



DEPARTAMENTO DE SISTEMAS  
INFORMÁTICOS Y COMPUTACIÓN



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Universidad Politécnica de Valencia

# Análisis de un plan de continuidad de servicios clave mediante infraestructuras virtualizadas privadas

Tesis de Máster

Máster en Computación Paralela y Distribuida

Departamento de Sistemas Informáticos y Computación

**Autor:**

José Vicente Ros Solís

**Director:**

Ignacio Blanquer Espert

Valencia, Julio de 2013



# Agradecimientos

En primer lugar, quería agradecer a mi novia Raquel todo el apoyo proporcionado. Durante estos años, no hemos podido llevar una vida todo lo normal que me gustaría. Compaginar la realización del Máster con el trabajo ha sido duro para los dos.

También quiero hacer mención especial a mis padres y al resto de la familia los cuales me han dado consejos siempre que ha hecho falta.

Finalmente, mi más sincero agradecimiento al director de esta tesina, Ignacio Blanquer Espert y a Carlos de Alfonso Laguna, los cuales me han ayudado a encauzar y poder finalizar este documento.



# Índice de Contenidos

Capítulo 1 Introducción .....	1
1.1    Introducción .....	3
1.2    Alcance y Objetivos .....	7
Capítulo 2 Estado del Arte .....	9
2.1    Introducción .....	11
2.2    Virtualización clásica .....	13
2.3    Conceptos básicos de la virtualización actual .....	15
2.3.1    Tipos de máquinas virtuales.....	16
2.3.2    Clasificación de Hipervisores.....	18
2.4    Técnicas de virtualización en hipervisores.....	23
2.4.1    Virtualización de la CPU .....	23
2.4.2    Virtualización de la memoria .....	29
2.4.3    Virtualización de los Dispositivos de E/S.....	34
2.5    Virtualización comercial .....	36
2.5.1    VMware Inc. ....	37
2.5.2    Citrix Inc.....	40
2.5.3    Hipervisor Xen .....	42
2.5.4    Microsoft Corporation.....	44
2.6    Comparativa de prestaciones.....	46
2.6.1    Análisis de rendimiento con SPECjbb2005 e IOMetter .....	46
2.6.2    Análisis de rendimiento de interfaces de red virtualizadas .....	50
2.6.3    Conclusiones.....	55
Capítulo 3 Plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas.....	57
3.1    Introducción .....	59
3.2    Política del Plan de Continuidad .....	60
3.2.1    Objetivos .....	60
3.2.2    Alcance .....	60
3.2.3    Responsabilidades.....	60
3.3    Identificación de los componentes de la infraestructura virtual .....	62
3.4    Análisis de riesgos .....	64
3.4.1    Definición de los niveles de riesgo .....	64

3.4.2	Posturas frente al riesgo .....	65
3.4.3	Elaboración de perfiles.....	66
3.4.4	Riesgos asociados a las tecnologías de virtualización .....	67
3.5	Criterios de distribución de las máquinas virtuales .....	71
<b>Capítulo 4 Migración real hacia una infraestructura virtualizada .....</b>		<b>73</b>
4.1	Introducción .....	75
4.2	Estado previo del sistema .....	76
4.2.1	Características técnicas de los recursos hardware .....	76
4.3	Configuración software y servicios .....	78
4.3.1	Modelo de utilización del sistema.....	79
4.3.2	Problemas conocidos .....	80
4.4	Decisión de implantar una infraestructura virtualizada.....	81
4.4.1	Uso de proveedores externos .....	81
4.4.2	Selección del sistema de virtualización.....	84
4.4.3	Conclusiones de la selección .....	88
4.5	Distribución de los servicios en la nueva infraestructura virtualizada.....	90
4.5.1	Distribución mediante una alta segregación de servicios.....	91
4.5.2	Caso de uso 1: Adición y sustracción de servicios.....	93
4.5.3	Caso de uso 2: Recuperación de un servicio del almacén de históricos .....	93
4.5.4	Caso de uso 3: Balanceo de carga entre nodos.....	93
4.5.5	Caso de uso 4: Caída de un nodo de trabajo.....	94
4.6	Consolidación de servicios .....	96
<b>Capítulo 5 Conclusiones finales .....</b>		<b>101</b>
<b>Bibliografía .....</b>		<b>109</b>
<b>Apéndice A: Índice de Figuras .....</b>		<b>111</b>
<b>Apéndice B: Índice de Tablas .....</b>		<b>113</b>

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

---



## Introducción

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En la última década, el sector de las tecnologías de la información se ha decantado hacia la utilización de la virtualización de sistemas informáticos. Gran cantidad de empresas están migrando sus sistemas a entornos virtualizados seducidos por las grandes ventajas que aportan estos sistemas en cuanto a comodidad y eficiencia.

El término virtualización describe, en líneas generales, la separación de un recurso o de la solicitud de un servicio, de la física subyacente necesaria para proporcionar el servicio o recurso. Por ejemplo, con el mecanismo de memoria virtual, los sistemas operativos crean una imagen distinta de la memoria disponible en el hardware.[1]

Si nos centramos al ámbito de las infraestructuras virtualizadas, la virtualización consiste en una capa software, conocida como hipervisor, que corre directamente en el hardware o sobre un sistema operativo anfitrión, y que proporciona una capa de abstracción con dicho hardware o con el sistema operativo que hay por debajo de dicho software. Esta abstracción es realizada de tal manera que resulte transparente al software que se ejecuta por encima de ella.

Este nivel de abstracción, permite la creación de entornos virtuales conocidos como máquinas virtuales que utilizan los recursos físicos disponibles en la máquina física. Dado que múltiples instancias de máquinas virtuales pueden ser lanzadas, la capa de virtualización es la encargada de asignar los recursos a cada una de ellas, permitiendo un control centralizado de las mismas desde la máquina anfitrión.

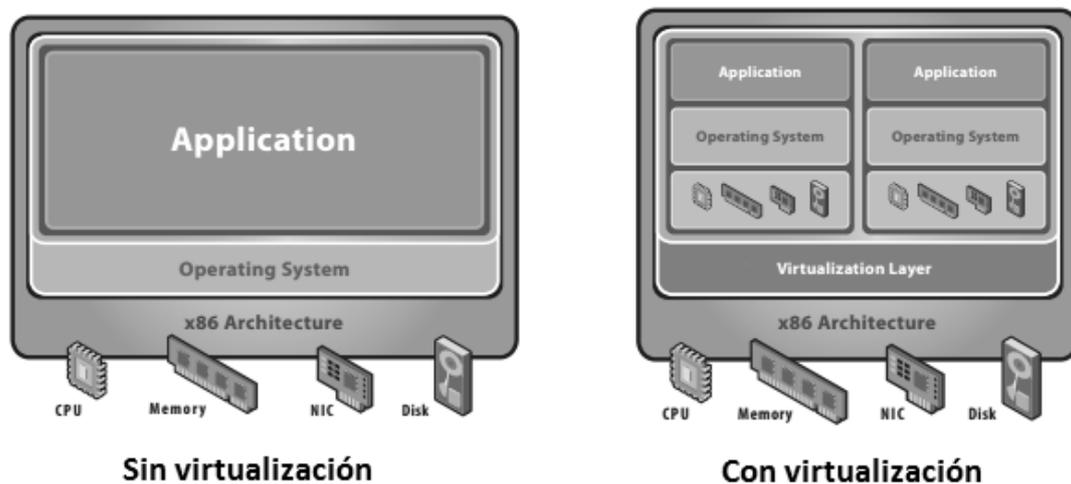


FIGURA 1: INCORPORACIÓN DE LA CAPA DE VIRTUALIZACIÓN

Habrà por lo tanto, un sistema físico que será máquina real y un sistema virtual o lógico que se ejecutará virtualizado sobre el sistema físico. Si se dispone de suficientes recursos podríamos tener varios sistemas virtuales ejecutándose sobre un único

## Introducción

sistema físico. Y en sentido contrario también, es decir, que varios recursos físicos (servidores o dispositivos de almacenamiento) aparecen como un único recurso lógico.

Esta independencia entre la máquina física y la máquina lógica o virtual, proporciona una considerable lista de ventajas. Entre las más destacadas tendremos la consolidación de servidores, la administración de sistemas simplificada, la facilidad de recuperación ante desastres, la facilidad de crear sistemas redundantes, la reducción de costes o el alto grado de aislamiento, las cuales vamos a detallar a continuación:

### • **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....

### • **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.

### • **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.

## Introducción

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), copias de seguridad, recuperación, consumo energético, seguridad... tanto a corto como largo plazo, al disponer de escalabilidad y agilidad sostenible.

### • **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.

Además de las ventajas que hemos detallado en los párrafos anteriores, existen otras ventajas que vienen derivadas de las antepuestas, las cuales son las siguientes:

- Mejora de las políticas de puesta en marcha, copias de seguridad y recuperación.
- Optimización del uso y control de los recursos.
- Gran escalabilidad.
- Aprovisionamiento de máquinas virtuales.
- Compatibilidad hacia atrás.
- Mejora de la eficiencia energética
- Prueba y depuración.
- Clonación de máquinas virtuales.
- Clústeres de servidores virtuales.
- Flexibilidad.

## Introducción

- Portabilidad, migración.

En conclusión, son numerosos los beneficios que aportan las tecnologías de virtualización a las empresas, para el mejor desarrollo de sus actividades. En concreto, las pequeñas y medianas empresas, encuentran un gran apoyo en esta tecnología al permitirles disponer de infraestructuras y sistemas más grandes y que proporcionen más servicios a un coste menor.

## Introducción

### 1.2 ALCANCE Y OBJETIVOS

El objetivo principal de esta tesis de máster, es el análisis del estado actual de las tecnologías de virtualización aplicadas a la creación y mantenimiento de una infraestructura de virtualización, en el entorno empresarial de las pequeñas y medianas empresas.

En primer lugar, explicaremos el funcionamiento de las tecnologías de virtualización modernas, las cuales difieren considerablemente de los antiguos sistemas de virtualización. Para ello, expondremos los distintos tipos de máquinas virtuales e hipervisores y cuáles de ellos son más apropiados para la creación de una infraestructura virtualizada. Además, introduciremos las distintas técnicas empleadas por los hipervisores para crear los entornos de virtualización.

Junto al estado actual de la virtualización, mencionaremos las principales compañías del sector que producen el software de virtualización más avanzado y describiremos sus principales productos.

Tras exponer las distintas opciones que nos ofrece el mercado, analizaremos sus prestaciones en varios ámbitos. Mostraremos comparativas de rendimiento en entornos J2EE, en entornos que realicen un uso intensivo de disco y analizaremos el rendimiento de las interfaces de red virtualizadas.

Una vez conocida la tecnología y los productos disponibles en el mercado para implantarla en las empresas, elaboraremos un plan de adaptación y continuidad para infraestructuras virtualizadas. El objetivo de este plan, es el de garantizar, de forma razonable y sostenible, la operatividad de una infraestructura de virtualización y para ello, debemos conocer, además de la tecnología, los distintos componentes de los que está formada.

Por otra parte, existen nuevos riesgos asociados a las tecnologías de virtualización que debemos analizar y minimizar. Para conseguir minimizar los riesgos, recomendaremos algunas medidas preventivas y estrategias que podemos implementar en las infraestructuras y que se complementan con los mecanismos de prevención y seguridad tradicionales.

Por último, terminaremos con una exposición de un caso real de migración de una infraestructura hacia un entorno virtualizado. Este último capítulo, reúne los distintos pasos realizados para obtener una infraestructura virtualizada que proporcione todos los servicios que existían en la infraestructura tradicional y mejore el grado de utilización de los recursos hardware disponibles. Finalmente, expondremos varios casos de uso de la infraestructura virtual.



## Capítulo 2

### ESTADO DEL ARTE

---



Estado del Arte

## 2.1 INTRODUCCIÓN

Por regla general, en los primeros desarrollos de computadoras, el hardware era lo primero que se diseñaba y el software se creaba específicamente para la máquina que se había construido. El grado de compatibilidad entre distintas plataformas era muy bajo o casi nulo. Las aplicaciones que se desarrollaban, necesitaban conocer el hardware para acceder a él y utilizarlo conforme a las especificaciones del fabricante.

Cuando las ventajas de desarrollar software compatible se hicieron evidentes, el hardware fue adquiriendo un mayor grado de estandarización. La industria desarrollaba, cada vez más, componentes que utilizaban interfaces comunes para comunicarse con el resto del hardware. Las aplicaciones podían utilizar métodos comunes para acceder a los recursos hardware aunque el desarrollo todavía era bastante complejo.

Por otra parte, la mayor estandarización del hardware permitió desarrollar sistemas operativos que ofrecían una visión simplificada del hardware subyacente. En este punto, un desarrollador de aplicaciones, podía ejecutar su aplicación en una gran variedad de sistemas diferentes. Aun así, el problema de la compatibilidad surgía de nuevo con los sistemas operativos y estos se convertían en un nuevo objetivo para la estandarización.

Como sabemos, los sistemas operativos se encargan de gestionar los recursos hardware y de proporcionar una interfaz de acceso a las aplicaciones hacia estos recursos. Por ello, las aplicaciones dependen enormemente del sistema operativo para el que fueron desarrolladas. Esta dependencia del software existe solo porque se asume que las aplicaciones se ejecutan en un sistema físico, real, que cumple con unas características, como la de disponer de una cierta arquitectura o tener un sistema operativo.

El concepto de “Máquina Virtual” elimina las restricciones del sistema físico y permite el desarrollo de interfaces estándar. Estas interfaces han generado una gran variedad de entornos en los que podemos desarrollar aplicaciones con un alto grado de compatibilidad entre plataformas.

En la actualidad disponemos de claros ejemplos que han tenido un gran éxito como Java de Oracle o .NET Framework de Microsoft. Estas aplicaciones permiten crear un entorno de ejecución común en el que cualquier aplicación, que cumpla con las características estándar requeridas, podrá ejecutarse independientemente del hardware y sistema operativo subyacente.

Además de estas aplicaciones, las cuales aplican la virtualización en el sistema software, existen otras tendencias que están teniendo una gran acogida como la

## Estado del Arte

virtualización del hardware que permite la creación de hardware virtual completamente funcional en el que podemos instalar los sistemas operativos actuales.

Compañías como VMware, Citrix o Microsoft han desarrollado software de virtualización que permite la creación de hardware virtual. Además de la virtualización comercial, existen otras alternativas de software libre como por ejemplo, KVM, OpenVZ, Xen, Lguest o Parallels, entre otras.

Estado del Arte

## 2.2 VIRTUALIZACIÓN CLÁSICA

El concepto de la virtualización lleva mucho tiempo inventado y ha sido implementado de muchas formas. En 1972, los mainframes S/370 de IBM incorporaron una tecnología de virtualización asistida por hardware que era empleada por su sistema operativo VM/370, el primer sistema operativo de máquinas virtuales.

Con estos sistemas se reducían costes ya que permitían consolidar varios servidores en los potentes computadores centrales conocidos como mainframes. Además, la virtualización les ofrecía la misma seguridad que los computadores aislados ya que las máquinas virtuales también lo estaban unas de otras.

En esa época existían numerosas opiniones acerca de lo que podía o no ser considerado una máquina virtual y sobre qué grado de implicación podía tener el hardware y el sistema operativo en la virtualización.

En 1974, Popek y Goldberg [2] establecieron las tres características básicas para que un sistema software pudiera ser considerado un Monitor de Máquinas Virtuales (VMM de sus siglas en inglés). Estas características son:

- Fidelidad: El software ejecutado en un VMM debe hacerlo exactamente igual que lo haría en el propio hardware, salvo por diferencias en los tiempos de ejecución.
- Rendimiento: La gran mayoría de las instrucciones del software deben ser ejecutadas por el hardware sin la intervención del VMM.
- Seguridad: El VMM debe administrar todos los recursos hardware.

Por lo tanto se definió como arquitectura virtualizable, aquella que permitiese la ejecución de un VMM que cumpliera estas tres reglas. En ese momento, solo un estilo de implementación de VMM fue considerado práctico. Ese estilo se basó en utilizar las interrupciones del procesador para iniciar una fase de emulación para ciertas instrucciones.

A continuación comentaremos las técnicas más utilizadas para desarrollar VMM según las reglas de la virtualización clásica [3]:

### 1. Reducción del nivel de privilegio

En las arquitecturas virtualizables de la época, todas las instrucciones que necesitaban ejecutarse en un estado privilegiado podían hacerlo también en un contexto no privilegiado. Cuando estas instrucciones se ejecutaban en un contexto no privilegiado, se podían "capturar" desde un nivel con privilegios suficientes.

Así, un VMM clásico ejecutaba el sistema operativo de la máquina virtual en un nivel con menos privilegios, de forma que cuando el SO ejecutara una instrucción

## Estado del Arte

que requiriese de un nivel de privilegio mayor, esta sería capturada por el VMM y emulada de forma oportuna.

### 2. Replicación de estructuras primarias.

La reducción del nivel de privilegio permitía que el SO invitado se ejecutase, casi en su totalidad, directamente en el hardware. Esto no impedía que ciertas estructuras de datos, sobre todo las que se almacenaban en memoria, fuesen accesibles desde un estado no privilegiado por un SO invitado.

Para evitar la modificación de estas estructuras desde diferentes SO invitados, el VMM necesita mantener la información replicada en otras estructuras ocultas a los SO invitados. De esta forma cuando, por ejemplo, un SO modifique la tabla de páginas, no afectará a la información almacenada en la tabla por otro SO distinto, ya que el VMM tendrá replicados los datos y los mantendrá correctamente sincronizados.

### 3. Rastreo de memoria

Como hemos comentado, los VMM mantienen copias de algunas estructuras. Para mantener la coherencia en estas estructuras, los VMM protegen los accesos a las estructuras primarias de los SO invitados. De esta forma, un acceso a una parte protegida provocara una excepción permitiendo a los VMM capturarla. Finalmente, los VMM modificarán tanto las estructuras primarias como las ocultas.

Más adelante, en 1978, aparecieron los primeros microprocesadores de la arquitectura x86. Esta arquitectura estaba enfocada hacia los computadores de propósito general. Su éxito futuro permitió desarrollar una amplia gama de computadoras de bajo coste y tamaño comparadas con los grandes y caros computadores centrales.

Esta arquitectura no fue diseñada con la idea de dar soporte por hardware para la virtualización y no permitía desarrollar un VMM que cumpliera con las tres características establecidas en la virtualización clásica.

Finalmente, la principal necesidad por la que surgió la virtualización desapareció. Las empresas no necesitaban consolidar servidores puesto que eran baratos y por si fuera poco, la arquitectura x86 no era virtualizable mediante las técnicas empleadas en ese momento.

### 2.3 CONCEPTOS BÁSICOS DE LA VIRTUALIZACIÓN ACTUAL

En la actualidad, La virtualización es la abstracción de un sistema de hardware o software que permite que las aplicaciones se ejecuten sobre el entorno virtual sin necesidad de conocer los recursos básicos disponibles. El entorno virtual es también conocido como la máquina virtual (VM). [4]

En la actualidad, la virtualización se puede alcanzar mediante diferentes implementaciones, aunque todas ellas comparten un diseño común. Para crear una máquina virtual, necesitamos desarrollar una capa software que se intercale entre los recursos hardware o software y las aplicaciones.

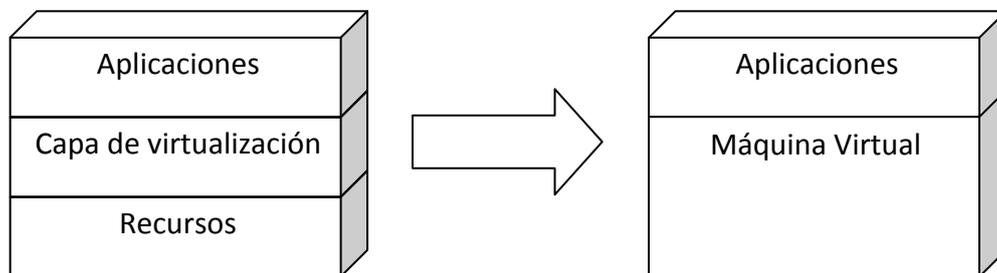


FIGURA 2: INTERCALACIÓN DEL SOFTWARE DE VIRTUALIZACIÓN

Como vemos en la Figura 1, la capa de virtualización se intercala en los recursos disponibles y las aplicaciones software para crear una máquina virtual que oculta la compleja estructura existente en los niveles inferiores.

Normalmente, se adopta el término "host" para referirnos al sistema subyacente bajo la máquina virtual, ya que ejerce el rol de anfitrión y por lo tanto, al sistema que se ejecuta en la máquina virtual se le denomina "guest" o sistema invitado. Estos dos roles cobran más sentido cuando hablamos de máquinas virtuales de sistema, en la cual están claramente diferenciados. Sin embargo, en las máquinas virtuales de proceso no es tan común emplear estos términos, ya que la relación entre ellos es más estrecha y a menudo no están tan diferenciados. Más adelante veremos la diferencia entre los dos tipos de máquinas virtuales.

Por último, el software encargado de proporcionar la virtualización se le denomina "virtual machine monitor" o VMM en consonancia con los antiguos sistemas operativos desarrollados en la década de 1960. El monitor de máquinas virtuales implementa la capa de virtualización que proporciona el entorno de virtualización. Como veremos a continuación, las labores del monitor de máquinas virtuales

## Estado del Arte

umentan o disminuyen dependiendo del tipo de máquina virtual que gestionan. En el caso de las máquinas virtuales de proceso, las tareas a realizar por el VMM son más reducidas que las que realiza un VMM de una máquina virtual de sistema.

Con esto, se han desarrollado diferentes arquitecturas de virtualización con diferentes características pero con el mismo objetivo, proporcionar una alta compatibilidad entre sistemas y favorecer la interoperabilidad sin poner en riesgo el rendimiento.

### 2.3.1 TIPOS DE MÁQUINAS VIRTUALES

A lo largo del tiempo se han diseñado numerosos tipos de máquinas virtuales destinadas a alcanzar de diferentes formas el objetivo perseguido por la virtualización. Estas se distinguen principalmente por la capa en el sistema informático al que se aplica la virtualización. Por el contrario, todas las arquitecturas de máquinas virtuales mantienen una entidad común denominada hipervisor, o como ya conocemos, monitor de máquina virtual (VMM).

En la actualidad, el VMM es la unidad central que controla y gestiona las máquinas virtuales. Como en la virtualización clásica, cumple con las tres características mencionadas, en 1974, por Popek y Goldberg, fidelidad, rendimiento y seguridad. El VMM es el encargado de proporcionar acceso a los recursos del hardware subyacente y proporciona el nivel de aislamiento a las máquinas virtuales bajo su supervisión. Podemos decir que es el administrador de un entorno virtualizado. El VMM permite que las máquinas virtuales se ejecuten en distintas plataformas, proporcionando una interfaz común.[5]

Antes de enumerar distintas arquitecturas de virtualización conviene comentar las dos tipos de máquinas virtuales con las que se han ido diseñando las distintas arquitecturas.

#### 2.3.1.1 MÁQUINA VIRTUAL DE PROCESO

En primer lugar, tendríamos que ver la máquina virtual desde la perspectiva de un **proceso**. En los sistemas operativos actuales, un proceso convencional dispone de un espacio de memoria asignado, y de tiempo para realizar sus operaciones en el procesador así como de los registros de usuario para almacenar datos temporales. Además, tiene a su disposición un conjunto de llamadas de sistema que le permiten acceder a la entrada-salida. Desde esta perspectiva, el sistema operativo proporciona una visión del almacenamiento secundario más simple y sencilla. El proceso ve una lista de ficheros a los que puede acceder solicitándolo al sistema operativo mediante las llamadas de sistema, por lo que la complejidad de los recursos físicos queda oculta tras el software del sistema operativo.

## Estado del Arte

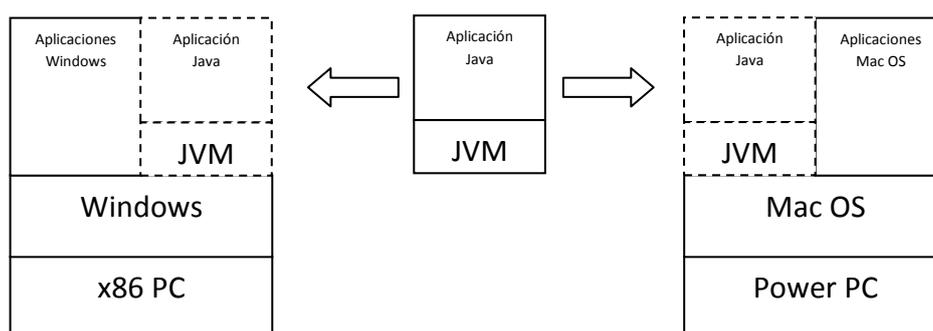


FIGURA 3: MÁQUINA VIRTUAL DE PROCESO (JAVA VIRTUAL MACHINE)

Este tipo de máquina virtual, conocida también como máquina virtual de aplicación, se ejecuta como un proceso más del sistema operativo. Cada instancia de la máquina virtual representa un solo proceso y ejecuta una sola aplicación. El ciclo de vida de la máquina virtual es el mismo que el de la aplicación nativa. Cuando se lanza la aplicación, la máquina virtual se ejecuta simultáneamente y cuando la aplicación termina, también lo hace la máquina virtual.

Entre sus principales ventajas, está la de proporcionar un entorno de ejecución común a las aplicaciones, por lo que éstas pueden ejecutarse de la misma forma independientemente de la plataforma hardware y del sistema operativo instalado. Además, favorece el desarrollo de aplicaciones, ya que simplifica las aplicaciones al proporcionar interfaces sencillas de acceso a los recursos y oculta los detalles de la plataforma subyacente.

Entre las máquinas virtuales de proceso más populares en la actualidad están: la máquina virtual Java de Oracle y la máquina virtual de Microsoft .Net Framework.

### 2.3.1.2 MÁQUINA VIRTUAL DE SISTEMA

Desde una perspectiva más amplia, podemos entender la máquina virtual como un **sistema** completo. En este punto de vista, la máquina virtual simula un sistema entero, el cual, puede albergar múltiples procesos. En este caso, el sistema tiene acceso completamente al hardware subyacente, gestiona toda la memoria de la máquina y accede directamente a los dispositivos de entrada-salida. El sistema debe comprender la complejidad del hardware y proporcionar una interfaz de acceso más simple a sus procesos.

## Estado del Arte

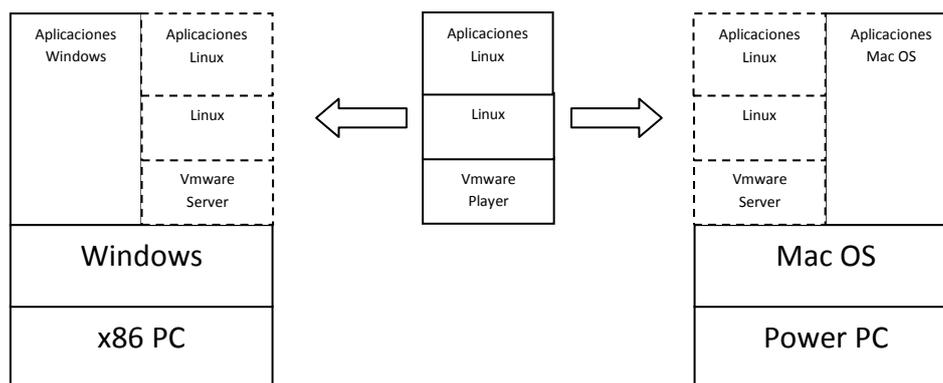


FIGURA 4: MÁQUINA VIRTUAL DE SISTEMA (VMWARE PLAYER)

Este tipo de máquina virtual también conocido como máquina virtual de hardware, es mucho más compleja que la máquina virtual de proceso. Entre sus numerosas características podemos encontrar:

- Permite la ejecución de sistemas operativos completos.
- Varios sistemas operativos pueden coexistir sobre la misma plataforma.
- Puede proporcionar una arquitectura de instrucciones (ISA) con lo que se puede simular nuevo hardware.
- Permite la consolidación de servidores gracias a que se pueden agrupar servicios en un mismo computador que, por razones de compatibilidad, antes no podían estar juntos.
- Aunque el rendimiento no alcanza a ser el mismo en un sistema virtualizado, no es una desventaja ya que los computadores de hoy en día suelen estar infrautilizados.

Como hemos comentado, las máquinas virtuales de sistema permiten la creación de múltiples instancias de máquinas virtuales, proporcionando un alto grado de aislamiento entre ellas. Esta característica ha hecho evolucionar los diseños de la máquina virtual de sistema proporcionando dos tipos de hipervisores o monitores de máquina virtual.

### 2.3.2 CLASIFICACIÓN DE HIPERVISORES

Un hipervisor es una plataforma de virtualización que habilita la ejecución de múltiples sistemas operativos en una sola máquina física conocida como computador anfitrión. La función principal del hipervisor es la de proporcionar un entorno de ejecución completamente aislados para cada máquina virtual y administrar las comunicaciones entre el hardware subyacente de la máquina física y los sistemas operativos invitados que se ejecutan en las máquinas virtuales.[6]

## Estado del Arte

Podemos clasificar los hipervisores de diferentes formas, según su tipo, si se ejecutan directamente sobre el hardware o si, por el contrario, se ejecutan sobre un sistema operativo; o según su diseño, si son monolíticos o su diseño es de microkernel.

### 2.3.2.1 HIPERVISOR TIPO 1

Los hipervisores de tipo 1 se ejecutan directamente sobre el hardware de los computadores en los que se instalan y funcionan como si fueran sistemas operativos. Este tipo de hipervisor se conoce también como hipervisor bare-metal o arquitectura de virtualización nativa. Los hipervisores de tipo 1 proporcionan múltiples entornos de virtualización aislados conocidos como máquinas virtuales en los que se instalan los sistemas operativos convencionales.

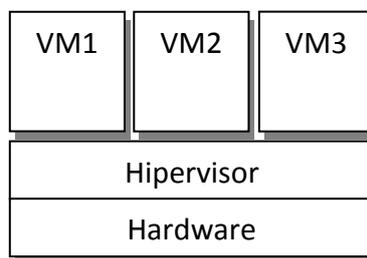


FIGURA 5: HIPERVISOR TIPO 1

Los hipervisores de tipo 1 proporcionan un rendimiento mayor que las otras variantes ya que se ejecutan directamente sobre el hardware sin necesidad de que existan más capas intermedias.

Entre los distintos hipervisores disponibles en el mercado actualmente, los siguientes implementan el tipo 1:

- Microsoft Hyper-V
- Citrix XenServer
- VMware ESX Server

### 2.3.2.2 HIPERVISOR TIPO 2

Los hipervisores de tipo 2 se ejecutan sobre un sistema operativo como si de una aplicación más se tratase. Este tipo de hipervisor se conoce también como hipervisor "hosted" o arquitectura de virtualización "hosted". Los hipervisores de tipo 2 también proporcionan múltiples entornos de virtualización aislados en los que se instalan los sistemas operativos convencionales.

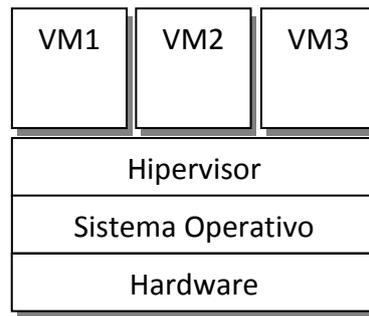


FIGURA 6: HIPERVISOR TIPO 2

Los hipervisores tipo 2 requieren una capa más de software para funcionar. Necesitan instalarse sobre un sistema operativo lo que recarga el sistema e impide que alcancen un rendimiento similar a los del tipo 1. Por contra, los hipervisores de tipo 2 ofrecen una mayor flexibilidad ya que pueden ser utilizados en sistemas existentes que no pueden ser reinstalados.

Entre los distintos hipervisores disponibles en el mercado actualmente, los siguientes implementan el tipo 2:

- Microsoft Virtual Server
- VMware Server
- Virtual Box

### 2.3.2.3 HIPERVISOR MONOLÍTICO

Si atendemos al diseño del hipervisor, podemos encontrar que, algunos disponen de controladores de dispositivos hardware incluidos en el propio hipervisor, es decir, el software encargado de utilizar el hardware del computador físico está fuertemente acoplado al propio hipervisor y por lo tanto, ofrecen una estructura única y compacta.

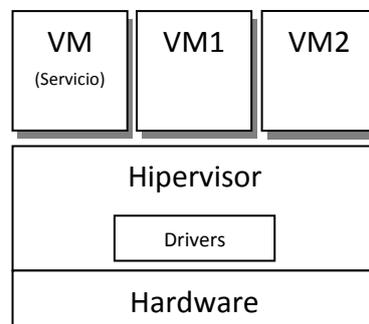


FIGURA 7: HIPERVISOR MONOLÍTICO

Este diseño proporciona ciertas características muy positivas y beneficiosas pero también alguna desventaja. Los controladores de dispositivos están optimizados para

## Estado del Arte

la virtualización y se encuentran integrados en el hipervisor. Esto proporciona un considerable aumento en el rendimiento en comparación con otras opciones. Por el contrario, el inconveniente de estos hipervisores es que han de ser altamente compatibles con el hardware en el que se instalan.

Como podemos ver en la Figura 6, algunos hipervisores monolíticos crean una máquina virtual que hace las funciones de consola de servicio. Esta es una técnica utilizada para ofrecer acceso a los administradores del hipervisor, principalmente para tareas de mantenimiento.

Estos hipervisores son una gran elección cuando deseamos construir nuevos centros de datos ya que ofrecen el mejor rendimiento en la entrada-salida.

Entre los distintos hipervisores disponibles en el mercado actualmente, los siguientes implementan un diseño monolítico:

- VMware ESX Server.

### 2.3.2.4 HIPERVISORES CON MICROKERNEL

Al contrario que los hipervisores monolíticos, los hipervisores de microkernel no requieren controladores especiales porque utilizan un método especial para acceder a los dispositivos de entrada-salida. Estos hipervisores están diseñados para acceder a los dispositivos mediante una máquina virtual conocida como "root" o "parent" según el hipervisor, en la cual se instala un sistema operativo convencional. Este sistema operativo debe instalar los controladores de los dispositivos utilizando para ello los controladores convencionales disponibles en el mercado. El resto de máquinas virtuales acceden a los dispositivos comunicándose con la máquina "root".

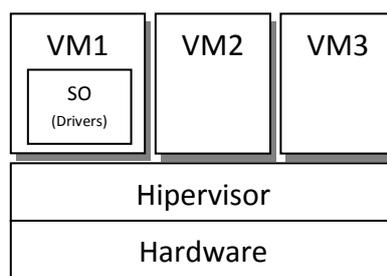


FIGURA 8: HIPERVISOR CON MICROKERNEL

El diseño de microkernel apuesta por ofrecer una mayor flexibilidad a la hora de elegir el hardware en el que instalar el hipervisor. El uso de controladores de dispositivos convencionales ofrece la posibilidad de que un número mayor de usuarios puedan implantar esta tecnología ya que el hardware necesario para la instalación de los hipervisores monolíticos suele ser más caro ya que están destinados a entornos con un uso más exigente.

## Estado del Arte

Aunque el diseño de microkernel soluciona muchos de los problemas de compatibilidad que contienen los diseños monolíticos, no alcanzan un rendimiento similar. Esto es debido a la sobrecarga producida por la máquina virtual encargada de las operaciones de entrada-salida.

Entre los distintos hipervisores disponibles en el mercado actualmente, los siguientes contienen una estructura de microkernel:

- Microsoft Hyper-V

Estado del Arte

## 2.4 TÉCNICAS DE VIRTUALIZACIÓN EN HIPERVISORES

En los sistemas informáticos convencionales no virtualizados, a menudo, los recursos están infrautilizados, son difíciles de administrar y difíciles de reemplazar en caso de fallo o avería. Si optamos por migrar el sistema parcial o totalmente a un sistema virtualizado, necesitaremos conocer las diferentes técnicas utilizadas en la virtualización con hipervisores actuales.

Existen hipervisores asociados a máquinas virtuales de proceso y a máquinas virtuales de sistema. En cuanto al primero, no suele hablarse mucho de él ya que se considera, a menudo, que forma parte de la máquina virtual de proceso. El segundo tiene un rol mucho más definido en un sistema virtualizado, ya que es el encargado de gestionar los recursos físicos y compartirlos entre las distintas máquinas virtuales a las que da soporte.

Independientemente del tipo de hipervisor utilizado, podemos observar tres partes importantes del sistema que deben ser gestionadas.

En primer lugar, el hipervisor debe ofrecer un acceso compartido a las diferentes unidades centrales de proceso siempre garantizando los principios de fidelidad, rendimiento y seguridad. Otra de las partes importantes es la memoria principal y finalmente, la otra parte serían los dispositivos de entrada salida.

A continuación veremos las diferentes técnicas empleadas para virtualizar estos recursos y como la virtualización ofrece nuevas posibilidades entorno al aprovechamiento de estos.

### 2.4.1 VIRTUALIZACIÓN DE LA CPU

La CPU es uno de los recursos básicos que todo hipervisor debe virtualizar. Tal y como explicamos en el capítulo de la virtualización clásica, existían diferentes técnicas para conseguir crear un entorno virtual en los sistemas de la época. Estas técnicas no sirven a la hora de virtualizar los procesadores de la familia x86. Los procesadores x86 no fueron diseñados para ejecutar monitores de máquinas virtuales en ellos.

Cuando hablamos de virtualización de la CPU, debemos distinguir entre las técnicas que se emplean en los hipervisores de tipo 1 frente a las utilizadas por los de tipo 2. Recordaremos que los hipervisores de tipo 2 se ejecutan sobre un sistema operativo convencional previamente instalado por lo que podemos decir, a grandes rasgos, que el hipervisor realiza conversiones sencillas de las instrucciones que van a ejecutar sus máquinas virtuales a llamadas al sistema operativo subyacente al hipervisor.

En el caso de los hipervisores de tipo 1, los cuales se ejecutan directamente sobre el hardware, la complejidad del sistema hace que sea necesario emplear diversas técnicas.

## Estado del Arte

Para entender esta técnicas debemos saber que todos los sistemas operativos desarrollados para la arquitectura x86 están diseñados para ejecutarse directamente en el hardware. Estos sistemas asumen que son los propietarios exclusivos del hardware, y por lo tanto, la máquina virtual debe emular estas características.

Los procesadores de la familia x86 ofrecen 4 niveles de privilegio o anillos de ejecución que modifican el juego de instrucciones disponible durante la ejecución.

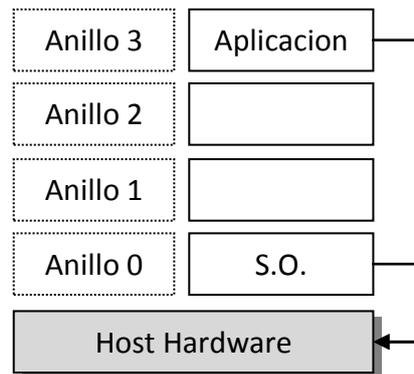


FIGURA 9: NIVELES DE PRIVILEGIO EN LA ARQUITECTURA X86

A diferencia de otras arquitecturas, en la x86 existen instrucciones que se comportan de forma diferente dependiendo del nivel de privilegio en el que se encuentre el procesador. Estas instrucciones "variables" impiden que se desarrollen monitores de máquinas virtuales mediante la técnica de la captura de interrupciones.

Típicamente, las instrucciones de aplicaciones del nivel de usuario se ejecutan en el nivel de privilegio más bajo, el tercero, donde no tienen acceso a las instrucciones de acceso directo al hardware. Por el contrario, los sistemas operativos se ejecutan en el nivel 0 donde se tiene acceso al conjunto completo de instrucciones.

Como hemos visto con anterioridad, todas las técnicas necesitan introducir una capa de virtualización entre el hardware y los sistemas operativos para crear y gestionar los entornos virtualizados que proporcionaran la capacidad de compartir los recursos.

Entre las técnicas más empleadas y consolidadas podemos encontrar:

- La virtualización completa.
- La paravirtualización o virtualización asistida por el sistema operativo.
- La virtualización asistida por hardware.

A continuación detallaremos estas técnicas.

## Estado del Arte

### 2.4.1.1 TÉCNICA 1: VIRTUALIZACIÓN COMPLETA

En virtualización completa, el entorno de virtualización simula un hardware de forma que el sistema operativo "huésped" pueda ejecutarse en la máquina virtual sin tener consciencia de que lo está haciendo en un entorno virtual. Cuando se emplea esta técnica, podemos utilizar sistemas operativos sin modificar.

Para poder implementar esta técnica, el hipervisor utiliza una combinación de mecanismos: la traducción binaria de instrucciones y la ejecución directa.

Para poder poner en práctica estos dos mecanismos, el hipervisor debe explorar el código que se va a ejecutar en el procesador y buscar las instrucciones que son susceptibles de ser traducidas conocidas como instrucciones no virtualizables. Como resultado, la gran mayoría de las instrucciones son ejecutadas directamente en el procesador sin sufrir modificaciones, otras son modificadas ligeramente y otras son completamente capturadas por el hipervisor, quien realizará las tareas oportunas en el máximo nivel de privilegio.

Por lo tanto, el hipervisor realizará las funciones de un sistema operativo, ejecutándose en el nivel de mayor privilegio, el 0, y desplazando al sistema operativo al anillo superior. Las aplicaciones que se ejecutan en el sistema operativo huésped seguirán haciéndolo en el anillo 3, ya que en ese nivel no se necesitan realizar muchas tareas de traducción, puesto que las instrucciones no realizan funciones que puedan acceder al hardware.

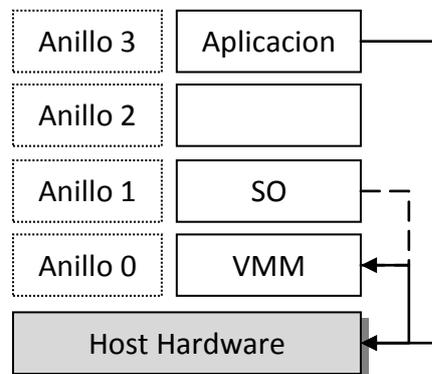


FIGURA 10: NIVELES DE PRIVILEGIO DURANTE LA VIRTUALIZACIÓN COMPLETA

Entre las principales ventajas que esta técnica aporta podemos enumerar las siguientes:

- No necesita realizar modificaciones en los sistemas operativos huésped
- El sistema operativo huésped está completamente abstraído (desacoplado) del proceso de virtualización, por lo que no puede generar comportamientos

## Estado del Arte

diferentes dependiendo de si está siendo virtualizado o no. En resumen, se comporta exactamente igual que lo haría en un entorno convencional.

- No se necesita hardware específico ni software adicional que apoye el proceso de virtualización.
- Ofrece un alto grado de aislamiento ya que los sistemas operativos huésped no se ejecutan en un nivel privilegiado.
- Simplifica la migración de sistemas físicos a sistemas virtualizados.

Por el contrario, el sobrecoste introducido por la traducción dinámica de instrucciones, puede producir degradación en el rendimiento del entorno virtualizado.

La virtualización completa fue desarrollada en la década de los 60 y se empleó en los primeros sistemas virtualizados de la época. Aunque el concepto es el mismo, los mecanismos utilizados para alcanzar esta meta no son los mismos.

La virtualización completa está presente en todos los productos de VMware ya que esta técnica fue la más empleada por la compañía desde sus inicios. Productos como Citrix Xen Server o Microsoft Hyper-V incluyen actualmente esta técnica.

### **2.4.1.2** TÉCNICA 2: VIRTUALIZACIÓN ASISTIDA POR EL SO O PARAVIRTUALIZACIÓN

Otra de las técnicas más empleadas para realizar una correcta virtualización de la CPU es la paravirtualización. A diferencia de la virtualización completa donde el sistema operativo no tenía la consciencia de estar siendo virtualizado, en la paravirtualización el sistema operativo debe ser consciente de que está siendo virtualizado.

En esta técnica, el sistema operativo huésped debe comunicarse con el hipervisor para realizar las ciertas operaciones. Los sistemas operativos huésped instalados en las máquinas virtuales deben estar modificados previamente. Esta modificación consiste en reemplazar las instrucciones privilegiadas del núcleo del sistema operativo por llamadas al hipervisor conocidas por "hypercalls".

Al contrario que en la virtualización completa, no es necesario reducir el nivel de privilegio en el que se ejecutan los sistemas operativos huésped, por lo que estos tienen total acceso al hardware. Esto podría ser un problema para la estabilidad del sistema, pero las modificaciones hechas a los sistemas operativos aseguran un correcto funcionamiento.

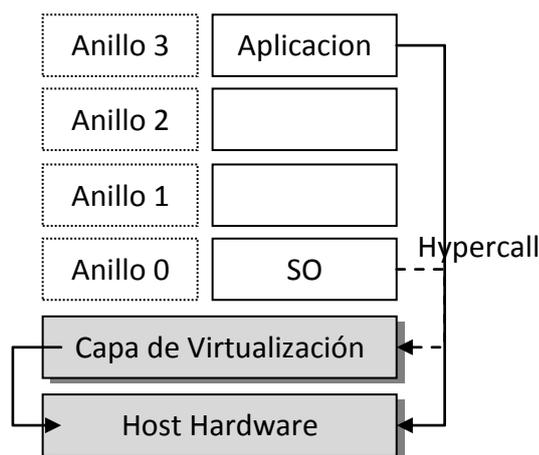


FIGURA 11: NIVELES DE PRIVILEGIO EN LA PARAVIRTUALIZACIÓN

Esta técnica fue diseñada con el objetivo de solventar los problemas de rendimiento que, en sus inicios, mantenía la virtualización completa. Estas mejoras en el rendimiento estaban producidas principalmente por dos factores. El primero era que los sistemas operativos se ejecutaban en el nivel de privilegio que les correspondía por lo que podía realizar la mayor parte de su trabajo sin intervención del hipervisor. Por otra parte, la modificación del sistema operativo permitía identificar los fragmentos de código que requerían intervención del hipervisor y se sustituían por llamadas al hipervisor que introducían el menor sobrecoste posible.

Aunque los beneficios de la paravirtualización son bastante importantes, esta técnica también elimina la mayor parte de las ventajas aportadas por la virtualización completa.

- Requiere la modificación del sistema operativo, por lo que no es posible emplear sistemas como Windows que no disponen de código abierto. Ofrece una compatibilidad y portabilidad pobres. La modificación de los sistemas elimina el soporte o la garantía de las aplicaciones instaladas.
- Requiere que el hipervisor exponga una interfaz bien conocida de llamadas ("hypercalls"). Alta exposición a fallos de seguridad.
- Introduce nuevos fallos en los sistemas operativos debido a las modificaciones realizadas a bajo nivel.
- Ofrece un bajo grado de aislamiento de los entornos virtualizados debido a que los sistemas operativos se ejecutan en un nivel de privilegio alto.

La paravirtualización o virtualización asistida por el sistema operativo está muy extendida en los productos disponibles actualmente en el mercado. Los hipervisores basados en Xen utilizaron esta técnica como base de su desarrollo en sus primeros

## Estado del Arte

productos. Actualmente siguen empleándola en combinación con la de virtualización completa.

Los productos de VMware también se apoyan en esta técnica con el fin de mejorar el rendimiento. Aunque no realizan modificaciones en el sistema operativo, VMware instala un software conocido como VMware Tools en los sistemas operativos invitados. Este software introduce nuevos controladores de entrada salida que crean una especie de puerta trasera en el sistema operativo huésped para que el hipervisor tenga un mayor control de este.

### 2.4.1.3 TÉCNICA 3: VIRTUALIZACIÓN ASISTIDA POR HARDWARE

Aunque la arquitectura x86 no es fácilmente virtualizable, los fabricantes más importantes de hardware han desarrollado nuevas características que permiten simplificar las tareas de virtualizar un sistema gracias al apoyo del hardware.

La primera generación de mejoras en los procesadores x86 incluyen la Tecnología de Virtualización de Intel conocida como Intel VT-x y la de AMD, llamada AMD-V. Estas nuevas mejoras que incorporan los procesadores x86 tienen como objetivo ofrecer un nuevo conjunto de instrucciones privilegiadas que se ejecutan en un nuevo nivel de privilegio. Este nuevo anillo está situado debajo del anillo 0 en el cual se ejecutaría un sistema operativo convencional, lo que permite capturar las instrucciones potencialmente susceptibles de traducción y de esa forma, eliminar la traducción por software de la virtualización completa y el uso de la paravirtualización.

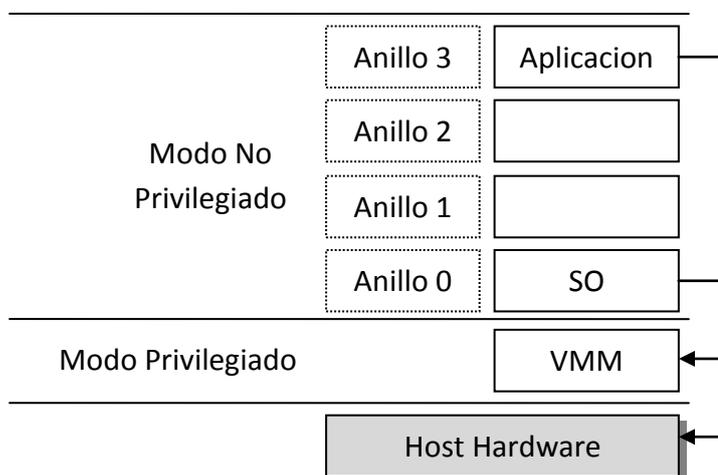


FIGURA 12: NIVELES DE PRIVILEGIO EN LA VIRTUALIZACIÓN ASISTIDA POR HARDWARE

Cuando un sistema operativo invitado ejecuta una instrucción virtualizable, ésta se captura y se almacena todo el estado del sistema operativo invitado en unas estructuras proporcionadas por la tecnología de virtualización conocidas como Virtual Machine Control Structures en Intel VT-x o Virtual Machine Control Blocks en AMD-V.

## Estado del Arte

Las ventajas de estas técnicas son claras:

- Es una técnica implementada por hardware, lo que permite alcanzar un mejor rendimiento.
- El sistema operativo huésped no necesita ser modificado, aunque se permite que pueda ser consciente de que está siendo virtualizado lo que ofrece nuevas posibilidades.
- Es una tecnología independiente del software de virtualización por lo que estandariza los nuevos desarrollos.

Aun así, las primeras generaciones de procesadores no proporcionan un rendimiento tan superior al resto de técnicas y, además, el modelo de programación añade una sobrecarga considerable debido a los cambios de contexto entre los sistemas operativos y el hipervisor.

### 2.4.2 VIRTUALIZACIÓN DE LA MEMORIA

Después de presentar las distintas técnicas de virtualización de los procesadores, el segundo punto crítico de la virtualización lo entraríamos en la memoria. Como hemos comentado anteriormente, la virtualización nos permite compartir los recursos físicos de una máquina física entre las distintas máquinas virtuales que se ejecutan en ella. La gestión de la memoria por parte del hipervisor es muy similar de la que realiza un sistema operativo con la memoria asignada a sus aplicaciones.

En el caso de los sistemas operativos convencionales, existe un mecanismo por el cual una aplicación ve un espacio continuo de memoria en la que puede trabajar sin preocuparse de interferir en los espacios asignados a otras aplicaciones. Este mecanismo se llama memoria virtual y su implementación es posible gracias a unas estructuras implementadas por hardware conocidas como la unidad de gestión de memoria (MMU) y los buffers de traducción de páginas (TLB).

En el caso de los hipervisores, se requiere un nuevo nivel de virtualización que establezca una correspondencia directa entre las páginas continuas de la memoria real de la máquina y las páginas virtualmente continuas de la memoria de las máquinas virtuales.

## Estado del Arte

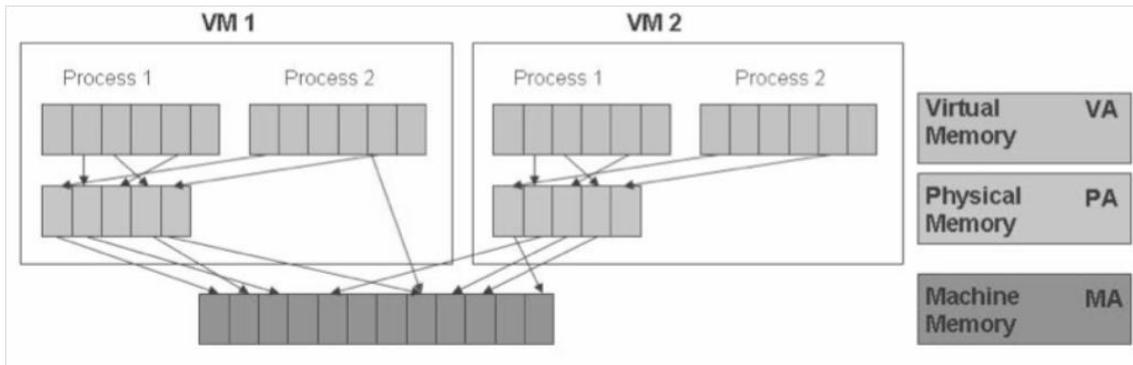


FIGURA 13: VIRTUALIZACIÓN DE LA MEMORIA

Para poder ofrecer un nuevo nivel de memoria virtual, es necesario virtualizar la MMU y los TBL's. El hipervisor debe almacenar en su zona de memoria cada uno de los estados en los que se encuentran estas estructuras para cada una de las máquinas virtuales que gestione y aplicar correctamente los cambios en las estructuras reales para que todo el sistema sea consistente.

Al igual que en la virtualización completa de la CPU, la gestión de memoria añade un sobrecoste que puede ser eliminado con nuevas mejoras en el hardware que añadan las nuevas estructuras necesarias para mantener las máquinas virtuales aisladas y todo el sistema mantenga su integridad.

La gestión de la memoria virtual por parte del hipervisor no solamente consiste en garantizar el aislamiento de las máquinas virtuales. El nuevo nivel de memoria virtual permite realizar otras tareas sobre la memoria que veremos a continuación.

### 2.4.2.1 GESTIÓN DE LA MEMORIA VIRTUAL

En un sistema anfitrión, la gestión de la memoria no sólo consiste en gestionar el nuevo nivel de memoria virtual que hemos incorporado. En la CPU, en la medida de lo posible se le conceden al SO huésped ciclos de reloj para que ejecute directamente las instrucciones sobre el procesador. Algunas de estas instrucciones son capturadas y procesadas para garantizar la seguridad y el aislamiento entre cada una de las máquinas virtuales que se ejecutan en el mismo sistema anfitrión. Estas instrucciones capturadas añaden en mayor o menor medida una sobrecarga que impide que un sistema virtualizado alcance el rendimiento de un sistema sin virtualizar.

En el caso de la memoria, también se le concede acceso directo a los sistemas huésped, y gracias al sistema de memoria virtual, no es necesaria la intervención del sistema anfitrión para garantizar la seguridad. Además, con el nuevo nivel de memoria virtual, múltiples técnicas de gestión de memoria pueden ser aplicadas sin que el SO huésped tenga conciencia de ello.

## Estado del Arte

En el caso de que el sistema anfitrión no realizara mayor gestión que la de mapear la memoria del sistema operativo huésped a la memoria física de la máquina real, tendríamos que:

- Una aplicación usa las interfaces proporcionadas por su sistema operativo para aprovisionarse de memoria tal y como lo haría en un entorno no virtualizado.
- Como en un entorno no virtualizado, el sistema operativo huésped asumiría que gestiona toda la memoria física de la máquina, de forma que no es necesario proporcionar mecanismos, en el hardware, para aprovisionar o liberar memoria. Si el sistema huésped no es consciente de que está siendo virtualizado, toda la memoria asignada a la máquina virtual quedaría completamente cedida al sistema operativo, tanto la que está aprovisionada como la que está libre.
- En un entorno virtualizado, el hipervisor (sistema anfitrión) es el encargado de gestionar la memoria física de la máquina y por lo tanto, es el que conoce que memoria está ocupada y cual está libre. Para ello, como hemos mencionado antes, el hipervisor mapea la memoria del sistema operativo huésped a la memoria física.
- Cuando una aplicación libera la memoria previamente aprovisionada, el sistema huésped que no es consciente de estar en un sistema virtualizado, no necesita realizar ningún cambio sobre la memoria y simplemente se limita a modificar sus estructuras de datos para marcar que páginas de memoria están libres. Finalmente, el hipervisor nunca conocerá que páginas de memoria han sido liberadas y por lo tanto no puede reasignarlas a otras máquinas.

Si un sistema anfitrión se limita a realizar esta gestión mínima de memoria, tendríamos que la memoria de la máquina real simplemente se distribuye de forma rígida entre las distintas máquinas virtuales gestionadas puesto que, una vez asignada una página de memoria a una máquina, esta sólo podría recuperarse cuando finalizase la ejecución de la máquina virtual.

Para tratar de conseguir una mejor gestión de la memoria en un entorno virtualizado, a continuación expondremos algunas técnicas que nos aportan grandes beneficios.

### 2.4.2.2 SOBREDIMENSIONAMIENTO DE LA MEMORIA VIRTUAL

Cuando la suma de las memorias asignadas a las máquinas virtuales es mayor que la memoria física total del sistema, podemos afirmar que hemos sobredimensionado la memoria virtual.

El sobredimensionamiento de memoria nos permite alcanzar una mayor utilización de la memoria física de la máquina real. Esto es debido a que en un sistema no

Estado del Arte

virtualizado, nunca se utiliza el 100% de la memoria disponible ya que si no, se entraría en un proceso de paginación que penalizaría gravemente el rendimiento del sistema.

Sobredimensionar la memoria virtual nos permite aprovechar la memoria física y elevar los niveles de utilización de ésta a la vez que aumentamos la flexibilidad del sistema y aprovechamos la memoria de máquinas menos cargadas.

Además podemos alcanzar un mayor ratio de consolidación de los sistemas. Esto se consigue al poder introducir un número mayor de máquinas virtuales por lo conseguimos un mayor aprovechamiento de los sistemas y una mayor reducción de costes.

Para poder sobredimensionar la memoria, el hipervisor necesita conocer que páginas de memoria no están siendo empleadas por las máquinas virtuales y por lo tanto, necesitamos desarrollar técnicas para reclamar directa o indirectamente la memoria que, aunque esta aprovisionada por los sistemas operativos huésped, no está siendo realmente utilizada.

#### 2.4.2.3 RECLAMO DE MEMORIA

Según lo explicado anteriormente, toda máquina virtual acabaría aprovisionando toda la memoria asignada y solamente quedaría libre cuando se termine el proceso de la máquina virtual. Para poder obtener un mayor aprovechamiento de la memoria se ha desarrollado diversas técnicas que veremos a continuación:

##### *Compartición transparente de páginas de memoria*

En un computador en el que se están ejecutando múltiples máquinas virtuales podemos encontrar páginas de memoria idénticas. Esto sucede sobre todo cuando comparamos las páginas de memoria que contienen código de los sistemas operativos huésped ya que es muy probable que se empleen sistemas similares. Además, existen muchas aplicaciones que pueden estar siendo empleadas en múltiples máquinas virtuales. Esto permite compartir estas páginas entre diferentes máquinas virtuales o incluso para misma máquina.

Por ejemplo, si tenemos un computador alojando múltiples máquinas virtuales con idéntico sistema operativo, existirán un alto número de páginas que podrán compartirse entre estas máquinas. La compartición implica que solamente una de las copias se almacenará en memoria y las demás serán referencias a la copia.

Una de las implementaciones de esta técnica la podemos encontrar en los productos de VMware. Para conseguir detectar las páginas idénticas, se procesa un resumen hash del contenido de la página y se almacena en una tabla hash para referenciar la dirección final de la página. Este proceso se realiza cuando se va a almacenar una página en memoria, de forma que, si ya existe una página con idéntico resumen, se

## Estado del Arte

inicia una comparación total del contenido para conocer con exactitud si las páginas son idénticas y de esta forma evitar posibles falsas coincidencias.

Este algoritmo se ejecuta de forma programada y escanea las páginas en memoria con el fin de eliminar duplicidades. Aunque la ejecución de este algoritmo pueda suponer un sobrecoste para la CPU, puede ser fácilmente minimizado si se ejecutan en espacios de tiempo donde la CPU este ociosa.

### *Ballooning*

Otra de las técnicas empleadas en la virtualización completa es la del "ballooning". A diferencia de otras formas de virtualización, en la virtualización completa, el sistema operativo huésped no es consciente de que está siendo virtualizado y por lo tanto nunca comunicará que páginas de memoria están realmente sin utilizar.

Para forzar a los sistemas operativos huéspedes a liberar memoria, esta técnica carga un proceso en la máquina virtual que se comunica con el hipervisor mediante interfaces independientes y, por otra parte, solicita memoria al sistema operativo huésped. Esta técnica permite crear un puente entre el hipervisor y el sistema operativo sin que este sea consciente de que forma parte del proceso de virtualización.

De esta forma, el hipervisor puede solicitar memoria al sistema operativo mediante las interfaces proporcionadas a las aplicaciones para el aprovisionamiento de memoria. Todas las páginas de memoria asignadas al proceso "globo" pueden ser consideradas como páginas libres y disponibles para que el hipervisor las reasigne.

Este mecanismo se pone en marcha cuando la memoria física es demasiado baja y el hipervisor necesita reclamar la memoria clasificada como libre por los sistemas operativos huéspedes.

El sistema operativo huésped afectado por el proceso verá como su memoria disponible decrece debido a que el proceso "globo" consume memoria y, sin embargo, la memoria disponible del hipervisor crece.

Las técnicas de reclamo con una intervención directa como esta son empleadas cuando la memoria utilizada por el hipervisor supera cierto umbral. En estos momentos pueden ocurrir dos cosas:

**1- Los sistemas operativos tengan páginas libres aprovisionadas.** Esto provocaría que se vayan cediendo páginas de memoria conforme el proceso "globo" va "hinchándose" y solicitando memoria. De esta forma, se consigue el objetivo perseguido de recuperar las páginas de memoria retenidas por los sistemas operativos huéspedes.

**2- Los sistemas operativos no disponen de memoria libre.** Cuando alcanzamos este punto, debemos considerar que el sistema está utilizando prácticamente toda la

## Estado del Arte

memoria física disponible. Aun así, el sistema completo puede seguir funcionando gracias a la utilización de las áreas de intercambio de memoria conocidas como swap las cuales explicaremos a continuación.

### *Swapping*

Esta técnica es ampliamente conocida ya que se emplea como último recurso frente a la escasez de memoria en los sistemas operativos actuales.

Esta técnica emplea la memoria secundaria para almacenar páginas de la memoria primaria intentando que estas sean páginas poco utilizadas ya que la memoria secundaria es mucho más lenta que la primaria.

El hipervisor utiliza esta técnica como último recurso ya que tiene grandes penalizaciones por las siguientes razones:

- **Penaliza considerablemente el rendimiento de la máquina virtual:** La técnica de swapping produce una penalización en el rendimiento cuando es utilizada desde un sistema operativo huésped pero este puede minimizarla debido a que dispone de datos que le permiten seleccionar las páginas menos usadas o dar prioridad a unas aplicaciones u otras. En el caso del hipervisor se producen un swapping indiscriminado y prácticamente aleatorio por la imposibilidad de emplear algún criterio de selección.
- **Puede producir un doble almacenamiento de las páginas de memoria:** Puede ocurrir que una página de memoria haya sido almacenada por el huésped y además haya sido seleccionada también por el hipervisor. Este caso penalizaría gravemente el rendimiento en todos los sentidos.

### 2.4.3 VIRTUALIZACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE E/S

Otra de las partes importantes de un sistema son los dispositivos de entrada salida. Cuando queremos crear un entorno apto para la virtualización debemos poder controlar el acceso que realizan las máquinas virtuales a los dispositivos de entrada salida puesto que todos estos dispositivos serán compartidos por todas las máquinas virtuales creadas en el sistema.

Existen diversas formas de gestionar el acceso a los dispositivos:

- **Acceso directo al hardware:** La forma en que un sistema operativo convencional accede a sus dispositivos es mediante el mapeo a direcciones de la memoria principal. El hipervisor puede optar por utilizar esta técnica para mapear los dispositivos en la memoria virtual de los sistemas operativos huéspedes.
- **Acceso controlado por software a través del hipervisor:** En esta técnica, el hipervisor es el único que dispone de acceso directo a los dispositivos. Para

## Estado del Arte

proporcionar acceso a los sistemas operativos huéspedes, el hipervisor crea dispositivos virtuales estándar de entrada salida. Los sistemas operativos huéspedes ven estos dispositivos como si fueran reales y envían sus datos y órdenes a través de ellos. En este punto, el hipervisor hace de intermediario con los dispositivos reales y los virtuales proporcionando el acceso deseado.

- **Acceso controlado por software a través de un sistema operativo huésped:** Esta técnica es muy parecida a la de acceso a través del hipervisor. En esta técnica, el rol de intermediario lo realiza una máquina virtual especial que sí dispone de acceso real a los dispositivos.

Independientemente de la forma de acceso, la virtualización de dispositivos concede una amplia variedad de posibilidades ya que permite una gran variedad de los dispositivos y también permite la aparición de nuevas funcionalidades.

## 2.5 VIRTUALIZACIÓN COMERCIAL

El mercado de las infraestructuras de virtualización de servidores x86 es la base para dos de las tendencias tecnológicas más importantes de la industria de la informática actual: la propia modernización de la infraestructura y la computación en el Cloud. [7]

En este mercado, distintas empresas intentan hacerse hueco y para ello han desarrollado una amplia gama de productos que abarcan desde aplicaciones de escritorio, que nos permiten ejecutar máquinas virtuales en una estación de trabajo, pasando por software diseñado para crear infraestructuras de virtualización hasta herramientas para la gestión de Clouds públicos y privados.

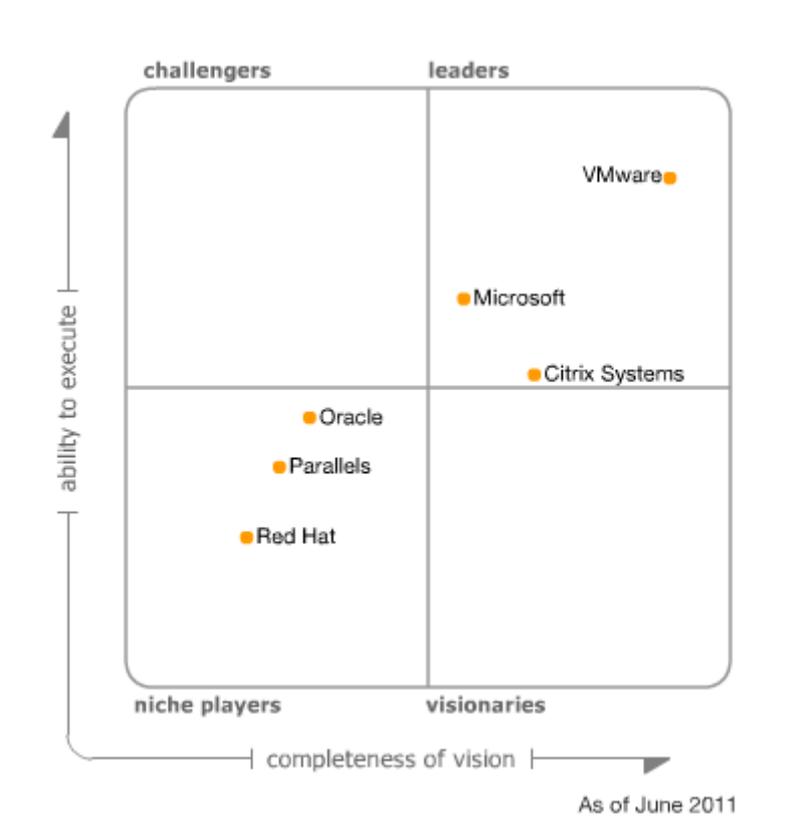


FIGURA 14: MAGIC QUADRANT SOBRE LAS INFRAESTRUCTURAS DE VIRTUALIZACIÓN

En este apartado, vamos a exponer los distintos productos que ofrecen las empresas más destacadas del ámbito de la virtualización. Las empresas líderes en el mercado de las infraestructuras de virtualización de servidores x86 son VMware Inc., Citrix Inc. y Microsoft Inc. tal y como podemos ver en el estudio de mercado elaborado en 2011 por Gartner Inc. [7]

En cada una de las empresas, nos pararemos a detallar con más profundidad los productos relacionados con las infraestructuras virtuales, que son el objetivo de este documento.

## Estado del Arte

En primer lugar, hablaremos de la empresa VMware Inc. y de su producto VMware vSphere. A continuación, hablaremos de Citrix Inc. y nos centraremos en el producto XenServer. Finalmente, hablaremos de Microsoft y de su incursión en el mundo de la virtualización con el software Hyper-V.

### 2.5.1 VMWARE INC.

VMware, Inc. es una compañía de software estadounidense que ofrece software en la nube, en la virtualización y en los servicios que suministra soluciones de negocio que aceleran las actividades del departamento de TI reduciendo la complejidad y permitiendo un suministro de servicios más ágil y flexible, reduciendo los costos del negocio. [8]

VMware fue fundada en 1998 por Diane Greene, Mendel Rosenblum, Devine Scott, Edward Wang y Bugnion Edouard. La compañía tiene su sede en Palo Alto, California, EE.UU. La compañía fue adquirida por EMC Corporation en 2004, y opera como una compañía de software independiente.

El software de escritorio de VMware se puede ejecutar en Microsoft Windows, Linux y Mac OS X mientras que la gama empresarial de software, los hipervisores VMware ESX y VMware ESXi, han sido diseñados para ejecutarse directamente en el hardware sin la necesidad de un sistema operativo adicional.

VMware ha desarrollado una gama de productos, de los cuales, los más importantes son sus hipervisores. VMware desarrolló por su primer hipervisor tipo 2, conocido como hipervisor GSX. Este software dio lugar a dos líneas de desarrollos paralelos. Por una parte, se continuó la evolución de los hipervisores tipo 2 y por otra, se desarrollaron hipervisores de tipo 1.

En mayo de 1999, lanzó su primer producto, VMware Workstation y entró en el mercado de servidores en 2001 con VMware GSX Server (tipo 2) y VMware ESX Server (tipo 1). En 2003 lanzó VMware Virtual Center, el componente vMotion y la capacidad de virtualizar múltiples procesadores con Virtual SMP. En 2004 apareció el soporte de 64 bits.

Actualmente VMware dispone de una gran variedad de productos, todos ellos relacionados con la virtualización. Entre la gama de productos que ofrece en relación a las aplicaciones de escritorio hemos de mencionar los siguientes [9]:

- **VMware Workstation** que fue el primer producto lanzado por VMware en 1999, como hemos indicado en párrafos anteriores. Este paquete de software permite a los usuarios ejecutar múltiples máquinas virtuales en un único hardware físico.
- **VMware Fusion** el cual proporciona una funcionalidad similar que VMware Workstation, para los usuarios del Mac OS X que utilicen procesadores Intel,

## Estado del Arte

con plena compatibilidad con máquinas virtuales creadas por otros productos de VMware.

- **VMware Player** es un hipervisor que permite ejecutar una máquina virtual. VMware ofrece este software como un producto gratuito para uso personal. Aunque en un principio no es capaz de crear máquinas virtuales, esta limitación se eliminó en la versión 3.0.1.

En cuanto al software empresarial, VMware ha desarrollado dos líneas de productos. Por una parte están los productos que permiten crear una infraestructura virtualizada como el VMware vSphere, el cual hablaremos más adelante con mayor detenimiento. Por otra parte, VMware ha desarrollado una completa suite de productos relacionados con el Cloud. Esta suite es conocida como VMware vCloud y está compuesta por los siguientes productos[8]:

- **VMware vCloud Director** proporciona a los clientes la habilidad de construir Clouds privadas. Está muy ligado al software VMware vSphere, el cual proporciona la plataforma sobre la que se crea el Cloud. vCloud Director permite ofrecer los recursos como servicios a terceros clientes.
- **VMware vCloud Datacenter Services** es una aplicación que permite utilizar los recursos de Clouds públicos y privados a través de proveedores de servicios certificados por VMware. Además, permite interconectar el Cloud privado con el público incrementando la flexibilidad de las infraestructuras del cliente.
- **VMware vCloud Express** es un servicio de Infrastructure as a Service (IaaS) que ofrece recursos bajo demanda a través de los proveedores líderes de VMware.

Todos los productos para la creación, mantenimiento y explotación del Cloud se basan en VMware vSphere. A continuación detallaremos el producto.

### 2.5.1.1 VMWARE VSPHERE

VMware vSphere es considerado como un "sistema operativo de Clouds". Este producto proporciona toda la infraestructura virtual necesaria para la creación y el mantenimiento de un Cloud.[9]

El componente más importante de VMware vSphere es el VMware ESX. Este componente es un hipervisor de tipo 1 el cual es instalada directamente sobre el hardware y permite la ejecución de múltiples máquinas virtuales sobre él.

Para su instalación, se necesita disponer de hardware previamente certificado por VMware.

## Estado del Arte

Entre los diferentes componentes del software VMware VSphere 4 podemos encontrar [10]:

- VMware ESX y VMware ESXi.
- VMware vCenter Server Agent, el cual permite la administración centralizada utilizando VMware vCenter Server.
- VMware vStorage Virtual Availability Machine File System (VMFS). Sistema de ficheros propietario donde se almacenan las máquinas virtuales.
- VMware Virtual SMP, el cual habilita a una máquina virtual utilizar múltiples procesadores.
- VMware vCenter Update Manager.
- VMware VMotion, que permite realizar la migración "en caliente" de una máquina virtual a otro nodo ESX o ESXi.
- VMware Storage VMotion, el cual realiza migraciones "en caliente" del espacio de almacenamiento de una máquina virtual.
- VMware High Availability (HA), que monitoriza las máquinas virtuales y los nodos ESX o ESXi y ante un fallo, reinicia las máquinas virtuales en otros nodos.
- VMware Distributed Resource Schedule (DRS), que monitoriza los recursos de la infraestructura y redistribuye la carga por los diferentes nodos ESX o ESXi.
- VMware Distributed Power Management (DPM), junto al DRS, administra automáticamente los recursos encendiéndolos o apagándolos según sean necesarios.
- VMware vStorage Thin Provisioning, permite sobredimensionar el espacio de almacenamiento dedicado a las máquinas virtuales.
- VMware Data Recovery
- VMware vShield Zones, que proporciona herramientas de seguridad que van más allá de un simple firewall.
- VMware Fault Tolerance, que proporciona tolerancia a fallos manteniendo copias del estado de una máquina virtual en múltiples nodos ESX o ESXi.
- VMware Host Profiles, que permite la creación de configuraciones estándar para los nodos ESX y ESXi.
- VMware vNetwork Distributed Switch, que permite crear conmutadores virtuales a través de los diferentes nodos ESX y ESXi.
- VMware Hot Add, el cual permite añadir CPU's y memoria RAM a una máquina virtual "en caliente".
- VMware vCenter Server, habilita la administración centralizada de todos los componentes de los nodos ESX y ESXi.

El componente VMware vCenter Server se vende por separado. Los demás componentes se habilitan dependiendo de la edición del producto.

## Estado del Arte

A continuación mostraremos las distintas ediciones del producto VMware VSphere 4.1 y sus características[10]:

	Essentials	Essentials Plus	Standard	Advanced	Enterprise	Enterprise Plus
VMware ESX y ESXi	Componentes base					
VMFS						
VMware Virtual SMP*	4 vCPU	4vCPU	4 vCPU	4 vCPU	4 vCPU	8 vCPU
VMware vCenter Server Agent	Si	Si	Si	Si	Si	Si
VMware Consolidated Backup	Si	Si	Si	Si	Si	Si
VMware vCenter Update Manager	Si	Si	Si	Si	Si	Si
VMware HA		Si	Si	Si	Si	Si
VMware vStorage Thin Provisioning			Si	Si	Si	Si
VMware VMotion				Si	Si	Si
VMware Hot Add				Si	Si	Si
VMware Fault Tolerance				Si	Si	Si
VMware Data Recovery		Si		Si	Si	Si
VMware vShield Zones				Si	Si	Si
VMware Storage VMotion					Si	Si
VMware DRS					Si	Si
VMware DPM					Si	Si
VMware vNetwork Distributed Switch						Si
VMware Host Profiles						Si

TABLA 1: EDICIONES DE VMWARE VSPHERE 4 Y SUS COMPONENTES

\* VMware Virtual SMP es un componente que permite a una máquina virtual utilizar dos o más procesadores simultáneamente. Estas máquinas virtuales implementan una arquitectura SMP (Symmetric Multi-Processing) de memoria compartida compatible con los sistemas operativos invitados. Con este componente, se habilita la opción de añadir múltiples procesadores a las máquinas virtuales.

Las ediciones "Essentials" y "Essentials Plus" incluyen una versión limitada del VMware vCenter Server el cual solamente permite administrar 3 nodos VMware ESX o ESXi.

### 2.5.2 CITRIX INC.

Citrix Systems Inc. es una empresa multinacional de software estadounidense fundada en 1989, que proporciona software de virtualización de servidores, aplicaciones de

## Estado del Arte

virtualización de escritorio y servicios de software bajo demanda (SaaS) y tecnologías de computación en la nube.

La compañía está ubicada en Florida, con filiales en California y Massachusetts, además de otros centros de desarrollo en Australia, India, Canadá y el Reino Unido.

Citrix fue fundada en Richardson, Texas en 1989 por Edward Lacobucci, con \$3 millones en fondos. Citrix, en sus inicios, intentó hacerse un hueco en el mercado con Citrix MULTIUSER, un sistema operativo basado en OS/2 de IBM pero no tuvo éxito.

En 1990, Roger Roberts fue nombrado director general de Citrix. De 1989 a 1995, la empresa no obtuvo beneficios, y entre 1991 y 1993, recibió fondos de Intel y Microsoft, así como de inversores de capital riesgo. Sin la ayuda de estos fondos, Citrix no se habría mantenido en pie.

En 1993, Citrix compra el producto "Netware Access Server" de Novell y lo desarrolla hasta obtener el producto conocido como "WinView" el cual se convierte en su primer producto de éxito.

En 2007, Citrix entra en el mundo de la virtualización mediante la adquisición del XenSource Inc.

La relación de Citrix con Microsoft se estrecha cuando en 2008 anuncian colaboraciones en materia de soluciones de virtualización.

Citrix ha desarrollado una gran variedad de productos, los cuales quedan categorizados según su funcionalidad.

Entre la gama de productos que ofrece Citrix en relación a las virtualización de escritorios y aplicaciones hemos de mencionar los siguientes:

- **XenDesktop:** transforma los escritorios y las aplicaciones en un servicio bajo demanda disponible para cada usuario, en cualquier lugar y desde cualquier dispositivo. Puede proporcionar aplicaciones individuales de software como servicio (SaaS), web y Windows, así como escritorios virtuales completos para PC, Mac, tablets, smartphones, y ordenadores portátiles.
- **XenApp:** Permite que cualquier aplicación Windows® se virtualice, centralice y gestione en el centro de datos, y esté disponible para los usuarios desde cualquier dispositivo.
- **XenClient:** permite que los usuarios trabajen desde cualquier lugar con un ordenador portátil gracias a la virtualización de escritorios de los mismos.

## Estado del Arte

- **VDI-in-a-Box:** permite la virtualización de escritorios personalizados y gestionados de forma centralizada en cualquier dispositivo y red, por un coste inferior al de un PC nuevo por usuario.

En cuanto a las plataformas de Clouds, podemos destacar los siguientes productos:

- **CloudPlatform:** Ofrece una plataforma de software de código abierto para desarrollar entornos informáticos en Cloud fiables y con gran capacidad de ampliación.
- **CloudPortal:** permite gestionar servicios de soporte de operaciones y de negocios, y ofertas Cloud y clientes. Simplifica los aspectos de atención al cliente y venta de los negocios en la Cloud, incluyendo el aprovisionamiento de servicios Cloud, la facturación y medición y la integración.
- **XenServer:** está diseñado para la gestión de los servidores virtuales de Windows y Linux.

A continuación mostraremos con mayor detalle el producto XenServer y el hipervisor Xen.

### 2.5.3 HIPERVISOR XEN

Xen es un hipervisor de código abierto que permite ejecutar múltiples instancias de sistemas operativos en el mismo hardware de una máquina. La primera versión de Xen fue desarrollada por la University of Cambridge Computer Laboratory y actualmente se mantiene su desarrollo a través de la comunidad Open Source bajo una licencia GNU GPLv2.

El hipervisor Xen, que actualmente se encuentra en la versión 4.2 y soporta las arquitecturas IA-32, x86-64 y ARM. Es un hipervisor tipo 1 encargado de gestionar la memoria y de planificar la ejecución de las máquinas virtuales nombradas “domains”. Además, también es el encargado de ejecutar la máquina virtual conocida como “dom0”, la única máquina virtual con acceso directo al hardware. A través de ella, podemos gestionar el hipervisor y lanzar el resto de máquinas virtuales.

El hipervisor Xen, a diferencia del hipervisor VMware ESX, utiliza generalmente la paravirtualización como tecnología de virtualización, por lo que requiere de la utilización de imágenes modificadas de los sistemas operativos. Esta limitación desapareció con la aparición del hardware que permite la virtualización asistida por hardware.

La compañía XenSource Inc. daba soporte al hipervisor Xen hasta que en octubre de 2007, Citrix Inc. la adquirió.

En la actualidad existen muchas versiones comerciales de Xen. Entre ellas podemos encontrar: Oracle VM, Sun xVM, Virtual Iron o Citrix XenServer.

Estado del Arte

### 2.5.3.1 XENSERVER

Tras la adquisición de XenSource por parte de Citrix, el hipervisor Xen pasó a ser un componente clave del producto Citrix XenServer y paso a llamarse XenServer hipervisor.

Podemos diferenciar las características de XenServer en dos grupos: Gratuitas y de pago.

Las características gratuitas son las siguientes:

- Hipervisor XenServer
- Herramientas de conversión
- Integración administrativa con Microsoft System Center VMM
- Arquitectura de administración distribuida flexible
- Reversión e instantánea (Snapshot) de disco de máquina virtual
- Consola de administración de XenCenter
- Migración en vivo de XenMotion

El resto de características avanzadas requieren licenciamiento y son distribuidas mediante ediciones:

Las características incluidas en las ediciones “Advanced” son:

- Recuperación y protección automatizadas de máquina virtual
- Migración en vivo con Storage XenMotion
- Conmutación virtual distribuida
- Grupos heterogéneos
- Alta disponibilidad
- Optimización de la memoria
- Generación de informes y alertas de rendimiento

Para la edición “Enterprise” se incluyen todas las anteriores mas:

- Balanceo dinámico de carga de trabajo
- GPU directa
- Administración de la energía del host
- IntelliCache
- Reversión e instantánea de memoria en vivo
- Servicios de aprovisionamiento (virtuales)
- Administración basada en funciones
- StorageLink
- Consola de gestión web con administrador delegado

Para la edición “Platinum” se incluyen todas las anteriores más:

## Estado del Arte

- Servicios de aprovisionamiento (físicos)
- Recuperación

### 2.5.4 MICROSOFT CORPORATION

Microsoft Corporation es una empresa multinacional de origen estadounidense, fundada el 4 de abril de 1975 por Bill Gates y Paul Allen. Dedicada al sector del software, tiene su sede en Redmond, Washington, Estados Unidos. Microsoft desarrolla, fabrica, licencia y produce software y equipos electrónicos, siendo sus productos más usados el sistema operativo Microsoft Windows y la suite Microsoft Office, los cuales tienen una importante posición entre los ordenadores personales[11].

Microsoft Corporation tiene una trayectoria muy amplia en cuanto al desarrollo de software y abarca muchas categorías de productos. El primer contacto con las tecnologías de virtualización fue en 2003 mediante la adquisición del software Virtual PC y de otro producto todavía no publicado llamado "Virtual Server" a la empresa Connectix Corporation[12].

#### 2.5.4.1 HYPER-V

Microsoft lanzó su primer hipervisor el 26 de Julio de 2008. El hipervisor Hyper-V hace posible la virtualización en las arquitecturas x86-64.

En cuanto al diseño del hipervisor Hyper-V, a pesar de distribuirse junto a las versiones de los sistemas operativos Windows Server de Microsoft, entra dentro de la categoría de hipervisores de tipo 1 ya que se ejecuta directamente en el hardware.

La primera versión, se distribuyó como un componente extra del sistema operativo Windows Server 2008. A partir de la versión "R2", el hipervisor Hyper-V se distribuyó en dos formatos[6]:

- Como rol de servidor, el cual se puede instalar en las ediciones Standard, Enterprise o Datacenter de Windows 2008 Server R2
- O como producto independiente, conocido como Microsoft Hyper-V Server 2008 R2.

Los dos productos están basados en la misma tecnología de hipervisor y en el mismo sistema operativo, sin embargo, Microsoft Hyper-V Server tiene las siguientes diferencias:

- Es gratuito.
- No tiene interfaz de usuario.
- No incluye licencias sobre los sistemas operativos de las máquinas virtuales que se ejecutan en él.

## Estado del Arte

- No permite asignarle ningún otro rol. Por lo que no puede ser servidor de DNS o DHCP o cualquier otro servicio disponible en Windows 2008 Server R2.

Estado del Arte

## 2.6 COMPARATIVA DE PRESTACIONES

Una vez enumerados los tres hipervisores líderes en el mercado, mostraremos las prestaciones del software de virtualización que nos interesa para el desarrollo de una infraestructura virtualizada.

Debido al coste que supone para una pyme realizar un análisis de rendimiento de diversas opciones de virtualización disponibles en el mercado, se ha optado por incluir análisis realizados por terceras partes y por distintos fabricantes de hardware y software que ya han realizado estos análisis.

En primer lugar se mostrarán resultados relacionados con la capacidad de cómputo en entornos empresariales basados en J2EE, muy utilizados en la actualidad.

En segundo lugar se evaluará la capacidad del software para realizar trabajos que requieran una carga elevada de operaciones de lectura y escritura en disco.

Por último, se pretende comprobar el comportamiento de estos hipervisores cuando virtualizamos servicios relacionados con la red y con las comunicaciones.

### 2.6.1 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO CON SPECJBB2005 E IOMETTER

En este apartado, los tres hipervisores líderes serán evaluados y comparados. Para ello, indicaremos cual ha sido el entorno de pruebas utilizado y mostraremos los resultados obtenidos.

#### 2.6.1.1 ENTORNO DE PRUEBAS

Para la realización de las pruebas, se ha utilizado un servidor HP DL580 con las siguientes características [13]:

- 4x Intel Xeon 2.93Ghz de 4 núcleos
- 32GB de memoria RAM
- Controladora de disco HP Smart Array
- 2x Discos duros SAS de 73 GB en RAID 0

Las distintas pruebas han sido realizadas utilizando los sistemas operativos siguientes:

- Windows Server 2008
- SUSE Linux Enterprise Server 10.2

Podemos realizar una separación en dos grupos de pruebas. En primer lugar, para realizar un análisis del rendimiento en entornos J2EE, se ha empleado el benchmark SPECjbb2005.

El SPECjbb2005 es un benchmark para evaluar el rendimiento de aplicaciones Java del lado del servidor. SPECjbb2005 emula un sistema cliente-servidor a tres capas prestando especial atención a la capa intermedia, la capa de la lógica de negocio. El

## Estado del Arte

benchmark ejecuta el compilador JIT de Java, la JVM, el GC, hilos de ejecución, etc. La unidad de medida utilizada por este benchmark es BOPS (business operations per second)[14]

Por otra parte, para el análisis de prestaciones de entrada-salida, se ha utilizado el IOMetter. IOMetter es una herramienta para la medición y caracterización de sistemas individuales o en clúster. IOMetter está basado en el modelo cliente-servidor, donde múltiples hilos de ejecución realizan operaciones de entrada-salida para simular la actividad de múltiples clientes. La unidad de medida utilizada por esta herramienta es IOPS (Input-Output operations per second)[15]

### 2.6.1.2 RESUMEN DE LAS PRUEBAS CON SPECJBB2005

Para poder tener una base de comparación, se ha ejecutado el benchmark sin emplear el software de virtualización, instalando directamente los sistemas operativos en el hardware.

En esta primera prueba, utilizando el benchmark SPECjbb2005, se han realizado dos rondas independientes.

En la primera ronda, se ha limitado el servidor de pruebas para que utilice, solamente, una CPU. Las máquinas virtuales utilizadas en esta ronda, solamente dispondrán de una CPU virtual cada una. Utilizando esta configuración, se ha realizado la prueba en su versión nativa y se ha obtenido la primera base comparativa.

En la segunda ronda, se han reinstalado los procesadores restantes. Nuevamente se ha ejecutado la prueba nativa y se ha obtenido una base comparativa para esta ronda. Las máquinas virtuales serán configuradas con 4 CPUs virtuales cada una.

En cada ronda se han realizado pruebas con 1, 3 y 6 máquinas virtuales ejecutándose simultáneamente. Esta vez, se ha vuelto a tomar los tiempos de la versión nativa de la prueba con todos los procesadores habilitados.

A continuación mostramos los resultados obtenidos en la primera ronda[13]:

Ronda 1: Servidor con 1 CPU (4 núcleos)	WinServer 2008 VMs	SLES 10.2 VMs
Resultados sin virtualización	18.153	22.240
1 VM en Microsoft Hyper-V.	17.403 (95,87%)	19.619 (88,21%)
1 VM en VMware ESX.	17.963 (98,95%)	20.711 (93,13%)
1 VM en Citrix XenServer.	18.431 (101,53%)	20.874 (93,86%)
3 VMs en Microsoft Hyper-V.	16.363 (90,14%)	18.461 (83,01%)
3 VMs en VMware ESX.	17.735 (97,79%)	20.229 (90,96%)
3 VMs en Citrix XenServer.	18.257 (100,57%)	20.244 (91,03%)
6 VMs en Microsoft Hyper-V.	14.531 (80,05%)	15.168 (68,20%)
6 VMs en VMware ESX.	13.964 (76,92%)	14.009 (62,99%)
6 VMs en Citrix XenServer.	14.162 (78,01%)	15.888 (71,44%)

TABLA 2: RESULTADOS DEL TEST SPECJBB2005 CON 1 VCPU EN CADA VM

## Estado del Arte

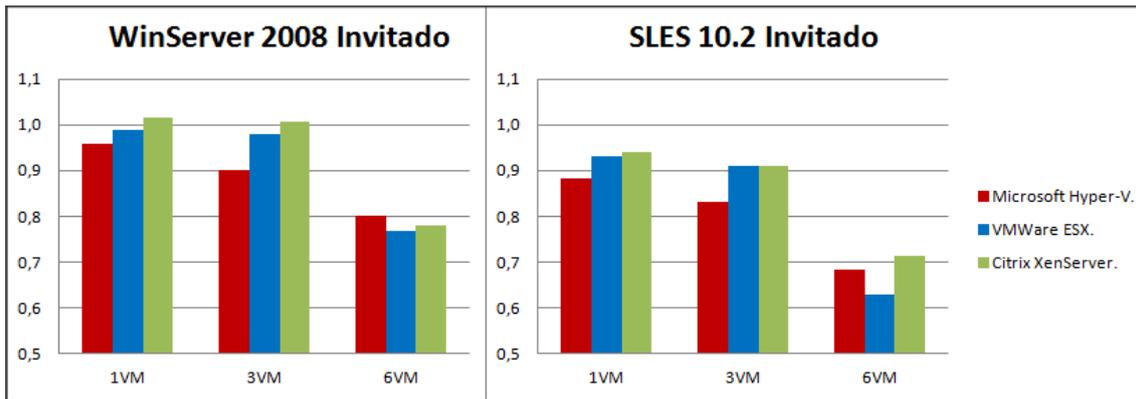


FIGURA 15: GRÁFICO DE RENDIMIENTO DEL TEST SPECJBB2005 CON 1 VCPU EN CADA VM

En esta ronda podemos ver como los resultados muestran una pequeña pérdida de rendimiento respecto a la versión nativa excepto en el caso de Citrix XenServer cuando realizamos la prueba con una sola máquina virtual con Windows Server 2008 como sistema operativo invitado. En este escenario, la capa de virtualización impone una ligera penalización al rendimiento.

Cuando mantenemos 3 máquinas virtuales en ejecución, el rendimiento en promedio es ligeramente inferior que en la medición anterior, aunque hemos multiplicado por 3 la carga de trabajo del servidor. En este escenario, todavía quedan recursos libres en el sistema, por lo que los hipervisores pueden proporcionar los recursos necesarios a sus máquinas virtuales.

Finalmente, al sobrecargar el sistema con 6 máquinas virtuales, vemos que el rendimiento individual de cada máquina virtual empeora. En estos momentos, las máquinas en ejecución necesitan 6 vCPU y los hipervisores solamente disponen de 4 núcleos por lo que los cambios de contexto merman el rendimiento de cada máquina. Aun así, la productividad del sistema es muy superior al de la versión nativa.

En cuanto a la segunda ronda, estos son los resultados[13]:

Ronda 2: Servidor con 4 CPUs (16 núcleos)	WinServer 2008 VMs	SLES 10.2 VMs
Resultados sin virtualización	32.525	33.996
1 VM en Microsoft Hyper-V.	31.037 (95,43%)	28.776 (84,65%)
1 VM en VMware ESX.	31.155 (95,79%)	32.680 (96,13%)
1 VM en Citrix XenServer.	32.040 (98,51%)	33.397 (98,24%)
3 VMs en Microsoft Hyper-V.	33.674 (103,53%)	30.976 (91,12%)
3 VMs en VMware ESX.	27.143 (83,45%)	27.778 (81,71%)
3 VMs en Citrix XenServer.	35.128 (108,00%)	35.872 (105,52%)
6 VMs en Microsoft Hyper-V.	14.588 (44,85%)	11.122 (32,72%)
6 VMs en VMware ESX.	16.136 (49,85%)	17.089 (50,72%)
6 VMs en Citrix XenServer.	19.438 (59,76%)	16.775 (49,34%)

TABLA 3: RESULTADOS DEL TEST SPECJBB2005 CON 4 VCPUS EN CADA VM

## Estado del Arte

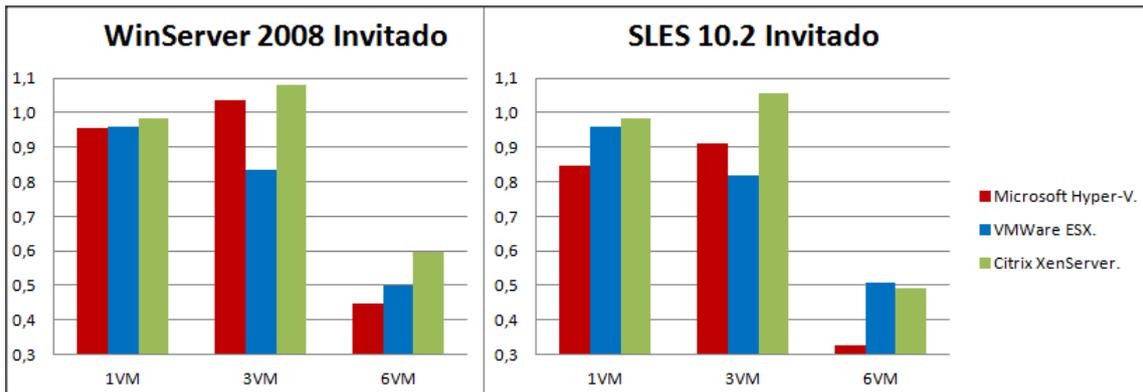


FIGURA 16: GRÁFICO DE RENDIMIENTO DEL TEST SPECJB2005 CON 4 VCPUS EN CADA VM

En esta segunda ronda, cada máquina virtual dispone de 4 vCPUs, por lo que los recursos físicos del servidor serán utilizados al completo tanto en la prueba nativa como en las pruebas virtualizadas.

En el caso de ejecutar solamente una máquina virtual, vemos que los resultados concuerdan con lo comentado anteriormente. La virtualización produce una ligera sobrecarga por lo que el rendimiento.

La verdadera potencia de los hipervisores se muestra cuando sobreutilizamos los recursos disponibles. Al ejecutar 3 máquinas virtuales simultáneamente, vemos como el rendimiento general se mantiene a un buen nivel, sin embargo, la productividad se multiplica.

Al ejecutar 3 máquinas virtuales utilizando 4 vCPUs cada una, vemos como el rendimiento es muy similar, incluso mayor en casi la totalidad de los hipervisores. Esto es debido a que los hipervisores gestionan el procesador de forma diferente que un sistema operativo convencional y consiguen un mayor aprovechamiento de los recursos. Al parecer esta gestión obtiene muy buenos resultados con 3 máquinas virtuales. Conforme se van añadiendo máquinas al sistema el rendimiento decrece considerablemente aunque la productividad se mantiene.

Al margen de los resultados promedio, se ha detectado mucha diferencia entre los resultados individuales de cada máquina virtual en el caso de XenServer.

### 2.6.1.3 RESUMEN DE LAS PRUEBAS CON IOMETTER

El rendimiento de los dispositivos de entrada-salida es muy importante, por ejemplo, en los sistemas de bases de datos. En este caso, se ha empleado la herramienta IOMetter para medir el rendimiento de las lecturas y escrituras a disco en los sistemas virtualizados.

Para la realización de esta prueba, se han elaborado dos escenarios distintos. En el primero, se ha vuelto a limitar el servidor para que solamente utilice 1 CPU. Una vez realizado esto, ejecutaremos 6 máquinas virtuales con 1 vCPU cada una.

## Estado del Arte

En el segundo escenario, se reinstalaran los procesadores en el servidor y se ejecutarán 6 máquinas virtuales con 4 vCPUs cada una con el fin de saturar los recursos del hipervisor.

A continuación se muestran los resultados del primer escenario:

Ronda 1: Servidor con 1 CPU (4 núcleos)	WinServer 2008 VMs	SLES 10.2 VMs
Resultados sin virtualización	712.97	226.96
Hyper-V	145.71	109.51
VMware	288.94	79.64
Cirtix XenServer	159.58	86.43

TABLA 4: RESULTADOS DEL TEST IOMETTER CON 1 VCPU EN CADA VM

En cuanto al segundo escenario, estos son los resultados:

Ronda 2: Servidor con 4 CPU (16 núcleos)	WinServer 2008 VMs	SLES 10.2 VMs
Resultados sin virtualización	1040,38	322,93
Hyper-V	166,27	69,95
VMware	313,72	77,56
Cirtix XenServer	140,02	72,29

TABLA 5: RESULTADOS DEL TEST IOMETTER CON 4 VCPUS EN CADA VM

Tal y como podemos observar en los resultados de los dos escenarios, el rendimiento de las lecturas y escrituras a disco en los sistemas virtualizados es muy inferior al obtenido cuando no se emplea la virtualización. Aun así, si multiplicamos por 6 los resultados obtenidos, observaremos que, en términos absolutos, algunos hipervisores consiguen un mayor número de IOPS. Por ello, una vez más, la productividad de los sistemas virtualizados es superior a la de los no virtualizados.

Aunque no disponemos de los resultados con un número menor de máquinas virtuales, podemos llegar a pensar que los resultados promedio serían más elevados.

### 2.6.2 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE INTERFACES DE RED VIRTUALIZADAS

Otro de los puntos que debemos analizar es el rendimiento de la entrada-salida de las interfaces de red. Tal y como hemos podido comprobar en el anterior análisis, la entrada-salida a disco es uno de los cuellos de botella de los sistemas virtualizados.

A pesar de esto, son muchas las razones que nos invitan a virtualizar las infraestructuras y consolidar los antiguos servidores físicos.

En este análisis[16], se van a comprobar las capacidades de los tres hipervisores líderes del mercado.

#### 2.6.2.1 ENTORNO DE PRUEBAS

Para la realización del análisis de rendimiento de interfaces de red virtualizadas, se empleará el mismo servidor para todos los hipervisores probados. Las características del servidor son:

## Estado del Arte

- CPU Quad Core i7 @3.4GHz
- 16GB RAM
- Tarjeta de red 1GB Copper e1000e

En cuanto al software empleado en las pruebas, se ha utilizado Aloha Virtual Appliance. El balanceador de carga ALOHA está desarrollado utilizando el software de código abierto HAProxy y proporciona control sobre el flujo de conexiones de red entre cualquier origen y destino.

Aloha Virtual Appliance es una versión diseñada para integrarse perfectamente en los entornos virtuales o arquitecturas diseñadas para la computación en Cloud (SaaS, IaaS o PaaS). En esta versión, el software se distribuye como una imagen lista para usar en los principales hipervisores.[17]

Para la realización de las pruebas, se ha configurado una máquina virtual con 1GB de memoria y 2 vCPUs con el software Aloha Virtual Appliance 4.2.5. Además, debido a la naturaleza de la prueba, se utilizará la herramienta "Inject" para producir tráfico hacia el balanceador y el software "httpterm", un servidor web de código abierto. Aunque intervienen varios actores en la realización de la prueba, lo fundamental es medir el rendimiento del balanceador de carga ubicado en la máquina virtual.

### 2.6.2.2 RESUMEN DE LAS PRUEBAS DE RENDIMIENTO DE RED

Una vez expuesto el entorno de pruebas utilizado, comentaremos los resultados obtenidos.

En primer lugar, se ha configurado el software ALOHA para que actúe como proxy inverso entre los clientes y los servidores, realizando las funciones de balanceo y analizando las peticiones HTTP realizadas por los clientes.

El propósito de la prueba es analizar el número de conexiones HTTP por segundo y calcular el ancho de banda soportado. Para ello, se han tomado medidas para diferentes tamaños de peticiones: 0, 1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 32K, 48K, 64K.

Las peticiones con 0K de datos simplemente envían una cabecera HTTP/1.0 con lo que nos sirven para obtener el número máximo de conexiones soportado.

Con el fin de obtener una base comparativa, se ha realizado la prueba en un entorno nativo, es decir, sin utilizar ningún software de virtualización.

Los resultados obtenidos para el entorno nativo son:

## Estado del Arte

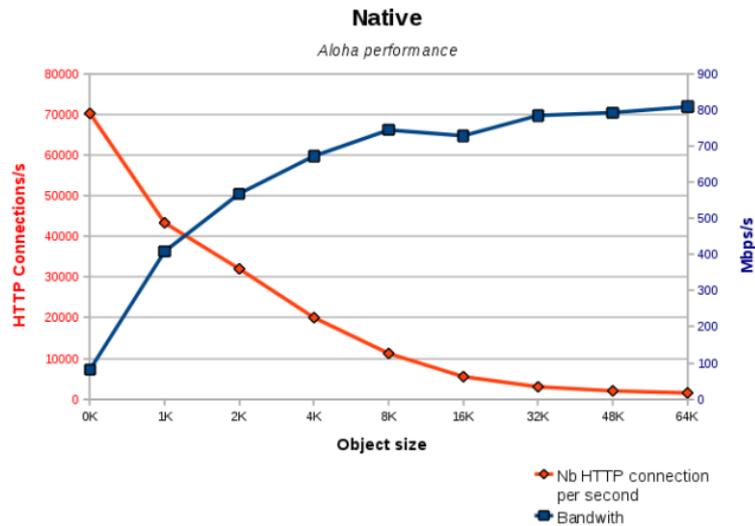


FIGURA 17: RENDIMIENTO ALOHA EN UN ENTORNO NO VIRTUALIZADO

La grafica anterior nos muestra el ancho de banda (en azul) y el número de conexiones (en rojo) para cada uno de los tamaños de peticiones acordados. Como es natural, conforme aumentamos el tamaño de la petición, aumenta el ancho de banda alcanzado y se reduce el número de peticiones que podemos realizar por segundo.

Tras obtener el perfil no virtualizado de la prueba, procedemos a mostrar los resultados obtenidos con los hipervisores:

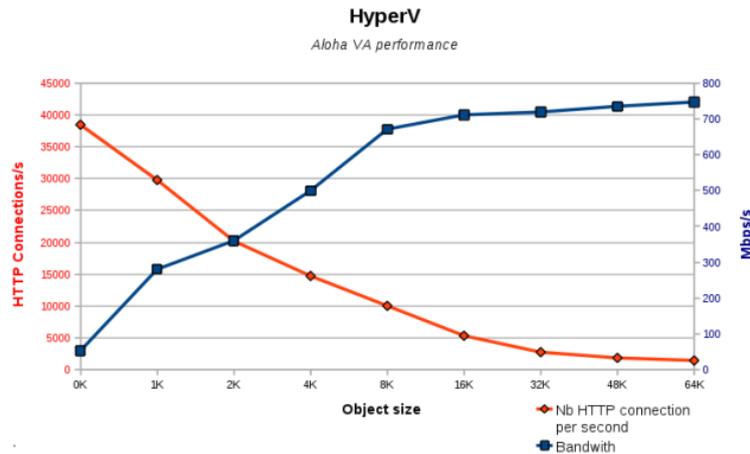


FIGURA 18: RESULTADOS ALOHA VA EN HYPER-V

## Estado del Arte

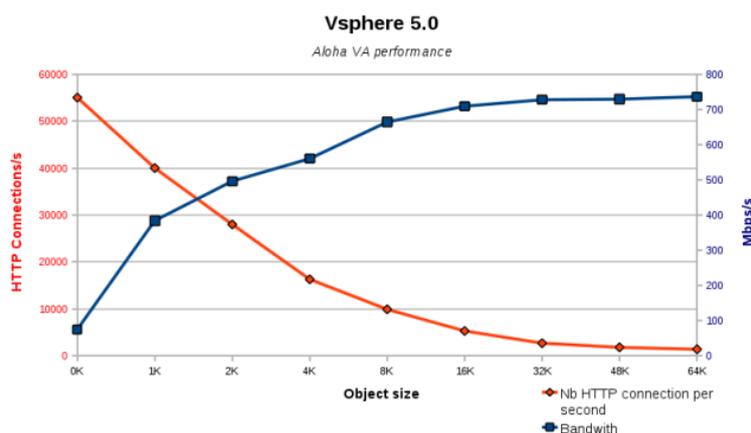


FIGURA 19: RESULTADOS ALOHA VA EN VSPHERE

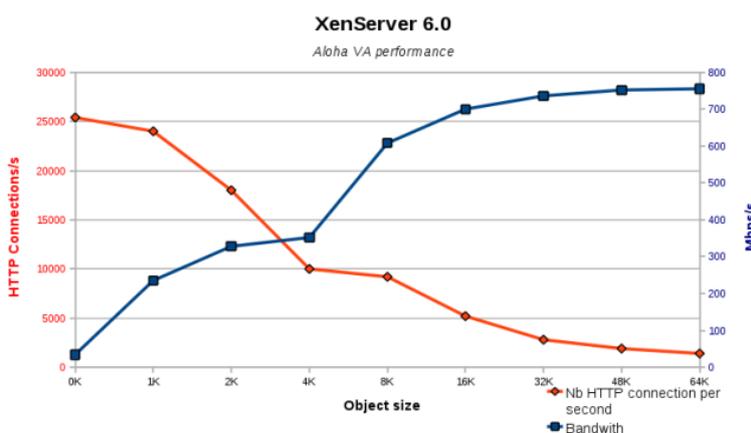


FIGURA 20: RESULTADOS ALOHA EN CITRIX XEN SERVER

Tras mostrar los resultados obtenidos para cada hipervisor, analizaremos 3 aspectos clave en esta prueba. En primer lugar, compararemos el número de conexiones HTTP alcanzadas por los tres hipervisores.

Anteriormente, comentamos que la prueba con los tamaños de paquetes de 0K serviría para obtener el número máximo de conexiones soportadas por el sistema virtualizado que estamos probando. Por ello, el gráfico que veremos a continuación muestra una diferencia notable entre los distintos hipervisores probados. Como podemos comprobar, los 3 hipervisores líderes en el mercado son los que obtienen mejores resultados. Conforme los tamaños de las peticiones van aumentando, el número de conexiones soportadas va igualándose.

## Estado del Arte

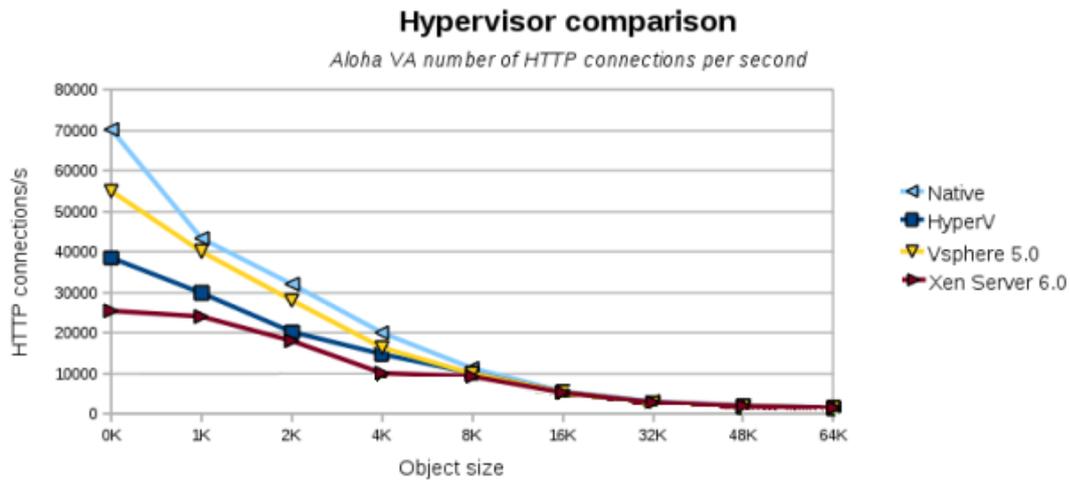


FIGURA 21: COMPARATIVA DEL NÚMERO DE CONEXIONES SOPORTADAS

Si comparamos los resultados relacionados con el ancho de banda máximo ofrecido por los hipervisores tendremos la siguiente gráfica:

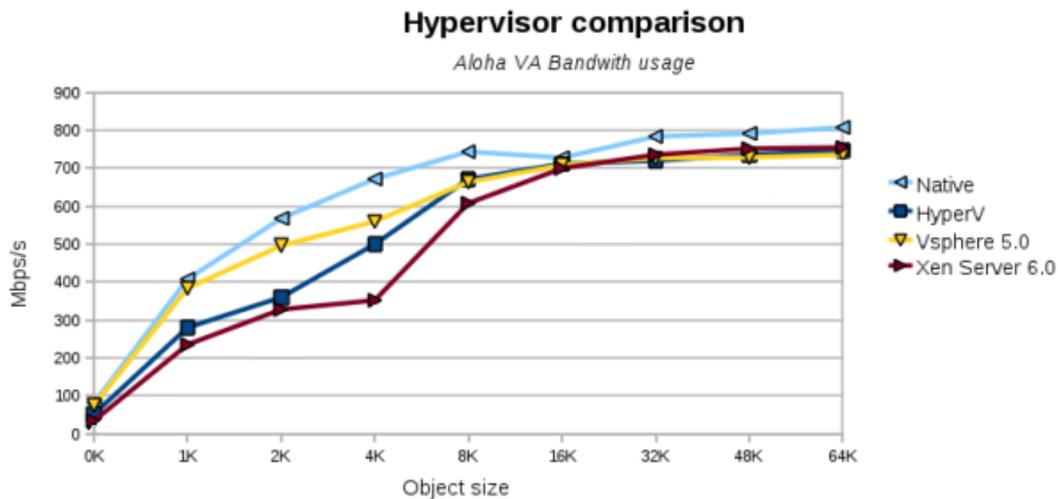


FIGURA 22: COMPARATIVA DEL ANCHO DE BANDA UTILIZADO

Una vez más, los 3 hipervisores líderes ofrecen los mejores resultados. Además, podemos apreciar como los rendimientos se igualan tras superar un tamaño de paquete de 8K.

Tras haber visto los resultados de la prueba, queda totalmente comprobado que, los sistemas virtualizados van a tener una pérdida de rendimiento comparados con uno no virtualizado. Esta pérdida es inevitable y lo que realmente debemos valorar es cuánta pérdida estamos dispuestos a asumir para disfrutar de las ventajas que aporta la virtualización.

A continuación, podemos ver la gráfica que muestra aproximadamente la pérdida relativa de un sistema virtualizado frente uno no virtualizado.

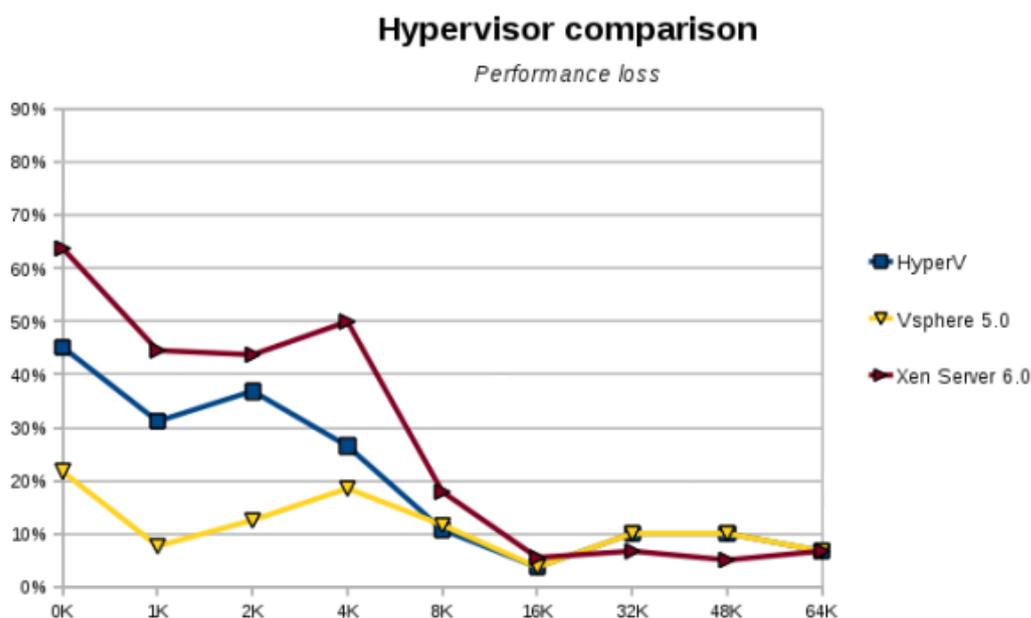


FIGURA 23: COMPARATIVA DE LA PÉRDIDA DE RENDIMIENTO EN LA CAPA DE VIRTUALIZACIÓN

### 2.6.3 CONCLUSIONES

Para finalizar, vamos a comentar los aspectos más reseñables de las distintas pruebas realizadas y valoraremos los pros y los contras de los sistemas virtualizados.

En primer lugar, tal y como hemos comentado en párrafos anteriores, no debemos esperar un aumento del rendimiento al virtualizar un sistema. La virtualización añade una carga extra al sistema por lo que, en teoría, nunca podemos alcanzar las mismas prestaciones que un sistema no virtualizado.

Estas afirmaciones, en ocasiones no se cumplen. Como podemos comprobar en las pruebas realizadas con el benchmark SPECjbb2005, para entornos de aplicaciones Java, a menudo se consiguen mejores rendimientos. Estos resultados tienen una explicación, los hipervisores han sido diseñados para trabajar en máquinas multiprocesador y aprovechan mucho mejor estos equipos que los sistemas operativos convencionales. Este mejor diseño sumado a una menor penalización en cuanto a la capacidad de computo de una máquina virtual nos invitan a conocer las numerosas ventajas que ofrecen estos sistemas en este tipo de entornos.

En cuanto a las pruebas de rendimiento de disco, los resultados no han sido tan favorables. Las tecnologías de virtualización, tienen la tarea pendiente de alcanzar mejores rendimientos en el apartado del acceso a disco. Aun así, podemos conseguir buenas tasas de productividad en entornos virtualizados. Por ejemplo, en las pruebas realizadas con IOMetter, utilizando los 4 procesadores del equipo, hemos obtenido un resultado de 1040,38 IOps mientras que con 6 máquinas virtuales utilizando el hipervisor ESX hemos obtenido 1882,32 en total.

## Estado del Arte

Finalmente, en el apartado de rendimiento de las interfaces de red, hemos comprobado que los resultados no son nada malos cuando procesamos paquetes de un tamaño superior a 8K.

En conclusión, podremos asegurar que las tecnologías de virtualización y concretamente los hipervisores líderes del mercado, mejoran ampliamente la productividad y flexibilizan cualquier sistema que esté dispuesto a pagar una penalización en el rendimiento individual de cada máquina.

## Capítulo 3

# PLAN DE CONTINUIDAD PARA INFRAESTRUCTURAS VIRTUALIZADAS

---



### 3.1 INTRODUCCIÓN

Toda empresa debe garantizar que su negocio está preparado para desempeñar su actividad incluso después de un accidente o desastre. Aunque la elaboración de un plan de continuidad de negocio engloba la totalidad de las actividades de una empresa, en este documento trataremos la parte correspondiente a la de garantizar la continuidad de los servicios alojados en la nube, ya sea esta privada, pública o mixta.

Este plan de continuidad está orientado hacia pequeñas y medianas empresas que han implantado una infraestructura de virtualización acorde a su tamaño y desean establecer las medidas oportunas para garantizar la continuidad de esta infraestructura así como de los servicios a los que da soporte.

También tenemos que tener en cuenta que, al no ser un plan de continuidad de una empresa concreta, iremos comentando diferentes soluciones que, dependiendo de los servicios y de cómo estén implementados, serán mejores o peores opciones dependiendo de la empresa en la que se valoren.

Debemos tener presente la gran importancia que tiene la infraestructura de virtualización en la actividad del negocio. Al migrar todos o parte de los sistemas que dispone la empresa hacia un entorno virtualizado, estamos creando un nuevo punto con una probabilidad de que sufra algún tipo de accidente o fallo. Además, este fallo podría provocar la interrupción de algunos o todos servicios que se nutren de esta infraestructura aunque, como hemos visto anteriormente, los beneficios obtenidos superan los riesgos.

Para la presentación de este plan de continuidad, en primer lugar, estableceremos la política del plan con el fin de establecer los objetivos y el alcance del plan de continuidad.

Como pilar central del plan de continuidad, realizaremos un análisis de los riesgos orientado a las tecnologías de virtualización con el fin de mostrar los riesgos implícitos que existen.

Continuando en esta dirección, existen diversas medidas preventivas que podemos aplicar con el fin de reducir los riesgos hasta niveles aceptables e incluso poder evitar tener que aplicar algún procedimiento de recuperación.

Tras exponer las medidas preventivas, definiremos algunos procesos de recuperación que servirán como último recurso para evitar pérdidas de información y reducir los tiempos sin servicio.

Finalmente concluiremos con algunas anotaciones generales que debemos conocer.

## 3.2 POLÍTICA DEL PLAN DE CONTINUIDAD

La política del plan de continuidad debe definir cuáles son los objetivos del plan de continuidad.

Para la presentación de esta política, definiremos primero los objetivos que perseguimos al elaborarla y definiremos el alcance concreto de esta política de continuidad para que no quede duda de qué servicios o actividades afecta.

Finalmente, incluiremos un pequeño apartado para tratar las diferentes responsabilidades que se puede asignar a los distintos implicados en la gestión de estos servicios.

En esta fase, y tras haber realizado las inversiones necesarias, debemos averiguar qué se va a hacer para garantizar la continuidad de los servicios y por qué.

### 3.2.1 OBJETIVOS

El objetivo principal del plan de continuidad es el de garantizar la continuidad de los servicios de la empresa, los cuales, quedarán definidos en el alcance.

Dado el alcance del documento y teniendo como principal tema la migración de los recursos informáticos a un sistema virtualizado, nuestro objetivo se centra en elaborar distintas estrategias para mitigar los riesgos implícitos de las tecnologías de virtualización, sobre todo tras una migración desde un sistema convencional.

Finalmente, comentaremos la importancia de contemplar un plan de mantenimiento de las propias políticas definidas en el plan de continuidad.

### 3.2.2 ALCANCE

Dependiendo del tipo de empresa en la que apliquemos este plan de continuidad, dispondremos de una infraestructura más o menos compleja y en la que algunos componentes podrían no ser necesarios.

Sea cual sea el software elegido para implementar la infraestructura de virtualización, garantizando su continuidad, también garantizaremos gran parte de la continuidad de los servicios que se ejecutan en ella.

En este plan, no se tratarán los procedimientos asociados a servicios instalados en máquinas virtuales puesto que estos procedimientos son los mismos que existen en una empresa con una infraestructura convencional.

### 3.2.3 RESPONSABILIDADES

En toda política de un plan de continuidad de negocio deben figurar las responsabilidades de las personas implicadas de menor o mayor forma en los procedimientos diseñados en el plan de continuidad. También deben figurar las

## Plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas

responsabilidades de las personas encargadas de la gestión y diseño del propio plan de continuidad.

La asignación de responsabilidades varía enormemente en función de la empresa que elabore el plan y de las actividades que desee incluir en el plan de continuidad. Por todo esto y debido a que la asignación de responsabilidades queda apartada del tema principal de esta tesis de máster, no nos introduciremos en este tema.

### 3.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA VIRTUAL

Una infraestructura de virtualización típica consiste en un conjunto de componentes hardware y software. A continuación se muestra una imagen con los componentes típicos que podemos encontrar:

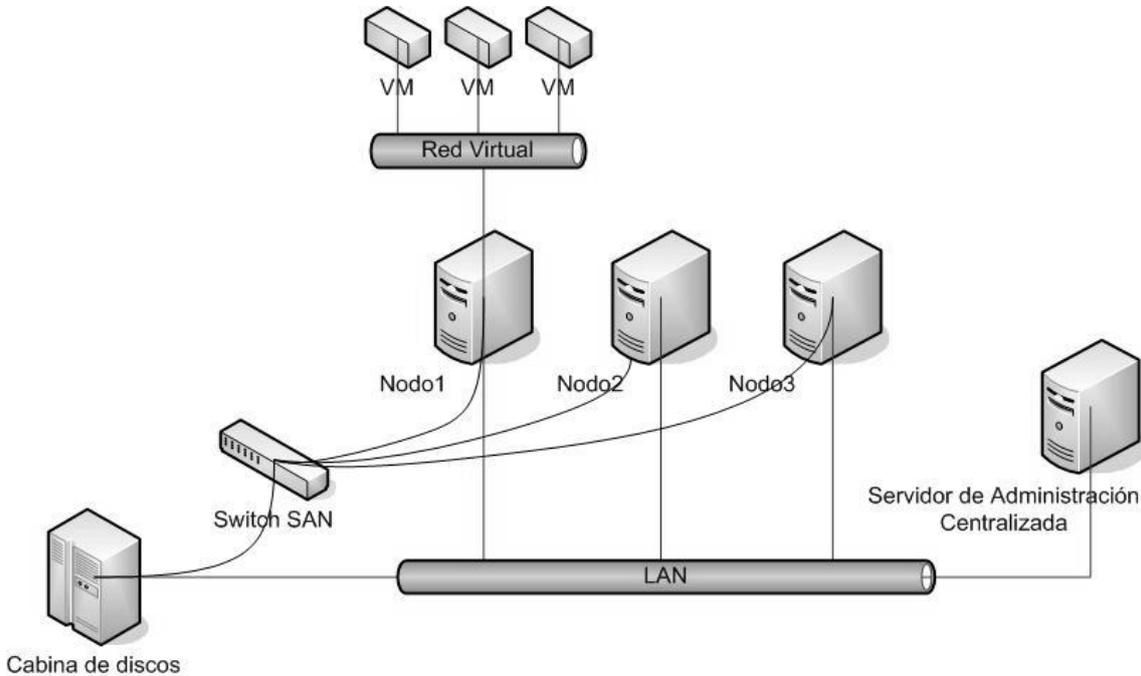


FIGURA 24: EJEMPLO DE INFRAESTRUCTURA DE VIRUALIZACIÓN

Los componentes que podemos identificar en la imagen son:

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| Nodos de trabajo           | Uno de los pilares básicos de una infraestructura virtualizada son los nodos de trabajo. Estos servidores ejecutarán los hipervisores que gestionarán los recursos hardware para proporcionar entornos de ejecución a las máquinas virtuales.   |
| Cabinas de discos          | Permiten compartir los datos y ayudan a crear espacios de almacenamiento comunes a toda la infraestructura. Si incorporamos cabinas de discos a la infraestructura, habilitaremos muchas de las características que aporta la virtualización y que requieren de un espacio de almacenamiento común. |
| Redes                      | Otro de los componentes de la infraestructura de virtualización son las redes de interconexión. La calidad de estas redes influirá directamente sobre el rendimiento de la infraestructura virtualizada.  |
| Servidor de administración | Aunque no es un componente obligatorio para poder poner en marcha la infraestructura de virtualización, a medida que vamos incorporando nodos de trabajo y máquinas virtuales, la complejidad del sistema crece y el servidor de administración simplifica en gran medida la gestión del sistema.   |
| Máquinas virtuales         | El fin de toda infraestructura de virtualización es el de poder ofrecer   |

## Plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas

entornos de ejecución para máquinas virtuales. Las máquinas virtuales son las encargadas de ejecutar los servicios virtualizados del mismo modo que lo haría un equipo físico convencional. Su hardware virtual será personalizable y adaptable, dependiendo de las necesidades del servicio que se pretende instalar.

Una vez conocidos los componentes existentes en una infraestructura virtualizada, pasaremos a comentar los riesgos asociados a las tecnologías de virtualización.

### 3.4 ANÁLISIS DE RIESGOS

Hemos de tener en cuenta que, normalmente, no es posible asegurar cada uno de los servicios que ofrecemos, ya que el coste podría ser muy alto e incluso hacer inviable la actividad de una empresa.

Como hemos visto en capítulos anteriores, 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.

Aunque dispongamos de políticas de seguridad individuales para los equipos físicos o virtuales, debemos definir las políticas de seguridad relacionadas con la infraestructura de virtualización así como establecer nuevas medidas preventivas y nuevas estrategias de recuperación.

En primer lugar, elaboraremos algunos perfiles para categorizar los tipos de máquinas virtuales que podemos albergar en la organización.

Con la ayuda de estos perfiles, realizaremos un análisis de los principales riesgos de las tecnologías de virtualización y ofreceremos algunos consejos de como mitigarlos.

Tras esto, elaboraremos un cuadro de dependencias y estableceremos los criterios de distribución de las máquinas virtuales en la infraestructura de virtualización.

Finalmente, expondremos algunos casos de caídas de servidores o máquinas virtuales para ejemplificar la aplicación de los criterios definidos.

#### 3.4.1 DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

Estableceremos unos niveles de riesgo con el fin de cuantificar el riesgo asociado a un tipo de servicio, máquina virtual o entorno virtual existente en cualquier sistema o infraestructura de una empresa.

El nivel de riesgo lo obtendremos relacionando el impacto y la probabilidad de que ocurra un suceso que afecte a la continuidad de un servicio.

Entendemos por impacto, principalmente, el coste de una interrupción durante un tiempo definido. El coste podría ser monetario o temporal o cualquier otro tipo de coste que se crea oportuno. Por ejemplo, podríamos establecer que el impacto asociado a la interrupción de un servicio sea de 500€ por hora o en función del número de máquinas que se ven afectadas por un fallo.

Los niveles de impacto y de probabilidad deberán ser establecidos por cada empresa de acuerdo a sus propios criterios.

## Plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas

En nuestro caso, estableceremos tres niveles de impacto en función del número de máquinas virtuales afectadas por el fallo de una determinada máquina:

1. Impacto Alto: Diremos que el impacto es alto, si se ven afectadas más de 5 máquinas virtuales.
2. Impacto Medio: Consideraremos impacto medio, si se ven afectadas más de 2 máquinas virtuales.
3. Impacto Bajo: Una máquina tendrá un impacto bajo si solamente se ve afectada ella misma por un fallo.

En cuanto a las probabilidades establecidas, tendremos:

1. Probabilidad Alta: Diremos que un suceso tiene una probabilidad alta cuando se produce de media una vez al mes.
2. Probabilidad Media: Un suceso que se produzca de media una vez al año, será considerado como un suceso con una probabilidad media.
3. Probabilidad Baja: Cuando un suceso se produce una vez cada diez años o más de media, consideraremos que el suceso tiene una probabilidad baja.

Finalmente, elaboraremos una tabla con los niveles de riesgo:

	ALTO	RIESGO MEDIO	RIESGO CRÍTICO	RIESGO CRÍTICO
IMPACTO	MEDIO	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO CRÍTICO
	BAJO	RIESGO BAJO	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO
		BAJO	MEDIO	ALTO
				PROBABILIDAD

FIGURA 25: NIVELES DE RIESGO

A continuación enumeraremos las posibles posturas frente a un riesgo.

### 3.4.2 POSTURAS FRENTE AL RIESGO

En una situación ideal, toda empresa optaría por evitar los riesgos de que sucedan amenazas que afecten a la continuidad de sus servicios. En una situación real, muchas de estas amenazas no se pueden eludir y deben ser contempladas como amenazas reales. Es por ello que debemos elaborar una lista de posturas que adoptaremos frente a los riesgos que detectemos. Entre las distintas posturas podemos encontrar de mayor a menor efectividad:

## Plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas

1. **Evitar el riesgo:** La opción más favorable es la de evitar el riesgo. Esta postura no siempre se puede adoptar ya que existen amenazas que son ajenas a la organización. En otras ocasiones, evitar el riesgo supone un coste demasiado elevado para el servicio afectado.
2. **Transferir el riesgo:** Otra opción a tener en cuenta es la de subcontratar el servicio de forma que no tengamos que preocuparnos por los riesgos asociados a este. Esta opción es muy empleada por las empresas.
3. **Reducir el riesgo a niveles aceptables:** Cuando no podamos evitar ni transferir el riesgo, debemos reducirlo. Esta reducción provocará que tengamos menos probabilidad de vernos afectados por la avería o accidente y de esta forma, reduciremos el coste temporal y material que supone el aplicar las estrategias de recuperación.
4. **Aceptar el riesgo:** Cuando el impacto en el servicio sea bajo o cuando el coste de adoptar cualquier otra postura sea demasiado alto, optaremos por aceptar el riesgo y preparar las distintas estrategias de recuperación frente a este riesgo.

De acuerdo con todo lo anterior y ya establecidas y definidas las posturas que se pueden adoptar frente a un riesgo detectado, a continuación vamos a proceder con la elaboración de los perfiles de las posibles máquinas virtuales de una infraestructura.

### 3.4.3 ELABORACIÓN DE PERFILES

Cuando se implanta una infraestructura de virtualización en una empresa, la organización es uno de los aspectos más importantes. La administración de la infraestructura virtual puede convertirse en un verdadero caos si se descuidan aspectos como la organización y si no se dispone de la suficiente disciplina para cumplir con las reglas definidas.

La creación de perfiles de máquinas virtuales ayuda a analizar los riesgos asociados a la virtualización y a mitigarlos. Podemos definir los siguientes perfiles:

- **MV de Servidores de Base de Datos**

Este perfil está pensado para cualquier máquina virtual que aloje bases de datos. Aunque los requisitos de cada motor de base de datos pueden variar, en nuestro caso, podemos agruparlos todos juntos ya que, en líneas generales, tienen necesidades similares: alta utilización de la entrada-salida y elevadas necesidades de espacio en disco.

- **MV de Servidores de Aplicaciones J2EE**

En las empresas es muy común la utilización de este tipo de servidores para desplegar aplicaciones corporativas, al igual que ocurre con los servidores de bases de datos, existe gran variedad de servidores de aplicaciones compatibles con J2EE.

## Plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas

- **MV de Servicios de Infraestructuras**

Podemos agrupar los servicios comunes de cualquier infraestructura informática de una empresa en este perfil. Podemos asignar este perfil a servicios como los del DNS, DHCP, Active Directory o LDAP. A menudo, una pequeña o mediana empresa se ve obligada a disponer de estos servicios que en el fondo tienen una utilización de recursos muy baja, siempre que el número de usuarios sea reducido.

- **MV de Servidores WEB**

A diferencia de los servidores de aplicaciones, los servidores web no requieren una utilización de CPU tan elevada, por lo que pueden servir a un número de usuarios más elevado. Dentro de este perfil tendríamos los proxyweb y los proxyweb inversos.

- **MV de Servidores de Monitorización**

En esta categoría agruparemos los equipos destinados a la monitorización de otras máquinas virtuales y de la infraestructura.

- **MV de Propósito General**

Por último, crearemos un perfil para el resto de equipos virtuales con una baja utilización.

La creación de los perfiles es algo subjetivo y varía dependiendo de la empresa y de sus necesidades. Tras definir algunos de los posibles perfiles o categorías de máquinas virtuales, cuantificaremos el nivel de utilización de los recursos de las máquinas virtuales. Los tres aspectos a valorar son: uso de CPU, uso de red y uso de disco; para los cuales asignaremos el valor Alto, Medio o Bajo.

Nombre del perfil	Uso de CPU	Uso de Red	Uso de Disco
Bases de Datos	Medio	Alto	Alto
J2EE	Alto	Medio	Bajo
Infraestructura	Bajo	Bajo	Bajo
WEB	Medio	Alto	Bajo
Monitorización	Medio	Medio	Bajo
General	Bajo	Bajo	Bajo

TABLA 6: NIVELES DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS SEGÚN EL PERFIL

Una vez definidos los perfiles, pasaremos a analizar los riesgos asociados a las tecnologías de virtualización.

### 3.4.4 RIESGOS ASOCIADOS A LAS TECNOLOGÍAS DE VIRTUALIZACIÓN

Son muchas las ventajas que nos aporta la virtualización. A pesar de esto, muchas de las prácticas convencionales no pueden ser aplicadas de la misma manera en entornos virtualizados. El desconocimiento de la tecnología da lugar a malas prácticas que

Plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas

pueden desembocar en fallos del sistema, pérdida de información o aumento de los costes de mantenimiento.

Los riesgos más comunes de las tecnologías de virtualización son [18]:

1- La seguridad de los datos puede verse reducida e incluso eliminada.

Las medidas de seguridad aplicadas a los datos almacenados en un servidor físico no tienen por qué ser efectivas cuando las aplicamos al mismo servidor virtualizado. La incorporación de medidas de seguridad actualizadas a las nuevas tecnologías de virtualización es una práctica muy recomendable cuando realizamos migraciones o a la hora de diseñar nuevas aplicaciones.

Recomendación:

Las máquinas virtuales que tienden a almacenar información sensible y que requieren niveles de seguridad más elevados son las bases de datos. Siempre que optemos por consolidar estos equipos deberíamos seguir las siguientes pautas[19]:

- Almacenar el disco de datos en un sistema de almacenamiento externo, como por ejemplo, una cabina de discos SCSI.
- Establecer las medidas de control de acceso al sistema de almacenamiento externo.

En el caso de que el equipo físico se vea comprometido, los datos de mayor importancia estarán aislados en el dispositivo externo al que solamente tienen acceso las máquinas virtuales a las que les hayamos permitido el acceso.

2- Una situación comprometida de la capa de virtualización podría desembocar en la situación comprometida de todas sus máquinas virtuales alojadas en ella.

Las tecnologías de la virtualización necesitan incorporar una capa de software entre el hardware y las máquinas virtuales conocida como hipervisor. Tanto el equipo físico como el hipervisor son partes críticas del sistema ya que un fallo en la continuidad de cualquiera de ellos provocaría la caída inmediata de todos los entornos de ejecución de máquinas virtuales alojados en el equipo afectado.

Recomendación:

Podemos mitigar este riesgo de dos maneras:

- Establecer medidas de protección del servidor físico como por ejemplo, utilizar sistemas de alimentación ininterrumpida, tener fuentes de alimentación redundantes, disponer de discos en espejo...

## Plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas

- Identificar las máquinas virtuales de mayor importancia y mantenerlas replicadas en otros servidores físicos. Recordemos que el coste de replicar máquinas virtuales es muy reducido.

3- La opacidad de las comunicaciones entre máquinas virtuales alojadas en el mismo nodo resta efectividad a los posibles mecanismos de seguridad existentes en la red.

Debemos tener presente que las comunicaciones entre máquinas virtuales que están siendo gestionadas por el mismo hipervisor, nunca viajan por la interfaz física del equipo anfitrión. Por ello, cualquier mecanismo de seguridad como por ejemplo, un firewall o un proxy no podrán actuar sobre esa comunicación. Debemos tener en cuenta esta opacidad cuando diseñemos las medidas de seguridad de la red.

### Recomendación:

La forma más sencilla de evitar este riesgo es separar los servidores anfitriones en zonas. De esta forma, al asignar unas máquinas virtuales a una zona concreta jamás podrá coincidir con otra máquina que esté asignada a otra zona distinta.

4- Las máquinas virtuales con diferentes niveles de confianza pueden alojarse en el mismo servidor físico, sin el aislamiento suficiente.

En una infraestructura tradicional, los distintos equipos están aislados físicamente unos de otros y pueden ofrecer niveles de confianza distintos. Al virtualizar, si consolidamos estos equipos en el mismo servidor físico, estamos reduciendo el nivel de aislamiento de las máquinas.

### Recomendación:

Consolidar en el mismo servidor físico, equipos con un nivel de confianza similar.

5- Los controles de las tareas administrativas y de monitorización se pueden obviar con facilidad.

Cuando disponemos de una infraestructura de virtualización es muy fácil caer en la tentación de descuidar las tareas administrativas y de monitorización. La gran automatización de tareas que permite provocar la falsa sensación de que no es necesario estar pendiente de la infraestructura. Es muy recomendable mantener un programa de tareas de control y monitorización sobre la infraestructura para evitar problemas mayores.

### Recomendación:

Definir las tareas de control y asignarles el personal necesario para llevarlas a cabo. La realización de estas tareas debe apoyarse en software de monitorización a menudo proporcionado junto al software de virtualización.

## Plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas

6- Existe un potencial fracaso en la separación de responsabilidades tanto en los administradores de red como en los de sistemas en general.

A menudo se intenta separar, sin mucho éxito, las responsabilidades en cuanto a la seguridad de los equipos o los controles de acceso. En un entorno virtualizado existe un alto riesgo de cometer errores al realizar esta separación por lo que un administrador podría tener acceso a lugares que no debería.

### Recomendación:

Es muy importante realizar un análisis previo del sistema y separar correctamente las responsabilidades de cada uno de los administradores del sistema. En general, el software de virtualización permite la asignación de roles y permisos de seguridad sobre la capa de virtualización para ayudar a evitar este riesgo.

Además de las recomendaciones aportadas con el fin de evitar estos riesgos u otros que puedan surgir, la organización de las máquinas virtuales en la infraestructura juega un papel muy importante a la hora de mantener la seguridad, rendimiento y escalabilidad del sistema.

A continuación estableceremos algunos de los criterios de distribución de máquinas virtuales.

### 3.5 CRITERIOS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS MÁQUINAS VIRTUALES

Una vez definidos los niveles de utilización de recursos de cada perfil, analizaremos las posibles dependencias que pueden haber entre ellas y relacionaremos cada perfil con un nivel de impacto tal y como lo definimos en el apartado anterior:

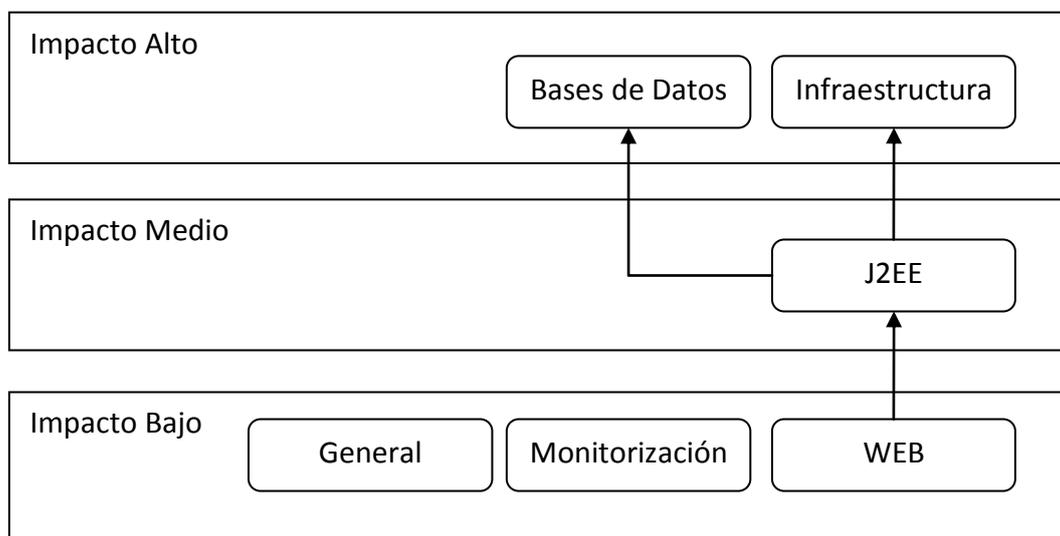


FIGURA 26: NIVELES DE IMPACTO Y DEPENDENCIAS

Tras haber definido los perfiles y disponer de información suficiente sobre las posibles dependencias, grado de utilización de los recursos hardware y haber valorado el grado de impacto que tendría un posible fallo sobre nuestros sistemas, vamos a utilizar los perfiles y su clasificación por niveles de impacto para establecer los criterios que emplearemos para distribuir las máquinas virtuales por la infraestructura.

La definición de criterios debe adaptarse a las necesidades de la empresa. En nuestro plan de continuidad utilizaremos criterios que afecten al rendimiento y a la seguridad frente a caídas de alguno de los nodos de trabajo.

A continuación, plantearemos una lista numerada de los perfiles definidos y ordenada por prioridad. Las máquinas de perfiles con un número menor tendrán prioridad sobre las de un número mayor a la hora de utilizar los recursos de la infraestructura:

1. Perfil de Bases de datos:
  - a. Las ubicaremos en el nodo con menor número de máquinas con perfil de Bases de Datos debido a que el uso de disco y red es alto.
  - b. A igualdad de número de máquinas, desplegaremos en el nodo que disponga de mayor espacio en disco, puesto que son máquinas que tienden a ocupar bastante espacio.

## Plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas

- c. Garantizaremos que el nodo dispone de 3/4 de la memoria total asignada a la máquina virtual.
  - d. Si es posible, crearemos una réplica pasiva en otro nodo.
2. Perfil de Infraestructura:
    - a. Al ser máquinas de las que dependen el resto, las ubicaremos en los nodos que menor número de máquinas del perfil de Infraestructuras tenga. Esto aumentará la tolerancia frente a caídas de alguno de los nodos.
    - b. Garantizaremos que el nodo reserve 3/4 de la memoria total asignada a la máquina virtual.
    - c. Si es posible crearemos una réplica
  3. Perfil de J2EE:
    - a. Al ser máquinas con un uso alto de CPU, las ubicaremos en los nodos con menor consumo de CPU.
    - b. Garantizaremos que el nodo reserve 1/2 de la memoria total asignada a la máquina virtual.
  4. Perfil WEB:
    - a. Los servidores web y proxys suelen entrañar un nivel de riesgo más elevado debido a que suelen estar accesibles desde el exterior. De ser posible, asignaremos un nodo para equipos de baja confianza y concentraremos estas máquinas en el mismo nodo.
  5. Perfil Monitorización:
    - a. No tenemos ningún criterio especial para distribuir estas máquinas, simplemente intentaremos desplegarlas en nodos con un nivel de carga bajo.
  6. Perfil General:
    - a. No tenemos ningún criterio especial para distribuir estas máquinas, simplemente intentaremos desplegarlas en nodos con un nivel de carga bajo.

En resumen, la definición de los criterios de distribución de las máquinas virtuales, nos ayuda a mantener la infraestructura ordenada y garantizan que las máquinas más importantes dispongan de los recursos necesarios para ofrecer un buen rendimiento. Además, se obtienen unas tasas de utilización elevadas de los nodos de trabajo y se garantiza la continuidad de los servicios ya que disponemos de un plan en caso de fallos.

En el próximo capítulo, se aplicarán las políticas aquí definidas para el caso particular de una empresa.

## Capítulo 4

# MIGRACIÓN REAL HACIA UNA INFRAESTRUCTURA VIRTUALIZADA

---



## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo expondremos el caso real de una empresa en la que se utilizaron las tecnologías de virtualización existentes en el mercado para reestructurar su infraestructura informática convencional.

Esta empresa fue fundada en 1999 y es una empresa del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones ubicada en Valencia, y especializada en el análisis, diseño, desarrollo e implantación de sistemas de información a medida.

En sus inicios, esta empresa no disponía de una infraestructura informática centralizada hasta que alcanzó un volumen de negocio suficientemente grande como para adquirir equipos de servidor dedicados.

Durante uno de los periodos de crecimiento de la empresa, se optó por invertir en una infraestructura que permitiera ofrecer servicios comunes de forma continuada y sin alterar el funcionamiento normal de la empresa.

Esta infraestructura sufrió varias ampliaciones de equipos de servidor hasta que se planteó la posibilidad de utilizar las tecnologías de virtualización, las cuales permitirían adaptarla al modelo de trabajo actual de la empresa.

En primer lugar, hablaremos del estado inicial de la infraestructura de la empresa en donde se comentarán los distintos episodios por los que ha evolucionado la infraestructura antes de su reestructuración y se enumerarán las distintas ampliaciones. Además, se explicará cual es el modelo de utilización de la infraestructura que realiza la empresa en función de su forma de trabajar, así como de los problemas más comunes que presenta.

Seguidamente, se detallará el análisis llevado a cabo por la empresa para la elección de uno de los productos existentes en el mercado para proporcionar una infraestructura virtualizada.

Por último, se expondrá el diseño utilizado para distribuir las máquinas virtuales en la infraestructura y una futura solución que mejore la anterior.

Migración real hacia una infraestructura virtualizada

## 4.2 ESTADO PREVIO DEL SISTEMA

La infraestructura informática de la que partimos es el resultado de varios años de trabajo en el sector del desarrollo de software. En un principio, no había servidores dedicados ya que la empresa era pequeña y en sus oficinas había unos 10 empleados aproximadamente. A menudo, las propias estaciones de trabajo hacían a su vez de servidores de pruebas.

Conforme la empresa iba creciendo, una infraestructura informática más centralizada se hacía más necesaria. Para ello, se optó por adquirir dos servidores en formato rack y se habilitó una sala donde se instalarían los servidores en un armario rack.

Una vez tenemos montada la infraestructura con los dos servidores, un sistema de alimentación ininterrumpida y ampliada la red, la rápida expansión de la empresa hizo que fuera necesario ampliar de nuevo el sistema e incluir dos nuevos servidores.

Cuando se requirió más capacidad se compraron 2 servidores más. La infraestructura pronto se quedaba pequeña y se realizó una última ampliación con la compra de un servidor más.

En total disponíamos de 5 servidores, los cuales detallaremos a continuación.

### 4.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS RECURSOS HARDWARE

En la primera ampliación, se adquirieron dos servidores en formato rack los cuales de llamaron NDONALD y NCOYOTE debido a que iban a reemplazar a dos viejos servidores llamados DONALD y COYOTE.

#### Servidor NDONALD

Modelo	Supermicro 5015-PTR
Procesador	Intel Pentium 4 640 3.2 GHz
Memoria	2x 1GB ECC DDR2 667 SDRAM Unbuffered
Disco	2x 250GB SATA II 7200RPM
Red	2x Intel PRO 1000 PT (1Gb/s)
Otros	Fuente de alimentación redundante

TABLA 7: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVIDOR NDONALD

#### Servidor NCOYOTE

Modelo	Supermicro 5015-PTR
Procesador	Intel Pentium 4 640 3.2 GHz
Memoria	2x 1GB ECC DDR2 667 SDRAM Unbuffered
Disco	2x 250GB SATA II 7200RPM 4x 320GB SATA II 7200RPM
Red	2x Intel PRO 1000 PT (1Gb/s)
Otros	Fuente de alimentación redundante

TABLA 8: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVIDOR NCOYOTE

Migración real hacia una infraestructura virtualizada

En la segunda ampliación, se compraron 2 servidores con el doble de memoria.

Servidor PINKY

Modelo	Fujitsu RX-300S3
Procesador	Quad-Core Intel Xeon E5310 (1.6Ghz)
Memoria	2x 2GB ECC DDR2 SDRAM Fully Buffered (PC2-5300F)
Disco	2x 146,8GB SAS 15000RPM
Red	2x Intel PRO 1000 PT (1Gb/s)
Otros	Fuente de alimentación redundante

TABLA 9: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVIDOR PINKY.

Servidor CEREBRO

Modelo	Fujitsu RX-300S3
Procesador	Quad-Core Intel Xeon E5310 (1.6Ghz)
Memoria	2x 2GB ECC DDR2 SDRAM Fully Buffered (PC2-5300F)
Disco	2x 146,8GB SAS 15000RPM
Red	2x Intel PRO 1000 PT (1Gb/s)
Otros	Fuente de alimentación redundante

TABLA 10: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVIDOR CEREBRO

Por último, en la tercera ampliación se compró un servidor más.

Servidor BOWSER

Modelo	Fujitsu RX-200S4
Procesador	1x Quad-Core Intel Xeon E5405 2GHz
Memoria	2x 2GB ECC DDR2 667 SDRAM Unbuffered
Disco	2x 500GB SATA II 7200RPM
Red	2x Intel PRO 1000 PT (1Gb/s)
Otros	Fuente de alimentación redundante

TABLA 11: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVIDOR BOWSER

Migración real hacia una infraestructura virtualizada

### 4.3 CONFIGURACIÓN SOFTWARE Y SERVICIOS

El software instalado en los equipos está muy condicionado por el orden en el que se adquirieron los equipos, por ello vamos a ir comentando la configuración de los equipos según las ampliaciones realizadas.

Como servidores de servicios principales tenemos a NCOYOTE y NDONALD. Estos dos servidores son los más antiguos y contienen los servicios principales para el funcionamiento de la infraestructura. Para poder implantar una infraestructura centralizada en la empresa, se requerían los siguientes servicios mínimos:

- Servicios de directorio.
- Servicios de almacenamiento de ficheros.
- Servicios de bases de datos de ORACLE.
- Servicios de gestión de la empresa.

Una vez identificados los servicios necesarios, se optó por instalar un sistema operativo Windows 2003 Server R2 en NCOYOTE y un Windows XP en NDONALD.

En el servidor NCOYOTE se instalaron el servicio de Active Directory y los servicios de almacenamiento de ficheros. En el primero se incluían un servicio de DNS y otro de DHCP con los que se completaba la infraestructura básica. Además se instalaron los servicios de Contaplus, el software utilizado por la empresa para la gestión contable, y el servicio de Microlab, otro software utilizado para la realización de nóminas y otras actividades de gestión.

En el servidor NDONALD se instalaron los servicios de bases de datos de Oracle entre los que tenemos un Oracle Database 8i y la Oracle Database 9i. Además se completó la instalación con un servidor de aplicaciones OC4J para poder desplegar aplicaciones y realizar pruebas.

Esta infraestructura proporcionaba servicios comunes a prácticamente todos los proyectos realizados en la empresa. Cuando un proyecto necesitaba otros servicios, se recurría nuevamente a instalaciones en las estaciones de trabajo de los desarrolladores.

La segunda ampliación tuvo lugar cuando el volumen de proyectos aumentó. A pesar de disponer de recursos dedicados, la variabilidad de los servicios demandados provocó que los desarrolladores emplearan demasiado sus estaciones de trabajo como servidores, degradando considerablemente el rendimiento de éstos.

Al adquirir los servidores PINKY y CEREBRO, se identificaron los siguientes servicios como los más utilizados en ese momento por los proyectos del momento:

- Servicios de servidor de aplicaciones J2EE en distintas versiones.

Migración real hacia una infraestructura virtualizada

- Servicios de base de datos ORACLE 10g.
- Servicios de base de datos MySQL.

En el servidor PINKY, se instaló el sistema operativo Windows 2003 Server R2 y se decidió utilizar como controlador de dominio secundario. Además se instaló un Oracle Database Server 10g y un servidor de aplicaciones Oracle Application Server 10g.

En el servidor CEREBRO, se optó por instalar el sistema operativo Suse Linux Enterprise 9 para disponer de un servidor Linux en la infraestructura. En él se instalaron un servidor de aplicaciones JBOSS 4.3 un Oracle Application Server 9i y un Oracle Application Server 8i.

Por último, se proporcionó acceso a los desarrolladores para que instalaran otros servicios que necesitaran según los requisitos de sus proyectos, ya que disponían de un servidor Windows y otro en Linux.

La última ampliación se realizó debido a las demandas de un proyecto basado en la aplicación Sakai. Este proyecto necesitaba un entorno completo dedicado y por ello se optó por adquirir un nuevo servidor llamado BOWSER.

En el servidor BOWSER se instaló un Linux Centos 5. Para poder crear un entorno de desarrollo de Sakai se instaló un servidor Apache HTTP, un servidor de aplicaciones Tomcat y un Oracle Database Server 10g.

#### 4.3.1 MODELO DE UTILIZACIÓN DEL SISTEMA

Tras exponer los distintos servicios empleados en la empresa, alcanzamos un punto en el que debemos analizar el modelo de utilización.

Los servicios básicos de la infraestructura, como son los servicios de directorio o los servicios de almacenamiento de ficheros, mantienen una carga constante, ya que son empleados por toda la empresa. Si el número de empleados crece, su carga crece en una proporción similar. Es muy importante mantener el rendimiento de estos servicios o de otro modo la actividad de la empresa puede verse ralentizada o frenada. Estos servicios mantienen una utilización puntual y aleatoria por lo que deben estar siempre disponibles.

Algunos servicios como los de bases de datos son muy utilizados por los desarrolladores. Actualmente, todas las aplicaciones que se desarrollan en la empresa requieren el acceso a una base de datos por lo que este servicio es muy necesario. Su utilización varía dependiendo del proyecto, pero una característica común de todos ellos es que, al estar en una fase de desarrollo, se realiza un uso puntual y aleatorio ya que las aplicaciones no están siempre arrancadas. Además es necesario que las bases de datos estén siempre disponibles.

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

Otros servicios como los que proporcionan los servidores de aplicaciones añaden una mayor problemática. A menudo, en el desarrollo de los proyectos, se necesitan diferentes versiones de un mismo servicio. En el caso de los servidores de aplicaciones, esto es muy común y además la naturaleza de este servicio provoca conflictos entre ellos cuando se instalan en la misma máquina. Estos conflictos se pueden solventar pero aumentan los costes de mantenimiento. Nuevamente se realiza un uso puntual y aleatorio del servicio, solamente cuando se prueban aplicaciones o se despliegan en un entorno de preproducción.

### 4.3.2 PROBLEMAS CONOCIDOS

Como hemos comentado anteriormente, se realiza un uso puntual y aleatorio de la infraestructura. Esto mantiene una infrautilización de los equipos en cuanto al uso de CPU. Por otra parte, el creciente número de proyectos provoca una alta utilización de memoria y disco, debido a los numerosos servicios utilizados.

En cuanto al rendimiento de los sistemas, tenemos los siguientes problemas:

- Infrautilización de los recursos hardware.  
Los servidores se pasan la mayor parte del tiempo esperando a ser utilizados.
- Fallos en las aplicaciones debido al consumo elevado de memoria.  
El gran número de servicios necesarios consume la memoria de los servidores aunque este no esté siendo utilizado.
- Fragmentación del espacio de almacenamiento en los servidores.  
No se dispone de un espacio de almacenamiento común por lo que a menudo, algunos servidores se quedan sin espacio en disco mientras que otros disponen de mucho espacio libre.

En cuanto a la seguridad de los sistemas, tenemos los siguientes problemas:

- Se permite el acceso a los servidores a los desarrolladores.  
Al principio se permitió el acceso a los desarrolladores para que pudieran instalar los servicios necesarios para sus proyectos. Esto provoca problemas de seguridad y aumenta el mantenimiento de los servidores ya que no se puede garantizar la correcta utilización de los mismos.
- Conflictos de configuración en los servicios.  
Al coexistir diferentes servicios en un mismo equipo, a menudo surgen problemas como puertos bloqueados, sobreescrituras de ficheros, problemas de permisos, etc.

Conforme se desarrolla la actividad de la empresa, los problemas provocan fallos más frecuentemente, hasta el punto de que es necesaria realizar otra ampliación de la infraestructura.

Migración real hacia una infraestructura virtualizada

#### 4.4 DECISIÓN DE IMPLANTAR UNA INFRAESTRUCTURA VIRTUALIZADA

La empresa se encuentra en un periodo de expansión, aparecen nuevos proyectos de demanda de nuevos servicios y la infraestructura no puede atender a las nuevas demandas. En este punto, se plantea la opción de adquirir nuevas máquinas.

Si analizamos la evolución de la infraestructura, la ampliación mediante la incorporación de más máquinas no solventa el problemas que hemos enumerado anteriormente.

En cuanto al coste, podemos decir que cada servidor tiene un precio aproximado de unos 2000 euros. Por lo que tras las 3 ampliaciones hemos invertido un total de unos 10000 euros aproximadamente. Para la siguiente ampliación necesitaríamos unos 2 servidores lo cual nos incrementaría la inversión en 4000 euros.

El coste elevado y los problemas comentados anteriormente, nos hacen plantearnos la posibilidad de reestructurar la infraestructura utilizando tecnologías de virtualización.

##### 4.4.1 USO DE PROVEEDORES EXTERNOS

Antes de abordar la elección de un software con el que implementar una infraestructura de virtualización propia, conviene que observemos las posibles soluciones utilizando proveedores externos.

Comúnmente, los proveedores de infraestructuras de virtualización, utilizan el método de tarificación de pago por utilización. Esto quiere decir que una empresa pagará solamente por el tiempo y los recursos que consuma.

La primera opción que valoramos es la del proveedor español Arsys. Arsys es una empresa proveedora de servicios de internet que ofrece a todo tipo de clientes servicios de internet (hosting, dominios, servidores dedicados, conectividad, etc.). Tiene su sede en la ciudad española de Logroño [20]. Arsys tiene un número considerable de acreditaciones, es registrador acreditado por ICANN para dominios genéricos, agente registrador de red.es para el registro de dominios .es, así como de dominios .eu, .cat, .mobi, .tel, .fr, .pt, .be y .ws. Asimismo es Premier Level Business Partner de IBM, Microsoft Gold Partner de Microsoft y cuenta con la Certificación de Seguridad ISO 27001:2005, el Certificado de calidad UNE-EN ISO 9001:2000 y la Certificación AENOR.[21]

Arsys ofrece la solución CloudBuilder que permite desplegar infraestructuras virtuales de hardware y software en una plataforma Cloud. Para ello, el cliente puede contratar dos tipos de servidor virtual, el Estándar y el Premium.

A continuación se muestra una tabla con las posibles configuraciones y los costes asociados a cada tipo de servidor virtual[22]:

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

	ESTÁNDAR	PREMIUM
Configuración mínimas	1 vCPU 0,5 GB RAM 50 GB Disco	1 vCPU 0,5 GB RAM 50 GB Disco
Configuración máxima	4 vCPU 8 GB RAM 500 GB Disco	8 vCPU 128 GB RAM 2000 GB Disco
Coste del servidor	2 céntimos/hora	5 céntimos/hora
Coste por vCPU	2 céntimos/hora	2 céntimos/hora
Coste por 1 GB de RAM	2 céntimos/hora	2 céntimos/hora
Coste por 50 GB de Disco	2 céntimos/hora	2 céntimos/hora

TABLA 12: CONFIGURACIONES Y PRECIOS DE CLOUDBUILDER

Según la tabla, el coste mínimo del servicio sería de 7 céntimos/hora. Esta tabla de costes muestra los precios básicos y pueden estar sujetos a cambios y aplicaciones de ofertas, paquetes u otras promociones.

Como segunda opción, analizaremos la oferta que proporciona el gigante estadounidense de comercio electrónico y servicios de Cloud computing. En 2006, Amazon Web Services (AWS) comenzó a proporcionar servicios de infraestructura TI para empresas en forma de servicios web, más conocido hoy como informática en nube.[23]

Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) es un servicio web que proporciona capacidad informática con tamaño modificable en la nube. Está diseñado para facilitar a los desarrolladores recursos informáticos escalables basados en Web.[24]

Amazon EC2 proporciona una gran variedad de opciones con diez tipos de instancia de máquina virtual diferentes, cada uno de ellos con una o varias opciones de tamaño, organizados en seis familias de instancias diferentes optimizadas para diferentes tipos de aplicación. A continuación enumeraremos los tipos de instancia [25] que más nos pueden interesar:

Tipo	vCPU	Memoria (GiB)	Disco (GB)
t1.micro *	1	0,615	Solo EBS **
m1.small	1	1,7	1 x 160
m1.medium	1	3,75	1 x 410
m1.large	2	7,5	2 x 420
m1.xlarge	4	15	4 x 420

TABLA 13: TIPOS DE INSTANCIAS DE AMAZON EC2

\* Las microinstancias están diseñadas para proporcionar capacidad de cómputo durante pequeñas ráfagas. Comúnmente son desplegadas dinámicamente para atender picos de carga en las aplicaciones.

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

\*\* Las siglas EBS se refieren al servicio Amazon Elastic Block Storage. Este servicio proporciona dispositivos de bloques a las instancias que se ejecutan en Amazon EC2. Estos dispositivos pueden ser compartidos por varias instancias al mismo tiempo.

A continuación veremos los costes del servicio bajo demanda asociados a cada tipo de instancia [26]:

Tipo de instancia	Coste con Linux	Coste con Windows
t1.micro	\$0,020/hora	\$0,035/hora
m1.small	\$0,065/hora	\$0,091/hora
m1.medium	\$0,130/hora	\$0,182/hora
m1.large	\$0,260/hora	\$0,364/hora
m1.xlarge	\$0,520/hora	\$0,728/hora

TABLA 14: COSTE DEL SERVICIO BAJO DEMANDA DE AMAZON EC2

A demás de los costes asociados a cada tipo de instancia, en Amazon EC2 existen costes asociados al almacenamiento persistente de Amazon EBS, costes por transferencia y otros costes asociados a otros servicios que podemos o no demandar.

Tras exponer, a grandes rasgos, dos posibles opciones de proveedores de servicios Cloud, comentaremos las posibles aplicaciones para la empresa.

Como hemos mencionado en el inicio del capítulo, la empresa se dedica principalmente a realizar desarrollos software a medida para sus clientes. Orientando el diseño de la infraestructura hacia este sentido, podemos visualizar dos posibles escenarios en los que podríamos contratar los servicios bajo demanda de proveedores externos:

### 1- Externalización parcial de la infraestructura

El primer escenario viable sería la Externalización, principalmente de los servidores de preproducción de los proyectos. En este caso, podríamos aprovechar la capacidad de solicitar instancias bajo demanda que nos proporcionan los proveedores para implantar el entorno de preproducción de un proyecto.

Este escenario nos presenta grandes ventajas ya que solamente pagaremos por el tiempo en el que el cliente y la empresa realizan las pruebas de la aplicación desarrollada. Además, proporcionaríamos un servicio de mejor calidad ya que las infraestructuras de los proveedores de servicios Cloud están mejor acondicionadas que las de una pyme.

### 2- Replicación parcial de la infraestructura

Otro escenario posible sería el de replicar algunos de los servidores de la empresa con el fin de aumentar la seguridad y la disponibilidad de estos. A diferencia del escenario

Migración real hacia una infraestructura virtualizada

anterior, en este existirá un coste mínimo permanente, que se verá incrementado si finalmente hacemos uso de la máquina replicada.

Aunque no lleguemos a utilizar el servidor replicado nunca, los proveedores externos de servicios de Cloud suelen aplicar una tarifa por el uso del almacenamiento permanente en el que debemos almacenar la instancia. Además, la replicación de un servidor implica mantener su estado actualizado de forma que también pueden aplicarse costes asociados a transferencias de grandes volúmenes de datos.

Finalmente, la replicación de una instancia también aumenta los costes de mantenimiento del servidor.

#### 4.4.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE VIRTUALIZACIÓN

Existen numerosas marcas y productos para implantar las tecnologías de virtualización en una empresa. De entre las distintas opciones, se nos solicitó realizar una valoración de los productos de VMware y de Microsoft.

En cuanto al uso de proveedores externos, se descarto su uso. Aunque la opción de la externalización parcial fue valorada positivamente, muy a menudo es el propio cliente el que proporciona los entornos de preproducción para sus proyectos.

Otras opciones como Xen fueron descartadas por diversos motivos. Las razones fueron que había un mayor desconocimiento sobre este software y posiblemente los costes de ponerlo en práctica fueran mayores. Además, la ampliación de la infraestructura requería implantar una solución en el menor tiempo posible.

Los productos más interesantes de VMware para las necesidades de la empresa son:

- VMware vSphere.
- VMware Center Server.
- VMware Workstation.

En el caso de Microsoft los productos son:

- Microsoft Hyper-V.
- Windows VirtualPC.

Una vez hemos recopilado los productos que pueden interesarnos para la empresa, los comparamos para ver los pros y los contras. En primer lugar analizaremos la opción de VMware.

El software VMware vSphere es principalmente un hipervisor tipo 1 monolítico. Se instala directamente sobre el hardware y permite crear múltiples máquinas virtuales con un grado de aislamiento muy elevado. El hipervisor hace las funciones de sistema

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

operativo basado en Linux y gestiona el acceso a los recursos hardware que realizan las máquinas virtuales.

Este software incorpora una aplicación para que los administradores puedan gestionar la infraestructura virtual desde sus estaciones de trabajo de una forma cómoda y sencilla.

Una de las principales ventajas de este software es que ofrece un mejor aprovechamiento de los recursos hardware ya que no existen capas intermedias entre él y el hardware. Sin embargo, uno de los grandes inconvenientes es que necesita un hardware compatible para poder ejecutarse. Actualmente, sólo 3 de los 5 servidores de los que disponemos, son totalmente compatibles con este software.

Por otra parte, tenemos el software Microsoft Hyper-V. Este software es un hipervisor de tipo 1 con estructura de microkernel. Va incorporado en el núcleo de algunas versiones del sistema operativo Windows 2008 Server. Mediante este software podemos crear múltiples máquinas virtuales con un buen grado de aislamiento entre ellas.

Aunque el hipervisor está integrado en el núcleo del sistema operativo, no deja de ser un componente añadido. Por ejemplo, podemos utilizar el servidor para realizar las funciones de un servidor de ficheros o un controlador de dominio y, además, tener múltiples máquinas virtuales ejecutándose en él. Aunque, el rendimiento que ofrece es mucho menor, esto no tiene por qué ser una desventaja, ya que nos ofrece flexibilidad y libertad para conseguir un mayor aprovechamiento de nuestros recursos hardware.

El software de Microsoft incorpora una consola de gestión en el propio sistema operativo. Para utilizarla debemos conectarnos a la máquina física o utilizar una interfaz web que requiere la instalación del servidor IIS.

De entre sus principales ventajas podemos mencionar su amplia compatibilidad con el hardware existente. Microsoft Hyper-V puede ser instalado en casi todas las máquinas en las que se puede instalar Windows 2008 Server, con la única condición de que los procesadores deben soportar las instrucciones de virtualización.

Por contra, una de las principales deficiencias, es la baja capacidad para virtualizar equipos en los que se vaya a instalar un sistema operativo diferente de Windows.

Sistemas Operativos Soportados (Linux) en Hyper-V en Windows Server 2008 R2	Ediciones	Número de procesadores
CentOS 6.0-6.3	x86 y x64	1, 2, 3 o 4
CentOS 5.5-5.8	x86 y x64	1, 2, 3 o 4
Red Hat Enterprise Linux 6.0-6.3	x86 y x64	1, 2, 3 o 4
Red Hat Enterprise Linux 5.5-5.8	x86 y x64	1, 2, 3 o 4
SUSE Linux Enterprise Server 11 con SP1 o SP2	x86 y x64	1, 2, 3 o 4
SUSE Linux Enterprise Server 10 con S4	x86 y x64	1, 2, 3 o 4

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

TABLA 15: SISTEMAS OPERATIVOS LINUX SOPORTADOS EN HYPER-V

En cuanto al resto del software tenemos que tanto el VMware Workstation como el Virtual PC son hipervisores de tipo 2, es decir, son aplicaciones que necesitan ser instaladas sobre un sistema operativo previamente configurado en un equipo. La elección de este software estará marcada por la realizada en el primer grupo de hipervisores. Estos serán los que marquen la dirección a tomar en el diseño de la infraestructura.

Producto	Ventajas	Desventajas
VMware vSphere	Proporciona un mejor rendimiento y dispone de buenas técnicas de aprovechamiento de memoria	Solamente es compatible con 3 de los 5 servidores de los que disponemos.
Microsoft Hyper-V	Ofrece una total compatibilidad con los servidores de los que disponemos. Es un entorno Windows, bien conocido por todos los usuarios.	Tiene una baja compatibilidad con los sistemas operativos Linux, muy utilizados por los proyectos actuales de la empresa.

TABLA 16: RESUMEN DE LAS VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SOFTWARE DE VIRTUALIZACIÓN

Antes de tomar una decisión sobre el software de virtualización a emplear, debemos echar un vistazo al coste y licenciamiento de los mismos.

En cuanto al software VMware vSphere 4 podemos ver los paquetes y sus respectivos componentes en la siguiente imagen:



## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

vSphere Essentials Plus	3 licencias de servidor Hipervisor VMware ESX VMware Consolidated Backup Tecnología VMware HA (Alta disponibilidad) Tecnología VMware Data Recovery VMware vCenter Server Foundation
-------------------------	---

TABLA 17: EDICIONES DE VMWARE VSPHERE PARA PEQUEÑAS EMPRESAS

En cuanto al software de Microsoft Hyper-V, el coste de licenciamiento es nulo y solamente está disponible en algunas de las versiones de Windows Server 2008. Sin embargo, para poder utilizar el sistema operativo Microsoft Windows 2008 Server necesitamos disponer de una licencia válida. Además, el número de máquinas virtuales que podemos ejecutar simultáneamente en el hipervisor Hyper-V está limitada por el tipo de versión del sistema operativo.

Versión	Número de máquinas virtuales	Coste
Standard	1 Física (sin aplicaciones) + 1 Virtual.	\$1029 (con 5 CALs)
Enterprise	1 Física + 4 Virtuales	\$3919 (con 25 CALs)
Datacenter	Ilimitadas licencias virtuales	\$2999 (sin CALs)

TABLA 18: LICENCIAMIENTO Y COSTE DE WINDOWS SERVER 2008 R2

Tras analizar las distintas opciones, podemos tomar una decisión sobre el producto que debemos adquirir.

### 4.4.3 CONCLUSIONES DE LA SELECCIÓN

En primer lugar, repasando los pros y los contras de cada producto tenemos que ambos nos imponen alguna limitación. En el caso de VMware, solamente podemos aprovechar 3 de los 5 servidores disponibles. Concretamente, los nuevos servidores Fujitsu que se adquirieron en la segunda y tercera ampliación son los que cumplen todas las características solicitadas por el software de VMware. Además, el número de servidores máximos para los que está diseñada la edición "Essentials" para pequeñas y medianas empresas es casualmente de tres.

De elegir la opción de VMware, deberíamos adquirir la edición VMware vSphere Essentials con un precio de \$995 y buscar una nueva función para los servidores viejos o desecharlos.

En segundo lugar, la opción de Microsoft Hyper-V nos limita en cuanto a la elección de las distribuciones de los sistemas operativos Linux. Aunque esta limitación podría asumirse, el coste de este software es demasiado elevado.

De elegir la opción de Microsoft, deberíamos adquirir, en el mejor de los casos, 5 licencias de Microsoft Windows Server 2008 R2 Standard, siempre y cuando no empleemos más de 1 máquina virtual con Microsoft Windows Server 2008 R2 como sistema operativo huésped. El coste mínimo sería de \$5145 más las CALs extras necesarias.

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

Una vez realizado el análisis en los párrafos anteriores, podemos decir que la opción seleccionada fue la de VMware ya que el coste era mucho menor y una vez instalados los hipervisores, proporciona una infraestructura más homogénea y transparente para el resto de usuarios, en la que el administrador se encargue de crear las máquinas virtuales necesarias y los usuarios las empleen como si de máquinas físicas se tratase.

Migración real hacia una infraestructura virtualizada

#### 4.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS EN LA NUEVA INFRAESTRUCTURA VIRTUALIZADA

Una vez adquirido el software de virtualización, el número de equipos en los que se podía instalar el hipervisor VMware ESX estaba limitada a tres. Además, solamente existen tres equipos que cumplen los requisitos del software, por lo que serán estos los que acaben siendo elegidos para realizar la función de nodos de trabajo.

Los otros dos equipos restantes, pueden ser aprovechados para otras funciones. En primer lugar podemos dedicar el equipo NCOYOTE, el cual dispone de un buen espacio de almacenamiento, para ofrecer el servicio de controlador de dominio y para ser el servidor de ficheros.

En segundo lugar, al haber adquirido la edición vSphere Essentials, disponemos de una licencia para instalar el software VMware vCenter Server que nos permitirá administrar de forma centralizada los 3 nodos de trabajo.

Equipo	Sistema operativo	Rol
NCOYOTE	Windows Server 2008 R2	Controlador de dominio Servidor de ficheros
NDONALD	Windows Server 2008 R2	VMware vCenter Server
CEREBRO	VMware ESX 4.1	Hipervisor
PINKY	VMware ESX 4.1	Hipervisor
BOWSER	VMware ESX 4.1	Hipervisor

TABLA 19: ROLES DE LOS SERVIDORES FÍSICOS EN LA INFRAESTRUCTURA VIRTUALIZADA

Tras el montaje de la nueva infraestructura virtualizada, debemos iniciar la instalación de nuevas máquinas virtuales que ofrezcan los servicios que necesita la empresa.

Antes de comentar las soluciones adoptadas para realizar la distribución de las máquinas virtuales, debemos enumerar los distintos servicios y asignarles los perfiles tal y como definimos en el capítulo anterior:

Servicio	Perfil	Sistema Operativo	Memoria	Disco
Oracle Database 10g R2	Bases de Datos	CentOS 5	4GB	100GB
Oracle Database 11g	Bases de Datos	CentOS 5	2GB	50GB
Oracle Database 10g R2 UTF8	Bases de Datos	CentOS 5	2GB	50GB
Oracle Database 9i	Bases de Datos	CentOS 4	2GB	50GB
Apache HTTP Server (Reverse Proxy)	WEB	Ubuntu 10	1GB	10GB
Apache Tomcat 5.5	J2EE	Ubuntu 10	1GB	10GB
Apache Tomcat 6	J2EE	Ubuntu 10	4GB	10GB
Apache Tomcat 7	J2EE	Ubuntu 10	1GB	10GB
Jboss AS 4.3	J2EE	Centos 5	2GB	20GB
Jboss AS 6.1	J2EE	Centos 5	2GB	20GB
OC4J 10g	J2EE	Centos 5	4GB	20GB
Oracle AS 10g	J2EE	Centos 5	4GB	20GB
Servicio MicroLab	General	Windows XP	2GB	20GB
Servicio WinSuite	General	Windows XP	2GB	20GB

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

Servidor Nagios	Monitorización	Ubuntu 10	2GB	10GB
Servidor SVN	Infraestructuras	Ubuntu 10	2GB	50GB
Oracle Enterprise Manager Server	Monitorización	Centos 5	4GB	20GB

TABLA 20: PERFILES DE SERVICIOS VIRTUALIZADOS

Utilizando como guía estos perfiles, podemos aproximar los requisitos de memoria total del sistema. Sumando los perfiles, tenemos que la memoria mínima necesaria es de 41 GB. En estos momentos, cada uno de los nodos de trabajo dispone de 4Gb de memoria por lo que necesitamos realizar una ampliación de memoria en todos los nodos.

Nodo	Memoria	Ampliación	Nº Discos	Tamaño	Espacio Total
CEREBRO	4GB	12GB	4	146GB	438GB RAID5
PINKY	4GB	12GB	4	146GB	438GB RAID5
BOWSER	4GB	12GB	2	500GB	500GB RAID1

TABLA 21: RECURSOS HARDWARE DISPONIBLES

### 4.5.1 DISTRIBUCIÓN MEDIANTE UNA ALTA SEGREGACIÓN DE SERVICIOS

Antes de abordar la instalación, debíamos pensar en la forma de distribuir y desplegar las máquinas virtuales en la nueva infraestructura.

La distribución debía permitir minimizar los problemas conocidos de la infraestructura anterior y para ello se optó por **crear una máquina virtual por servicio**.

De esta forma, se pretende conseguir las siguientes ventajas:

- Mejor ratio de utilización de los recursos: Al concentrar un gran número de servicios en los 3 nodos de trabajo alcanzamos una mayor utilización de la CPU y la memoria.
- Mayor control de la memoria: Aunque los problemas de memoria están solucionados en gran parte por la ampliación de memoria de los nodos de trabajo, ahora disponemos de herramientas que permiten reclamar memoria de las máquinas más ociosas y proporcionarla a las que tienen una mayor carga. Además, disponemos de la capacidad de sobredimensionar la memoria.
- Mayor control del espacio de almacenamiento: Pese a disponer del mismo espacio de almacenamiento en los servidores, ahora disponemos de herramientas que nos permiten organizar las máquinas virtuales por la infraestructura de forma que se aproveche mejor el espacio. Además, tenemos la posibilidad de sobredimensionar el espacio asignado a las máquinas virtuales.

Si aplicamos los criterios de distribución expuestos en el anterior capítulo, realizaremos los siguientes despliegues:

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

Paso	Servicio	Memoria VM reserva / asignada	Nodo	Memoria nodo reservada total	Memoria nodo asignada/total
1	Oracle Database 10g R2	3 GB / 4 GB	BOWSER	3 GB/16GB	4GB/16GB
2	Oracle Database 11g	1,5 GB / 2 GB	CEREBRO	1,5 GB/16GB	2GB/16GB
3	Oracle Database 10g R2 UTF8	1,5 GB / 2 GB	PINKY	1,5 GB/16GB	2GB/16GB
4	Oracle Database 9i	1,5 GB / 2 GB	BOWSER	4,5 GB/16GB	6GB/16GB
5	Servidor SVN	1,5 GB / 2 GB	CEREBRO	3 GB/16GB	4GB/16GB
6	Apache Tomcat 5.5	0,5 GB / 1 GB	PINKY	2 GB/16GB	3GB/16GB
7	Apache Tomcat 6	2 GB / 4 GB	BOWSER	6,5 GB/16GB	10GB/16GB
8	Apache Tomcat 7	0,5 GB / 1 GB	CEREBRO	3,5 GB/16GB	5GB/16GB
9	Jboss AS 4.3	1 GB / 2 GB	PINKY	3 GB/16GB	5GB/16GB
10	Jboss AS 6.1	1 GB / 2 GB	CEREBRO	4,5 GB/16GB	7GB/16GB
11	OC4J 10g	2 GB / 4 GB	PINKY	5 GB/16GB	9GB/16GB
12	Oracle AS 10g	2 GB / 4 GB	CEREBRO	6,5 GB/16GB	11GB/16GB
13	Apache HTTP Server	0 GB / 1 GB	PINKY	5 GB/16GB	10GB/16GB
14	Servidor Nagios	0 GB / 2 GB	BOWSER	6,5 GB/16GB	12GB/16GB
15	Oracle Enterprise Manager Server	0 GB / 4 GB	PINKY	5 GB/16GB	14GB/16GB
16	Servicio MicroLab	0 GB / 2 GB	CEREBRO	6,5 GB/16GB	13GB/16GB
17	Servicio WinSuite	0 GB / 2 GB	BOWSER	6,5 GB/16GB	14GB/16GB

TABLA 22: PASOS DEL DESPLIEGUE DE MÁQUINAS VIRTUALES CON 3 NODOS

Tras realizar el despliegue inicial, los nodos de trabajo quedarán de la siguiente forma:

- El nodo BOWSER contiene 5 máquinas virtuales para las cuales se ha reservado un mínimo de 6,5GB de memoria. El total de memoria asignada a las máquinas virtuales es de 14GB, cifra que no excede el total de memoria física instalada en el sistema.
- El nodo CEREBRO contiene 6 máquinas virtuales para las cuales se ha reservado un mínimo de 6,5GB de memoria. El total de memoria asignada a las máquinas virtuales es de 13GB.
- El nodo PINKY contiene 6 máquinas virtuales para las cuales se ha reservado un mínimo de 5GB de memoria. El total de memoria asignada es de 14GB.

En cuanto a los inconvenientes detectados desde la implantación de esta distribución podemos decir que:

- Aumentan los costes de mantenimiento: Al disponer de un número elevado de máquinas virtuales, es necesario realizar muchas más configuraciones. Controlar más equipos implica una mayor dedicación a infraestructuras.
- Dificultad para desasignar el espacio de disco reclamado por las máquinas virtuales. Esto sucede cuando una máquina virtual ocupa mucho del espacio que tiene asignado. Una vez ha reclamado el espacio, aunque internamente lo

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

libere, es muy complicado y costoso recuperarlo sin eliminar la máquina del sistema.

A continuación, enumeraremos algunos de los casos de uso de la infraestructura.

### 4.5.2 CASO DE USO 1: ADICIÓN Y SUSTRACCIÓN DE SERVICIOS

El primer caso de uso del sistema utilizando la distribución de máquinas virtuales explicada anteriormente consiste en la adición de un servicio a la infraestructura.

Para crear un nuevo servicio realizaremos los siguientes pasos:

1. Si procede, crear el perfil del servicio indicando el sistema operativo a instalar, la memoria mínima necesaria para funcionar y el espacio de almacenamiento a asignar.
2. Crear la máquina virtual de acuerdo con el perfil, para ello tenemos dos posibilidades:
  - a. Crear la máquina virtual desde cero.
  - b. Crear la máquina virtual a partir de una plantilla.
3. Si procede, instalar el sistema operativo.
4. Si procede, instalar el software del servicio.
5. Configurar el servicio.

En el caso de eliminar un servicio deberemos realizar los siguientes pasos.

1. Apagar la máquina virtual que contiene el servicio.
2. Copiar la máquina virtual al almacén histórico de máquinas virtuales.
3. Tras dejar la máquina un periodo de tiempo razonable (2 a 4 semanas), la eliminaremos definitivamente de la infraestructura.

### 4.5.3 CASO DE USO 2: RECUPERACIÓN DE UN SERVICIO DEL ALMACÉN DE HISTÓRICOS

En el caso de que necesitemos recuperar una máquina virtual del almacén de históricos realizaremos los siguientes pasos:

1. Iniciaremos el cliente de vSphere.
2. Seleccionaremos el nodo de trabajo en el que desplegar la máquina virtual archivada.
3. Mediante la opción "Import Machine...", seleccionaremos la ubicación de los ficheros que representan la máquina virtual archivada.
4. Si procede, modificaremos las características de la máquina virtual.
5. Iniciaremos la importación.
6. Para finalizar arrancaremos la máquina virtual.

### 4.5.4 CASO DE USO 3: BALANCEO DE CARGA ENTRE NODOS.

Otro de los casos que podemos encontrarnos es el de necesitar migrar máquinas virtuales de un nodo a otro para conseguir equilibrar la carga.

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

Debido al tipo de licencia contratada, el balanceo de carga es bastante costoso, ya que el componente que permite hacerlo si parar las máquinas implicadas tiene un coste elevado.

Para realizar un balance de carga necesitamos parar la máquina virtual implicada y seguir los siguientes pasos:

1. Iniciaremos el cliente de vSphere.
2. Seleccionaremos la máquina virtual a migrar
3. Mediante la opción “Migrate...”, configuraremos la migración de la máquina virtual seleccionando el nodo de trabajo y su almacén de datos destino.
4. Esperaremos a que la máquina se haya migrado. Esto puede tardar un tiempo considerable ya que no disponemos de un almacén de datos compartido.
5. Una vez, realizada la migración, arrancaremos la máquina virtual y, sin necesidad de realizar más acciones, podremos continuar utilizándola.

### 4.5.5 CASO DE USO 4: CAÍDA DE UN NODO DE TRABAJO

Tal y como comentamos en el plan de continuidad, la empresa debe tener elaborado un procedimiento para este caso. La actuación frente a una caída de un nodo de trabajo debe estar correctamente planificada puesto que este evento provocará un fallo en la continuidad de todos los servicios que se estén ejecutando en el nodo afectado.

Los fallos de continuidad en los servicios podrían evitarse, si se adquiriese al menos la edición “vSphere Standard” a cual incorpora el componente VMware HA y además, se almacenarán las máquinas virtuales en un almacén de datos común.

En nuestro caso, la caída de un nodo provoca irremediablemente la caída de todos los servicios ubicados en el nodo. De acuerdo con el modelo de negocio, la empresa puede asumir el tiempo de reubicación de los servicios a otro nodo ya que los desarrolladores pueden seguir trabajando en sus equipos.

En el caso de que el nodo pueda recuperarse tras la caída, simplemente deberemos arrancar el nodo y posteriormente todas las máquinas virtuales que hubiera en él.

Si, por el contrario, el nodo no puede recuperarse, deberemos iniciar el procedimiento de recuperación de las máquinas virtuales ubicadas en él.

Este procedimiento es el siguiente:

1. Restaurar los ficheros de las máquinas virtuales desde la copia de seguridad semanal. Para ello, copiaremos los ficheros al almacén de datos del nodo donde queramos restaurarlos.
2. Iniciar el cliente de vSphere.
3. Seleccionar el almacén de datos donde hemos copiado los ficheros.

#### Migración real hacia una infraestructura virtualizada

4. Mediante el menú contextual del fichero VMX, seleccionar la opción “Add to Inventory”. Esto incorporará la máquina virtual al sistema y nos permitirá arrancarla.
5. Iniciar la máquina virtual y verificar que se ha restaurado correctamente.
6. Si procede, podemos realizar restauraciones a nivel interno de la máquina. Esto nos permitirá tener un servicio lo más parecido al original.

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

### 4.6 CONSOLIDACIÓN DE SERVICIOS

A día de hoy se mantiene la distribución mediante la alta segregación de servicios. El alto número de máquinas virtuales impedían la prolongación de esta distribución ya que los costes de mantenimiento se tornaron poco sostenibles.

Debido a que el producto contratado solamente nos permite disponer de 3 nodos de trabajo, la ampliación de la infraestructura mediante la agregación de más nodos estaba descartada. Además de esto, uno de los nodos sufrió una avería y tuvo que ser desechado.

Aun así, la disminución del volumen de proyectos ha permitido mantener esta distribución a pesar de disponer de solamente dos nodos de trabajo. Sin embargo, si queremos disponer de capacidad para los futuros años, debemos reconsiderar esta forma de distribuir las máquinas virtuales y mejorarla.

Para la nueva distribución nos hemos marcado el objetivo de consolidar servicios. Actualmente, existen varias máquinas virtuales que prestan servicios similares.

Podemos poner como ejemplo el servicio de bases de datos de Oracle. Para poder desplegar este servicio, debemos instalar el software del motor de bases de datos de la versión escogida. Una vez hecho esto, podemos crear numerosas instancias de bases de datos que utilicen el mismo software pero que son totalmente independientes.

En la siguiente imagen podemos ver un esquema de lo que podría ser la futura distribución de los servicios:

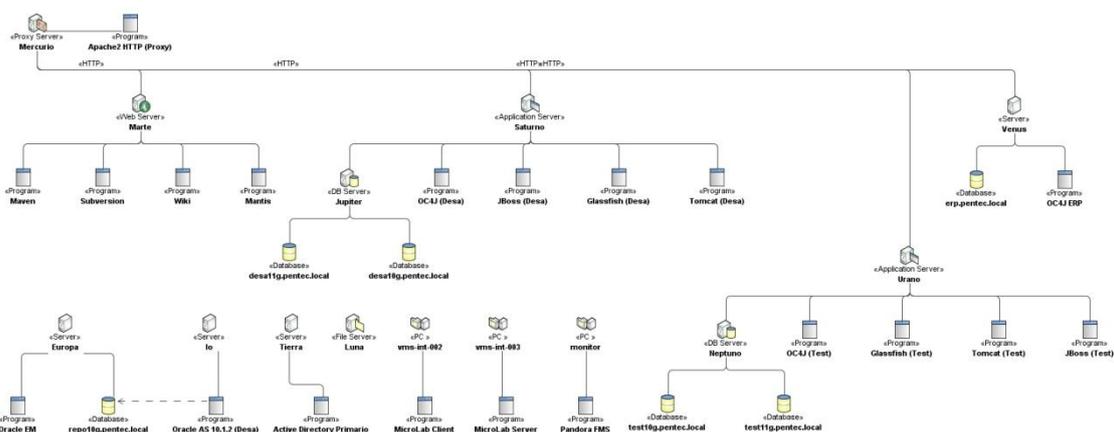


FIGURA 28: FUTURA DISTRIBUCIÓN CONSOLIDANDO SERVICIOS

A continuación podemos ver una lista de las máquinas y los servicios que podrían contener, así como la asignación a los perfiles elaborados en el capítulo anterior:

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

Máquina Virtual	Función	Servicios	Memoria	Perfil
Mercurio	Servidor Proxy	Apache2 HTTP Server	1GB	WEB
Marte	Servidor Web	Apache2 HTTP Server Maven Subversion Wiki Mantis	2GB	WEB
Saturno	Servidor de Aplicaciones (Desarrollo)	Tomcat Glassfish JBoss OC4J	8GB	J2EE
Urano	Servidor de Aplicaciones (Pruebas)	Tomcat Glassfish JBoss OC4J	8GB	J2EE
Júpiter	Servidor de Bases de Datos (Desarrollo)	Instancia "desa10" Instancia "desa11"	4GB	Bases de Datos
Neptuno	Servidor de Bases de Datos (Pruebas)	Instancia "test10" Instancia "test11"	4GB	Bases de Datos
Venus	Entorno ERP	OC4J Instancia "erp"	2GB	Bases de Datos
Europa	Gestión centralizada Oracle	Oracle Enterprise Manager Server	4GB	Monitorización
Io	Servidor de Aplicaciones Oracle (Desarrollo)	Oracle AS 10.1.2	4GB	J2EE
Tierra	Controlador de dominio	Active Directory	2GB	Infraestructuras
Luna	Servidor de Ficheros		2GB	Infraestructuras
vms-int-002		MicroLab Client	2GB	General
vms-int-003		MicroLab Server	2GB	General
monitor	Monitorización	Nagios o Pandora	2GB	Monitorización

TABLA 23: MÁQUINAS Y SERVICIOS TRAS LA CONSOLIDACIÓN

En esta primera agrupación, podemos encontrar 14 máquinas que ofrecerán 13 servicios distintos. Se ha considerado dejar separados los servicios de Servidor de Aplicaciones con los de Oracle por la complejidad de la instalación del software de Oracle y sus requisitos.

En cuanto a las principales diferencias frente al primer modelo de distribución en el que cada servicio prestado requería una máquina dedicada y en el que teneríamos al inicio 17 máquinas virtuales, es el crecimiento.

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

En la distribución mediante la segregación de servicios, el crecimiento en el número de servicios afectaba directamente al número de máquinas virtuales. De esta forma, el crecimiento del número de máquinas virtuales aumentaba rápidamente el coste asociado al mantenimiento de las mismas. Cuantas más máquinas tengamos que mantener, más horas de trabajo en infraestructuras hemos de dedicar.

En el nuevo modelo de distribución propuesto, el número de máquinas solamente crecerá cuando debamos añadir servicios nuevos. En el caso más habitual, necesitaremos añadir servicios que ya existan en alguna otra máquina y por lo tanto, usaremos esa máquina para crear una nueva instancia del servicio que permita llevar a cabo el nuevo proyecto que lo solicita.

De esta forma, el crecimiento en el número de instancias de los servicios existentes se resolvería aumentando los recursos hardware asignados a la máquina virtual. Por ejemplo, si tomamos la máquina virtual Júpiter, la cual tiene la función de ser el servidor de bases de datos de desarrollo, y queremos añadirle una instancia nueva, deberemos aumentar la memoria al menos en 2GB mas.

A continuación realizaremos el proceso de despliegue inicial de las máquinas virtuales en los dos nodos de trabajo que todavía están operativos (PINKY y BOWSER):

Paso	Máquina virtual	Memoria VM reserva / asignada	Nodo	Memoria nodo reservada total	Memoria nodo asignada/total
1	Júpiter	3 GB / 4 GB	BOWSER	3 GB / 16GB	4 GB / 16GB
2	Neptuno	3 GB / 4 GB	PINKY	3 GB / 16GB	4 GB / 16GB
3	Venus	1,5 GB / 2 GB	BOWSER	4,5 GB / 16GB	6 GB / 16GB
4	Tierra	1,5 GB / 2 GB	PINKY	4,5 GB / 16GB	6 GB / 16GB
5	Luna	1,5 GB / 2 GB	BOWSER	6 GB / 16GB	8 GB / 16GB
6	Saturno	4 GB / 8 GB	PINKY	8,5 GB / 16GB	14 GB / 16GB
7	Urano	4 GB / 8 GB	BOWSER	10 GB / 16GB	16 GB / 16GB
8	lo	2 GB / 4 GB	PINKY	10,5 GB / 16GB	18 GB / 16GB
9	Mercurio	0 GB / 1 GB	BOWSER	10 GB / 16GB	17 GB / 16GB
10	Marte	0 GB / 2 GB	PINKY	10,5 GB / 16GB	20 GB / 16GB
11	Europa	0 GB / 4 GB	BOWSER	10 GB / 16GB	21 GB / 16GB
12	monitor	0 GB / 2 GB	PINKY	10,5 GB / 16GB	22 GB / 16GB
13	vms-int-002	0 GB / 2 GB	BOWSER	10 GB / 16GB	23 GB / 16GB
14	vms-int-003	0 GB / 2 GB	PINKY	10,5 GB / 16GB	24 GB / 16GB

TABLA 24: PASOS DEL DESPLIEGUE DE MÁQUINAS VIRTUALES CON 2 NODOS

Tras realizar el despliegue inicial, los nodos de trabajo quedarán de la siguiente forma:

- El nodo BOWSER contiene 7 máquinas virtuales para las cuales se ha reservado un mínimo de 10GB de memoria. El total de memoria asignada a las máquinas virtuales es de 23GB, cifra que excede el total de memoria física instalada en el sistema.

## Migración real hacia una infraestructura virtualizada

- El nodo PINKY contiene 7 máquinas virtuales para las cuales se ha reservado un mínimo de 10,5GB de memoria. El total de memoria asignada a las máquinas virtuales es de 24GB.

Con esta distribución, vemos que los nodos de trabajo sufren un sobredimensionamiento acusado de la memoria asignada. Aunque esto no impide que el sistema funcione, es muy probable que el rendimiento sea muy bajo debido a la falta de memoria. A pesar de esto, las máquinas virtuales con reservas de memoria podrán operar con normalidad.

En este escenario, se recomienda realizar una ampliación de memoria a los dos nodos.



# Capítulo 5

## CONCLUSIONES FINALES

---



## Conclusiones finales

Las tecnologías de virtualización todavía están evolucionando hacia un futuro que, sin duda alguna, estará marcado por la utilización intensiva de estas tecnologías y sobre ellas, toda una gama de aplicaciones en la nube.

Este documento ha estado motivado a partir de los trabajos realizados en una empresa de software de Valencia. Es esta empresa, necesitaba transformar su infraestructura y en consecuencia, realizamos una revisión del mercado de las tecnologías de virtualización. Con el fin de adquirir un software de garantías, buscamos información acerca del rendimiento y de las prestaciones de los principales productos del mercado.

Tras analizar las tecnologías de la virtualización actuales, definimos un plan de continuidad para la nueva infraestructura virtualizada y la adaptamos aprovechando el máximo de recursos posibles.

En cuanto a las tecnologías de virtualización, vimos que una parte fundamental de estas es la creación de una capa de abstracción que separa la parte software de la parte hardware. Esta capa de abstracción, a pesar de añadir un pequeño sobre coste, proporciona gran flexibilidad y maniobrabilidad a la infraestructura TI.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta cualquier empresa que disponga de cierta infraestructura TI, es el aprovechamiento poco óptimo de los recursos hardware disponibles. La virtualización tiene la capacidad de paliar este problema ya que básicamente, podemos alojar múltiples máquinas virtuales sobre un mismo servidor físico de forma que aumentemos el grado de utilización de los recursos disponibles.

## **Ventajas de la virtualización**

Como resumen de las principales ventajas que aporta esta tecnología a las empresas de tamaño pequeño o medio, podemos enumerar las siguientes:

- 1- Los costes se reducen:
  - a. Reduce considerablemente los costes asociados al mantenimiento de la infraestructura.
  - b. Aumenta el grado de utilización de los recursos, por lo que evita adquirir más hardware del absolutamente necesario.
  - c. Simplifica los procesos de copias de seguridad y los procesos de recuperación.
  - d. Mejora la eficiencia energética debido a que se aumenta el grado de utilización del hardware.
- 2- La disponibilidad y escalabilidad de la infraestructura aumenta:
  - a. Permite la recuperación de cualquier máquina virtual en cualquier nodo físico disponible.

## Conclusiones finales

- b. Habilita mecanismo para replicar máquinas virtuales en varios nodos de la infraestructura.
  - c. Facilita la incorporación de nuevos recursos a la infraestructura virtual.
- 3- Facilita el despliegue de nuevos servicios y aplicaciones.
- a. Permite la migración y la portabilidad desde diferentes entornos.
  - b. Habilita el aprovisionamiento de máquinas virtuales
  - c. Facilita la prueba y depuración de nuevas aplicaciones

## Resumen de prestaciones

Todas estas ventajas, tienen como contrapartida la pérdida de rendimiento, en algunos casos, frente a soluciones no virtualizadas. Esta pérdida de rendimiento está provocada por la necesidad de realizar operaciones adicionales en la capa de virtualización.

En las pruebas realizadas a los principales hipervisores disponibles en el mercado actual, vemos que comparando los resultados de las pruebas nativas frente a las virtualizadas, casi siempre se obtienen mejores resultados en las pruebas nativas.

Resumiendo individualmente las pruebas de rendimiento, podemos ver que:

En cuanto a rendimiento de las CPU virtualizadas vemos que la capa de virtualización impone una penalización de un 5% frente a la versión nativa de la prueba. Esta penalización tiene menor importancia cuando repetimos las pruebas aumentando el número de máquinas virtuales en ejecución simultánea a tres. En este caso, la penalización alcanza el 10%. Aun así, hemos multiplicado por tres la carga de trabajo del servidor.

Por otra parte, la entrada salida sufre una mayor penalización en cuanto al rendimiento. En este caso, ejecutando simultáneamente 6 máquinas virtuales, alcanzamos penalizaciones del 70% para los casos más acusados. Aun así, se vuelve a comprobar cómo la productividad total del sistema virtualizado es ligeramente mayor.

Finalmente, las pruebas analizadas sobre el rendimiento de las interfaces de red virtualizadas, arrojan sus resultados en la misma línea.

Dejando de un lado las posibles discrepancias sobre el rendimiento individual de los servidores virtualizados frente a los no virtualizados, hemos podido comprobar que el aumento de la productividad de los servidores virtualizados es ampliamente superior al de sus homólogos nativos. Esto es debido principalmente a la capacidad de aprovechamiento de los recursos disponibles y la habilidad de los hipervisores para emplear los multiprocesadores.

Como conclusión final acerca de las pruebas de rendimiento, podemos decir que, en el caso de las pequeñas y medianas empresas, lo que realmente interesa es el aumento

## Conclusiones finales

de productividad de los equipos aunque, en ocasiones, sea a costa de penalizar el rendimiento individual de una máquina concreta.

### **Selección del software de virtualización**

Teniendo en cuenta estas conclusiones y habiendo tomado la decisión de migrar las infraestructuras hacia un entorno virtualizado, se seleccionó el software de virtualización para la infraestructura analizada en este documento.

El software de virtualización tuvo un proceso de selección bastante sesgado decantándonos por la solución de VMware desde un primer momento. Esto fue debido a las decisiones previas tomadas por los propietarios de la empresa analizada. Aun así, el proceso de selección puso de manifiesto la idoneidad del software de VMware para entornos similares al analizado.

En el caso del software de VMware, los elevados requisitos hardware nos impedían aprovechar las 5 máquinas de las que disponíamos. Por otra parte, existía un paquete cerrado para 3 máquinas que tenía un coste muy bajo, lo que nos proporcionaba una buena solución de virtualización de bajo coste.

De elegir la opción de VMware, deberíamos adquirir la edición VMware vSphere Essentials con un precio de \$995 y buscar una nueva función para los servidores viejos o desecharlos.

En contraposición, el software de Microsoft no se adaptaba a las necesidades de la empresa. El licenciamiento era demasiado caro y relativamente complejo. Además, el soporte a los sistemas operativos Linux era limitado.

En cuanto a la utilización de infraestructuras Cloud públicas, creemos que lo más apropiado para una empresa de características similares es emplear estas infraestructuras para desplegar los entornos de preproducción y, incluso de producción, de proyectos para los cuales los clientes no aporten los recursos físicos necesarios. Finalmente, no hemos podido poner a prueba este escenario debido a problemas ajenos a las tecnologías de virtualización. Aun así, es una opción a tener en cuenta en el futuro.

### **Definición del plan de continuidad**

En el plan de continuidad elaborado, se exponen los principales riesgos asociados a las tecnologías de virtualización. Podemos decir que estos afectan principalmente a la seguridad de la infraestructura. Al separar entre máquina física y máquina virtual, existe una mayor incertidumbre sobre el que y el donde se realizan las actividades de las aplicaciones.

## Conclusiones finales

En el caso de una pequeña y mediana empresa, normalmente, las infraestructuras necesarias no tienen un tamaño demasiado grande como para presentar problemas de esta naturaleza. Aun así, existe el riesgo de caer en la tentación de crear máquinas virtuales sin ningún tipo de control.

El plan de continuidad elaborado para este tipo de empresas, apuesta por mantener el orden y la disciplina en las infraestructuras virtualizadas. La elaboración de perfiles es uno de los primeros pasos que debemos realizar para mantener el orden en la infraestructura. En este documento se han propuesto una serie de perfiles generales, aunque al elaborar los perfiles se debe estudiar el caso particular de cada empresa.

Tras la elaboración de los perfiles de máquinas virtuales, debemos establecer los criterios que emplearemos para distribuir las máquinas virtuales a través de los recursos físicos disponibles.

Estos criterios deben ayudar a mitigar los riesgos asociados con estas tecnologías. Los riesgos que afectan a la seguridad de las máquinas, pueden mitigarse mediante una correcta agrupación. Estas agrupaciones ayudan a mantener la infraestructura ordenada y garantizan que las máquinas más importantes dispongan de los recursos necesarios para ofrecer un buen rendimiento. Además, se obtienen unas tasas de utilización elevadas de los nodos de trabajo y se garantiza la continuidad de los servicios ya que, en el caso de que ocurra un fallo en uno de los nodos físicos, solamente debemos seguir los criterios definidos para reorganizar las máquinas de forma que se afecte lo menos posible al rendimiento global.

### **Adaptación del plan a la infraestructura real**

El caso real analizado en este documento es el de una empresa en la que se utilizaron las tecnologías de virtualización existentes en el mercado para reestructurar su infraestructura informática convencional. Para ello, se aplican las recomendaciones definidas en el plan de continuidad para infraestructuras virtualizadas.

En este primer análisis, utilizando los perfiles y los criterios de distribución, definidos en el plan de continuidad, se implantó la infraestructura de virtualización.

En esta infraestructura, se optó por crear una máquina virtual por servicio. Esto mejora la flexibilidad y el grado de utilización de los recursos disponibles ya que las máquinas virtuales son más pequeñas y más fáciles de administrar. Además, cuando un servicio no se necesita, simplemente se apaga o se elimina.

Teniendo en cuenta que se disponen de un número limitado de recursos físicos, este tipo de distribución proporciona las siguientes ventajas:

- Mejor ratio de utilización de los recursos.

## Conclusiones finales

- Mayor control de la memoria.
- Mayor control del espacio de almacenamiento.

Aun así, tras llevar funcionando un largo periodo de tiempo, hemos podido comprobar que los costes asociados al mantenimiento de la infraestructura crecen a medida que los usuarios solicitan nuevas máquinas virtuales. Además, el espacio en disco queda muy fragmentado debido al alto número de máquinas virtuales.

La evolución natural de este tipo de distribución es la de unificar las máquinas virtuales que ofrezcan servicios similares. Este tipo de distribución la hemos llamado “consolidación de servicios” y pretende reducir el número de máquinas virtuales al agrupar los servicios similares. La consolidación de servicios mantiene las ventajas principales de modelo de “máquina por servicio” y no aumenta los costes de mantenimiento puesto que a la hora de crear un nuevo servicio no es necesario crear más máquinas virtuales.

## Trabajos futuros

Hemos podido comprobar cómo la virtualización aporta numerosas ventajas a las pequeñas y medianas empresas. Aun así, solamente hemos aprovechado parte de estas tecnologías. En el futuro, será necesario analizar en más profundidad estos dos escenarios:

### 1- Migrar parte de los equipos al Cloud.

Aunque ya hemos mencionado algunas de las posibilidades que nos ofrece el Cloud, las ventajas de migrar y desplegar algunas de las máquinas virtuales al Cloud son significativas.

En el caso de la empresa analizada y por extensión al resto de las pequeñas y medianas empresas, el Cloud aumentaría todavía más la flexibilidad de nuestra infraestructura, pudiendo desplegar máquinas virtuales sin limitaciones y bajo demanda. Además, nos proporcionaría recursos que de otra forma, nunca podrían permitirse las pequeñas y medianas empresas.

Finalmente, el coste de utilizar Cloud es variable según el grado de utilización. En la mayoría de Clouds públicos actuales, solamente se paga por el uso que se hace del mismo. Esto es muy importante para una empresa, ya que cuando demanda de trabajo cae, los costes asociados a la infraestructura se verán reducidos en la misma medida.

### 2- Virtualizar los equipos de trabajo de los empleados.

De la misma forma que hemos virtualizado los servidores de la infraestructura, se pueden virtualizar los equipos de trabajo de los empleados. Esta posibilidad cobra más fuerza cada día con las apariciones de los Thin Clients.

## Conclusiones finales

Los Thin Clients son dispositivos hardware (existen versiones software) con recursos limitados que se conectan a un servidor central para obtener la información necesaria para desempeñar su rol. En este caso, el rol del Thin Client sería el de interactuar con máquinas virtuales alojadas en un servidor central.

Estas máquinas virtuales realizarían la misma función que una estación de trabajo actual pero ofrecería más posibilidades. Por ejemplo, un empleado podría trabajar en su estación de trabajo habitual desde cualquier parte o una empresa podría tener listos los puestos de trabajo de nuevos empleados en segundos.

Las tecnologías de virtualización seguirán ofreciendo muchas posibilidades en el futuro. Son muchas las ventajas que aportan estas tecnologías a las pequeñas y medianas empresas que consigan adaptarse a ellas.

# Bibliografía

1. **VMware Inc.** *Virtualization Overview*. 2006.
2. **Popek, Gerald J. y Goldberg, Robert P.** *Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures*. 1974.
3. **Adams, Keith y Agesen, Ole.** *A Comparison of Software and Hardware Techniques for x86 Virtualization*. 2006.
4. **Zheng, Minjie.** *Virtualization Security in Data Centers and Clouds*. 2011.
5. **Scarfone, Karen, Souppaya, Murugiah y Hoffman, Paul.** *Guide to Security for Full Virtualization Technologies*. 2011.
6. **Tulloch, Mitch.** *Understanding Microsoft Virtualization Solutions*. s.l. : Microsoft Press, 2010.
7. **Gartner Inc.** *Magic Quadrant for x86 Server Virtualization Infrastructure*. 2011.
8. **VMware Inc.** VMware.com. [En línea] <http://www.vmware.com>.
9. **Wikipedia.** VMware. [En línea] <http://en.wikipedia.org/wiki/VMware>.
10. **VMware Inc.** *VMware vSphere 4 Pricing, Packaging and Licensing Overview*. 2009.
11. **Wikipedia.** Microsoft. [En línea] <http://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft>.
12. **Microsoft.** Microsoft Acquires Connectix Virtual Machine Technology. [En línea] <http://www.microsoft.com/en-us/news/press/2003/Feb03/02-19PartitionPR.aspx>.
13. **NetworkWorld.** NetworkWorld. [En línea] <http://www.networkworld.com/reviews/2009/011209-vm-xen-hypervisor-test.html>.
14. **SPEC.** SPECjbb2005. [En línea] 2005. <http://www.spec.org/jbb2005/>.
15. **Wikipedia.** IOMeter. [En línea] <http://en.wikipedia.org/wiki/Iometer>.
16. **Exceliance.** Hypervisors virtual network performance comparison from a Virtualized load-balancer point of view. [En línea] <http://blog.exceliance.fr/2012/04/24/hypervisors-virtual-network-performance-comparison-from-a-virtualized-load-balancer-point-of-view/>.
17. **Exceliance .** Exceliance Main Site. [En línea] <http://www.exceliance.fr/>.
18. **Data Center Talk.** Data Center Talk. [En línea] <http://www.datacentertalk.com/2012/01/risks-of-virtualization/>.

19. **VMware.** *Microsoft SQL Server and VMware Virtual Infrastructure.* 2009.
20. **Wikipedia.** Arsys. [En línea] <http://es.wikipedia.org/wiki/Arsys>.
21. **Arsys.** Arsys. [En línea] <http://www.arsys.es/conoce-arsys/>.
22. —. CloudBuilder Precios. [En línea] <http://www.arsys.es/cloud/cloudbuilder-precios.html>.
23. **Amazon.** ¿Que es AWS? [En línea] <http://aws.amazon.com/es/what-is-aws/>.
24. —. Amazon Elastic Compute Cloud. [En línea] <http://aws.amazon.com/es/ec2/>.
25. —. Tipos de instancias de EC2. [En línea] <http://aws.amazon.com/es/ec2/instance-types/>.
26. —. Amazon EC2 Pricing. [En línea] <http://aws.amazon.com/es/ec2/pricing/>.
27. **VMware Inc.** *Understanding Full Virtualization, Paravirtualization, and Hardware Assist.* 2007.
28. **Smith, J. E. y Nair, Ravi.** *An Overview of Virtual Machine Architectures.* 2003.
29. **Barham, P., y otros.** *Xen and the art of virtualization.* 2003.
30. **Deepak, K. Damodaran, y otros.** *Performance Evaluation of VMware and VirtualBox.* 2012.

# Apéndice A: Índice de Figuras

FIGURA 1: INCORPORACIÓN DE LA CAPA DE VIRTUALIZACIÓN .....	3
FIGURA 2: INTERCALACIÓN DEL SOFTWARE DE VIRTUALIZACIÓN .....	15
FIGURA 3: MÁQUINA VIRTUAL DE PROCESO (JAVA VIRTUAL MACHINE) .....	17
FIGURA 4: MÁQUINA VIRTUAL DE SISTEMA (VMWARE PLAYER) .....	18
FIGURA 5: HIPERVISOR TIPO 1.....	19
FIGURA 6: HIPERVISOR TIPO 2.....	20
FIGURA 7: HIPERVISOR MONOLÍTICO.....	20
FIGURA 8: HIPERVISOR CON MICROKERNEL .....	21
FIGURA 9: NIVELES DE PRIVILEGIO EN LA ARQUITECTURA X86.....	24
FIGURA 10: NIVELES DE PRIVILEGIO DURANTE LA VIRTUALIZACIÓN COMPLETA.....	25
FIGURA 11: NIVELES DE PRIVILEGIO EN LA PARAVIRTUALIZACIÓN .....	27
FIGURA 12: NIVELES DE PRIVILEGIO EN LA VIRTUALIZACIÓN ASISTIDA POR HARDWARE .....	28
FIGURA 13: VIRTUALIZACIÓN DE LA MEMORIA .....	30
FIGURA 14: MAGIC QUADRANT SOBRE LAS INFRAESTRUCTURAS DE VIRTUALIZACIÓN	36
FIGURA 15: GRÁFICO DE RENDIMIENTO DEL TEST SPECJBB2005 CON 1 VCPU EN CADA VM .....	48
FIGURA 16: GRÁFICO DE RENDIMIENTO DEL TEST SPECJBB2005 CON 4 VCPUS EN CADA VM .....	49
FIGURA 17: RENDIMIENTO ALOHA EN UN ENTORNO NO VIRTUALIZADO .....	52
FIGURA 18: RESULTADOS ALOHA VA EN HYPER-V .....	52
FIGURA 19: RESULTADOS ALOHA VA EN VSPHERE .....	53
FIGURA 20: RESULTADOS ALOHA EN CITRIX XEN SERVER.....	53
FIGURA 21: COMPARATIVA DEL NÚMERO DE CONEXIONES SOPORTADAS.....	54
FIGURA 22: COMPARATIVA DEL ANCHO DE BANDA UTILIZADO.....	54
FIGURA 23: COMPARATIVA DE LA PÉRDIDA DE RENDIMIENTO EN LA CAPA DE VIRTUALIZACIÓN.....	55
FIGURA 24: EJEMPLO DE INFRAESTRUCTURA DE VIRUALIZACIÓN .....	62
FIGURA 25: NIVELES DE RIESGO .....	65
FIGURA 26: NIVELES DE IMPACTO Y DEPENDENCIAS.....	71
FIGURA 27: LICENCIAMIENTO Y COSTE DE LOS PAQUETES DE VMWARE VSPHERE 4 ...	87
FIGURA 28: FUTURA DISTRIBUCIÓN CONSOLIDANDO SERVICIOS .....	96



## Apéndice B: Índice de Tablas

TABLA 1: EDICIONES DE VMWARE VSPHERE 4 Y SUS COMPONENTES .....	40
TABLA 2: RESULTADOS DEL TEST SPECJBB2005 CON 1 VCPU EN CADA VM.....	47
TABLA 3: RESULTADOS DEL TEST SPECJBB2005 CON 4 VCPUS EN CADA VM .....	48
TABLA 4: RESULTADOS DEL TEST IOMETTER CON 1 VCPU EN CADA VM.....	50
TABLA 5: RESULTADOS DEL TEST IOMETTER CON 4 VCPUS EN CADA VM.....	50
TABLA 6: NIVELES DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS SEGÚN EL PERFIL .....	67
TABLA 7: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVIDOR NDONALD.....	76
TABLA 8: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVIDOR NCOYOTE.....	76
TABLA 9: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVIDOR PINKY.....	77
TABLA 10: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVIDOR CEREBRO .....	77
TABLA 11: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVIDOR BOWSER .....	77
TABLA 12: CONFIGURACIONES Y PRECIOS DE CLOUDBUILDER.....	82
TABLA 13: TIPOS DE INSTANCIAS DE AMAZON EC2 .....	82
TABLA 14: COSTE DEL SERVICIO BAJO DEMANDA DE AMAZON EC2 .....	83
TABLA 15: SISTEMAS OPERATIVOS LINUX SOPORTADOS EN HYPER-V .....	86
TABLA 16: RESUMEN DE LAS VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SOFTWARE DE VIRTUALIZACIÓN.....	86
TABLA 17: EDICIONES DE VMWARE VSPHERE PARA PEQUEÑAS EMPRESAS.....	88
TABLA 18: LICENCIAMIENTO Y COSTE DE WINDOWS SERVER 2008 R2.....	88
TABLA 19: ROLES DE LOS SERVIDORES FÍSICOS EN LA INFRAESTRUCTURA VIRTUALIZADA .....	90
TABLA 20: PERFILES DE SERVICIOS VIRTUALIZADOS .....	91
TABLA 21: RECURSOS HARDWARE DISPONIBLES .....	91
TABLA 22: PASOS DEL DESPLIEGUE DE MÁQUINAS VIRTUALES CON 3 NODOS .....	92
TABLA 23: MÁQUINAS Y SERVICIOS TRAS LA CONSOLIZACIÓN .....	97
TABLA 24: PASOS DEL DESPLIEGUE DE MÁQUINAS VIRTUALES CON 2 NODOS .....	98