadas de esta asociación como el rendimiento final obtenido -muy importante si se quiere dotar al servicio de telefonía IP por ejemplo de alta disponibilidad o alto rendimiento, en ocasiones puede resultar dudoso dependiendo del tipo de virtualización aplicada-, problemas con el uso del hardware específico de telefonía IP por parte de las máquinas virtuales, o el estado del reloj de la centralita virtualizada. Por tanto, las ventajas y desventajas derivadas del uso combinado de virtualización y telefonía IP y su exploración serán objeto de estudio..

Así, es la *VoIP* el servicio elegido para medir sus prestaciones y rendimiento en entornos virtuales, en escenarios simples y de alta disponibilidad, y realizar una comparativa con entornos en los que no hay implantada virtualización. De esta forma experimentaremos las ventajas y desventajas de la virtualización y telefonía IP, siendo testigos de la sencillez de todo el proceso a la par de poder observar los grandes beneficios que reporta al consolidar este tipo de servidores. Finalmente, se realizarán pruebas de migración en caliente de servidores *VoIP* entre distintos servidores físicos de un clúster, midiendo tiempos de caída de servicio durante el proceso.

El Proyecto Fin de Carrera además debemos recordar es abordado desde la perspectiva del software libre y GNU/Linux, partiendo de la implementación libre de centralitas *VoIP* como es *Asterisk*, y desarrollando la virtualización de servidores de este tipo con soluciones libres de gran potencia sobre GNU/Linux, como desglosaremos en los capítulos posteriores. Concluyendo, se trata de unir sobre GNU/Linux la funcionalidad y potencia de la herramienta libre de *telefonía IP Asterisk* y de una solución de virtualización libre a elegir, que será discutida próximamente.

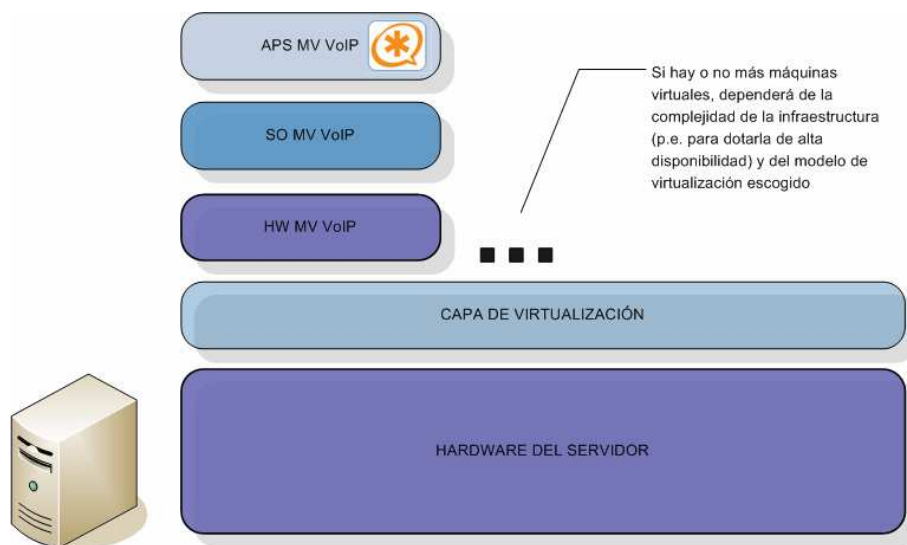


Figura 1.10 Consolidando servidores de telefonía IP Asterisk.

