

Trabajo Fin de Grado

Comparativa entre sistemas de virtualización nativos

Autor

CAC. Alberto Gahete Benavente

Director/es

Director académico: D. Alejandro Rafael Mosteo Chagoyen

Director militar: Cap. D. Alfonso Bravo Ruiz

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2016

RESUMEN

El presente trabajo ha consistido en la realización de una comparativa entre dos sistemas de virtualización nativos, la plataforma VMware con ESXi y la alternativa de Microsoft, Windows Server 2012 R2 Hyper-V. Se ha efectuado con el fin de determinar un sistema de virtualización eficiente y común para todas las Unidades de Transmisiones, teniendo en cuenta las necesidades de las Fuerzas Armadas (FAS).

Se ha realizado un análisis del estado del arte de las tecnologías de virtualización, así como de las capacidades que presentan ambas alternativas. También se han llevado a cabo pruebas en escenarios prácticos aprovechando el ejercicio Tiwar 2016 en el que el Regimiento de Transmisiones N°1 se ha visto involucrado. Por otro lado, se ha efectuado un análisis comparativo específico y de costes, con el objeto de recabar resultados que permitan una comparativa completa.

Por último, se han incluido como conclusiones aspectos clave que la virtualización proporciona a las Unidades de Transmisiones, así como los resultados obtenidos de comparativas y análisis de costes. Asimismo, se han introducido unas líneas futuras de posible investigación.

ABSTRACT

This project presents a comparison of two native virtualization systems, the VMware platform with ESXi and the alternative from Microsoft, Windows Server 2012 R2 Hyper-V, in order to determine an efficient and common virtualization system for all Signals Units, taking into account the Army requirements.

An analysis of the state of the art of the virtualization technologies has been carried out, and of the capabilities that both alternatives have. Tests have been conducted in practical scenarios during the Tiwar 2016 exercise in which the *Regimiento de Transmisiones N°1* has been involved. A specific comparative analysis of cost and features has been performed, in order to obtain results that allow a complete comparison.

Finally, conclusions are drawn about some key benefits that virtualization provides to Signals Units, summarizing too results obtained from feature and cost analysis. Also, some possible lines of future research are suggested.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer la realización de este Trabajo Fin de Grado al Batallón I del Regimiento de Transmisiones Nº1. Especialmente al director militar el Cap. D. Alfonso Bravo Ruiz, al Tte. D. Xavier Guerrero Fernández y a todo el personal de la Cía. Centros Nodales que han sido de gran ayuda a través de su conocimiento y experiencia. De igual modo al director académico Dr. Alejandro Rafael Mosteo Chagoyen que ha sido fundamental para poder llevar a cabo la realización de este trabajo.

ÍNDICE

Índice de figuras.....	ix
Índice de tablas.....	ix
Lista de acrónimos.....	xi
1 Introducción.....	1
1.1 Contexto y justificación del trabajo.....	1
1.2 Objetivos del trabajo.....	1
1.3 Estructura de la memoria.....	1
1.4 Marco del proyecto.....	2
2 Tecnologías de virtualización.....	3
2.1 ¿Qué es la virtualización?.....	3
2.2 Terminología de virtualización.....	3
2.3 Tipos de máquinas virtuales.....	4
2.3.1 Máquinas virtuales de hardware o sistema.....	5
2.3.2 Máquinas virtuales de proceso o de aplicación.....	5
2.4 Modelos de virtualización.....	6
2.4.1 Virtualización de plataforma.....	6
2.4.2 Virtualización de recursos.....	8
2.4.3 Virtualización de aplicaciones.....	8
2.4.4 Virtualización de escritorio.....	8
3 Sistemas de virtualización.....	9
3.1 VMware ESXi.....	9
3.1.1 Ventajas competitivas.....	10
3.2 Windows Server 2012 Hyper-V.....	11
3.2.1 Ventajas competitivas.....	12

4	Ejercicio Tiwar 2016.....	13
5	Análisis comparativo	17
6	Conclusiones	21
6.1	Conclusiones del trabajo	21
6.2	Líneas futuras	21
	Anexos	23
	Anexo A: Diagrama Gantt.....	23
	Anexo B: Características sistemas de virtualización	25
	Anexo C: Entrevistas	33
	Bibliografía	35

Índice de figuras

Figura 2-1. Ejemplo hipervisor tipo I.	4
Figura 2-2. Ejemplo hipervisor tipo II.	4
Figura 2-3. Arquitectura virtualización completa [13].	7
Figura 2-4. Arquitectura paravirtualización [13].	7
Figura 4-1. Topología de red [11].	14
Figura 5-1: Gráfico comparativo de costes de virtualización por número de CPUs. 19	
Figura 5-2: Gráfico de costes totales para un nodo PUT con 4 CPUs.	20
Figura Anexo A: Diagrama Gantt.	23

Índice de tablas

Tabla 5-1: Matriz de decisión.	17
Tabla Anexo B- 1: Características generales.	25
Tabla Anexo B- 2: Características de cómputo.	27
Tabla Anexo B- 3: Memoria y redes.	28
Tabla Anexo B- 4: Almacenamiento.	29
Tabla Anexo B- 5: Administración.	31

Lista de acrónimos

AGM	Academia General Militar
API	Interfaz de Programa de Aplicaciones
CLR	Common Language Runtime
CPU	Unidad Central de Procesamiento
CUD	Centro Universitario de la Defensa
DNS	Domain Name System
DRS	Dynamic Resource Scheduling
ET	Ejército de Tierra
FAS	Fuerzas Armadas
HA	High availability
IBM	International Business Machines Corp.
ISA	Instruction Set Architecture
ISCSI	Internet Small Computer Systems Interface
IVA	Impuesto sobre el Valor Añadido
JVM	Máquina Virtual de Java
MATRANS	Mando de Transmisiones

NAS	Network Attached Storage
NTP	Network Time Protocol
PDCIS	Plan Director de Información y Comunicaciones
PEXT	Prácticas Externas
PUT	Pequeña Unidad Táctica
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RAM	Random Access Memory
RT	Regimiento de Transmisiones
SAN	Storage Area Network
SCSI	Small Computer Systems Interface
SIMACET	Sistema de Mando y Control del Ejército de Tierra
SQL	Structured Query Language
SSD	Solid State Drive
TFG	Trabajo Fin de Grado
TI	Tecnologías de la Información
TIC	Tecnologías de Información y Comunicaciones
VDI	Infraestructura de Escritorio Virtual

Comparativa entre sistemas de virtualización nativos

VDI	Virtual Desktop Infrastructure
VM	Máquina Virtual
VMDK	Virtual Machine Disk
VMM	Monitor de Máquina Virtual
VPN	Redes Privadas Virtuales

1 Introducción

La siguiente memoria presenta los resultados del Trabajo de Fin de Grado del grado de Ingeniería en Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar (Zaragoza). Su título es “Comparativa de sistemas de virtualización nativos”.

1.1 Contexto y justificación del trabajo

El estudio realizado se enmarca dentro del Plan Director de Información y Telecomunicaciones (PDCIS), encargado de elaborar la política del Ministerio de Defensa respecto a las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC). A su vez también se encuentra dentro del Plan de Modernización de los Sistemas de Mando, Control y Comunicaciones (Plan MC3), que establece las líneas de actuación para la modernización de los sistemas de mando, control y comunicaciones del ET, la obtención de los materiales, la organización necesaria para su dirección y control, el cual deberá alcanzarse en el horizonte del año 2021. Como consecuencia, habrá un periodo de tiempo, de casi cinco o seis años, en el cual los nuevos materiales que se desarrollarán dentro del Plan MC3 no estarán totalmente disponibles, lo que conllevará que durante dicho ciclo deban convivir medios de transmisiones del antiguo programa RBA (Red Básica de Área) y nuevos medios del Plan MC3.

Los objetivos de dichos planes se resumen en el ahorro de costes y el uso eficiente de los recursos disponibles. La solución para llegar a los objetivos marcados pasaba por la implementación de tecnologías de virtualización. A través de este tipo de tecnologías el Ministerio de Defensa ha conseguido realizar un proceso de consolidación con el objetivo de agrupar aplicaciones y servicios con el consiguiente ahorro en equipos y sistemas. Aunque al tratarse de una implementación nueva, aún está en constante desarrollo y evolución, con la consiguiente necesidad de estudiar constantemente las tecnologías disponibles en el mercado.

1.2 Objetivos del trabajo

El principal objetivo que se persigue es la determinación de un sistema de virtualización común y eficiente para todo el ET, a través de una comparativa entre los dos sistemas actualmente disponibles en las Unidades de Transmisiones, la plataforma VMware con ESXi y la alternativa de Microsoft Hyper-V, concretamente las versiones vSphere 5.5 y la Windows Server 2012 R2, analizando sus diferentes capacidades y carencias. Para ello se han realizado una serie de pruebas sobre escenarios prácticos, aprovechando los periodos de maniobras del RT-1 y las experiencias del personal, así como una matriz de decisión y una estimación de costes, con ambas soluciones de virtualización. Como paso previo al análisis se ha efectuado el estudio del estado del arte de las distintas tecnologías y plataformas de virtualización.

1.3 Estructura de la memoria

La primera parte de la memoria hace referencia al estado del arte de las tecnologías de virtualización (Capítulo 2). En la primera parte del capítulo, se define qué es la

virtualización, también se explican algunos términos específicos relacionados con la misma y que son imprescindibles para comprender el resto de la memoria. En la segunda parte del capítulo se describen los tipos de máquinas virtuales, así como los distintos modelos de virtualización.

En el capítulo 3 se detallan las dos tecnologías de virtualización incluidas en la comparativa, VMware ESXi y Windows Server 2012 Hyper-V. Se citan las características generales de ambas soluciones y también se introduce un subapartado con el objetivo de mencionar las ventajas competitivas de cada plataforma de virtualización.

A continuación, en el capítulo 4, se incluye el ejercicio Tiwar 2016 en el que se ha visto involucrado el RT-1. Esta es una maniobra en la que han participado también Unidades de Transmisiones de distintos lugares de España. Dentro de este ejercicio, el capítulo se ha orientado a lo concerniente a este TFG, es decir, la virtualización. Se describe el despliegue realizado de equipos físicos y las fases para la implementación de la virtualización de un nodo PUT (Pequeña Unidad Táctica).

Posteriormente se ha realizado un análisis comparativo en el capítulo 5. Este análisis se ha llevado a cabo a través de una matriz de decisión y una estimación de costes de adquisición de licencias.

Para concluir esta memoria, el capítulo 6, recoge las conclusiones del TFG en base al estudio realizado, así como las experiencias con los escenarios prácticos y pruebas realizadas. También se han incluido unas líneas futuras como posible investigación.

1.4 Marco del proyecto

La presente memoria ha sido realizada a partir de los conocimientos adquiridos durante las PEXT realizadas en el RT-1. Durante dichas prácticas, se ha tenido la oportunidad de vivir las experiencias y el trabajo del día a día en un Unidad de Transmisiones, compaginado con la realización del TFG. La realización del TFG ha sido supervisada tanto por el Director militar, destinado en el RT-1 Batallón I, como por el Director académico, profesor del Centro Universitario de la Defensa.

En cuanto a la planificación del proyecto para una correcta distribución se ha desarrollado un diagrama temporal (Diagrama Gantt). Este diagrama muestra en una línea temporal las distintas actividades llevadas a cabo durante las Prácticas Externas (PEXT). [\(Véase Anexo A\)](#)

2 Tecnologías de virtualización

2.1 ¿Qué es la virtualización?

La virtualización es una técnica referida a la abstracción de recursos de una computadora que lleva siendo utilizada desde la década de los 60, permite la simulación a partir de un recurso físico de varios recursos, de tal modo que varios sistemas aplicaciones o usuarios finales interactúen con estos recursos lógicos [1] [2].

El origen de esta técnica reside en la necesidad de dividir recursos físicos de una computadora para posteriormente ser utilizados en una máquina virtual. La encargada del desarrollo de esta técnica fue IBM en la década de los 60 para un mejor aprovechamiento y reducción de costes en los recursos informáticos utilizados en aquel momento, los mainframes¹. A través de la virtualización se particionaban los mainframes creando máquinas virtuales independientes para poder ejecutar numerosas aplicaciones y procesos al mismo tiempo. Unas de las principales razones para incluir la virtualización fueron, un ahorro en costes debido al elevado precio de los mainframes, y por otro lado un mejor aprovechamiento de los recursos de estas máquinas [3].

A medida que avanzaron los años, en concreto en la década de los 80, hubo un cambio en la tendencia de uso y diseño de las computadoras coincidiendo con la reducción del coste del hardware. Se abandonan las grandes computadoras y costosas mainframes, y se avanza hacia el concepto de ordenador personal. En este momento el uso de plataformas de virtualización había quedado pausado, pero pronto se vio que estos ordenadores personales estaban desaprovechando gran cantidad de recursos físicos además de aumentar el gasto energético [3].

Debido a todos estos problemas surgidos, actualmente la virtualización está adquiriendo una gran popularidad, llegando a considerarse una de las tecnologías más innovadoras del momento. Esto se está viendo reflejado en que cada vez son más las grandes empresas y también el ET que están implementando en sus equipos diferentes soluciones de virtualización. Aunque existen algunos problemas como puede ser la seguridad que aún requieren una gran mejora y evolución [1].

2.2 Terminología de virtualización

Dos conceptos fundamentales a la hora del estudio de plataformas de virtualización y que actúan como base de la virtualización son: la máquina virtual (VM) y el hipervisor. Es importante conocer la función de estos dos conceptos a la hora de comprender cómo trabaja la virtualización.

El primero de ellos, las máquinas virtuales, se podrían definir como el software encargado de simular un ordenador físico, el cual va a disponer de todos los

¹ Mainframe: computadora grande, potente y de precio elevado utilizada por empresas para el procesamiento de una gran cantidad de datos.

componentes que disponga físicamente el equipo en el cual se trabaje. Por otro lado, la máquina virtual también permitirá la instalación de un sistema operativo totalmente independiente al del propio ordenador físico.

En un nivel anterior a las máquinas virtuales nos encontramos con el hipervisor, o también llamado monitor de máquina virtual (VMM), el cual actúa como una plataforma sobre la cual se aplican las técnicas de virtualización. Permite que diferentes sistemas operativos, tareas y configuraciones puedan coexistir sobre una única máquina física. Se podría decir que es el intermediario entre el hardware y las propias máquinas virtuales.

Existen dos tipos de hipervisores dependiendo de si trabajan directamente sobre el hardware o si tienen un sistema operativo de la máquina física de por medio.

El **hipervisor de tipo I, bare-metal, nativos o unhosted**, se ejecuta directamente sobre el hardware del equipo anfitrión. El hipervisor se va a cargar con anterioridad a los sistemas operativos invitados, es decir, los sistemas operativos de las máquinas virtuales. En este tipo, el hipervisor es el encargado de controlar todos los accesos directos a hardware. Actualmente este tipo de hipervisor es utilizado por algunas de las soluciones de virtualización más prestigiosas, por ejemplo: VMware ESXi, Microsoft Hyper-V, Citrix Xen Server y Xen Project.

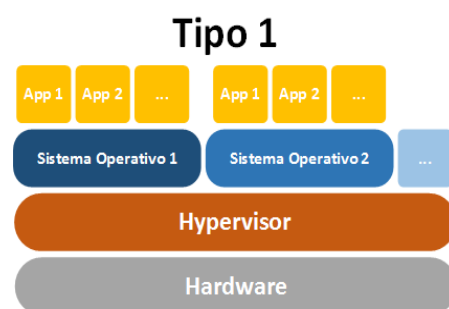


Figura 2-1. Ejemplo hipervisor tipo I.
Fuente: Elaboración propia

El **hipervisor de tipo II o hosted**, se ejecuta y requiere un sistema operativo completo instalado en el equipo anfitrión, este sistema operativo va a ejecutarse antes que el hipervisor. Este tipo presenta una mayor compatibilidad con el hardware que el hipervisor de tipo I, ya que en este caso el sistema operativo es el encargado de gestionar los drivers. Por otro lado, la desventaja que presenta este hipervisor es que requiere de un sistema operativo trabajando simultáneamente con el hipervisor lo que va a provocar un aumento en el consumo de recursos, lo que se traduce en una disminución del rendimiento de las máquinas virtuales [1] [4].

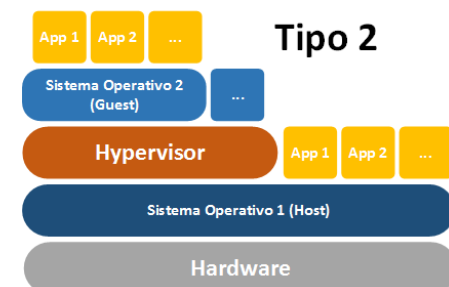


Figura 2-2. Ejemplo hipervisor tipo II.
Fuente: Elaboración propia

2.3 Tipos de máquinas virtuales

Con el objetivo de entender mejor cómo operan los dos tipos de máquinas virtuales se va a explicar previamente la estructura de una máquina física. En el nivel más bajo de las máquinas físicas se encuentra el hardware con sus distintos componentes, unidad central de procesamiento (CPU), memorias (tanto volátiles como no volátiles), periféricos de entrada y salida y tarjetas de red. Por encima de este nivel y tomando el hardware como base se instala el sistema operativo, éste va a ser el encargado de ejecutar las distintas aplicaciones y programas instalados en el equipo.

Una vez explicado de forma breve la estructura general de las máquinas físicas, se va a proceder con la descripción de los distintos tipos de máquinas virtuales: las máquinas virtuales de hardware o sistema y las máquinas virtuales de proceso o de aplicación [1] [5].

2.3.1 Máquinas virtuales de hardware o sistema

Son las máquinas que emulan un equipo físico completo, se ejecutan sobre el equipo físico llamado anfitrión y utilizan sus recursos de hardware. La máquina virtual cree disponer exclusivamente de los recursos físicos del hardware que le son asignados, pero realmente solo está haciendo un uso virtual de los mismos. En la máquina virtual irán instalados el sistema operativo y los distintos programas y aplicaciones requeridas.

Este tipo de máquinas presentan una gran cantidad de funcionalidades entre las que podemos destacar:

- Coexistencia de sistemas operativos: la máquina física va a poder albergar varias máquinas virtuales y por consiguiente se dispone en un único equipo físico con diversos sistemas operativos disponibles.
- Consolidación de servidores: a través de las máquinas virtuales ya no es necesario un equipo físico para cada servicio que se desee implementar, cada máquina virtual puede albergar un servicio concreto y todos ellos estar ejecutados sobre un único equipo físico.
- La máquina virtual tiene la capacidad de proporcionar arquitecturas de instrucciones (ISA²) diferentes a la implementada por la máquina física anfitriona.
- Testeo: posibilidad de realizar distintas pruebas de software sobre las máquinas virtuales sin repercusión en el equipo físico.

Este tipo de máquinas virtuales presentan la base de la virtualización y van a dar lugar a distintos modelos de virtualización explicados más adelante. Las alternativas de virtualización que ofrecen este tipo de máquinas virtuales van a estar íntimamente ligadas con el tipo de hipervisor implementado, ya sea de tipo I o de tipo II como se ha explicado anteriormente.

2.3.2 Máquinas virtuales de proceso o de aplicación

Este segundo tipo de máquinas virtuales se diferencia claramente de las anteriores ya que no es una máquina virtual completa, sino un proceso ejecutado en el sistema operativo. La máquina se ejecuta como un proceso único y de forma similar al resto de

² ISA: (Instruction Set Architecture) es una especificación que detalla las instrucciones que una CPU de un ordenador puede entender y ejecutar, o el conjunto de todos los comandos implementados por un diseño particular de una CPU.

procesos ejecutados en el sistema operativo. Cabe destacar que cada máquina virtual de proceso soporta la ejecución de un único proceso. El objetivo principal de estas máquinas es proporcionar un entorno de ejecución independiente del hardware y del sistema operativo para el proceso que van a ejecutar.

Existen numerosos ejemplos de máquinas virtuales de proceso, aunque en la actualidad destacan principalmente dos de ellos: la máquina virtual de Java (JVM) y el Common Language Runtime (CLR³).

2.4 Modelos de virtualización

A continuación, se va a proceder a explicar los diferentes modelos de virtualización con los que nos podemos encontrar en el mercado. Debido a la relativa madurez de esta tecnología podemos encontrar diferentes clasificaciones según las fuentes consultadas. De modo genérico los dos modelos principales de virtualización son la virtualización de plataforma y la virtualización de recursos, aunque también existen otros tipos como pueden ser la virtualización de aplicaciones, escritorio, de red, de almacenamiento, etc.

De todos los modelos existentes en la actualidad, los más utilizados dentro de las Fuerzas Armadas son la virtualización de plataforma y la virtualización de recursos [6]. Pero tampoco hay que dejar de lado otros dos modelos de virtualización, de escritorio y de aplicación, que como se describe en el artículo sobre la plataforma MC3⁴ en la revista Ejército⁵, podrían ser de gran utilidad para las Fuerzas Armadas [1] [4] [2] [7].

2.4.1 Virtualización de plataforma

La virtualización de plataforma es uno de los modelos más populares y consiste en la creación de una máquina virtual a través de una combinación de hardware y software. El software host o anfitrión va a ser el encargado de simular un entorno computacional sobre el cual se va a ejecutar la máquina virtual. En esta máquina virtual se va a instalar un software guest o invitado que normalmente es un sistema operativo completo. La simulación creada por el software anfitrión debe de ser lo suficientemente robusta como para soportar los interfaces externos del software invitado, así como para interactuar con el hardware físico que soporta ambos softwares.

Este modelo de virtualización contiene a su vez una subdivisión de modelos, de los cuales vamos a destacar por importancia y uso la emulación, la virtualización completa y la paravirtualización.

³ CLR: es un entorno de ejecución para los códigos de los programas que corren sobre la plataforma Microsoft .NET.

⁴ Plataforma MC3: creada en 2010 con el objetivo de disponer de una plataforma de pruebas para sistemas CIS del ET en servicio, en evolución o en desarrollo.

⁵ [Revista Ejército, N°873, pag.69](#)

2.4.1.1 Emulación

Es una de las técnicas de virtualización más antiguas utilizadas en ordenadores personales, concretamente muy popular en la década de los ochenta y principios de los noventa [5]. Consiste en una simulación de un hardware completo, el procesador anfitrión traduce cada una de las instrucciones, simulando en tiempo de ejecución hardware inexistente. Es por eso una técnica altamente ineficiente principalmente por sus excesivos tiempos de cómputo. Una de las capacidades destacable es que permite que la máquina virtual admita sistemas operativos invitados sin modificar para arquitecturas de hardware completamente diferentes al hardware anfitrión.

2.4.1.2 Virtualización completa

Full Virtualization

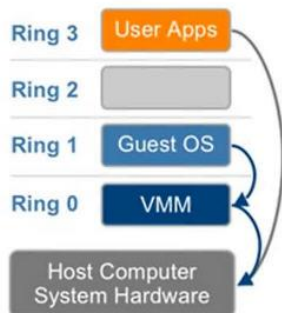


Figura 2-3. Arquitectura virtualización completa [13].

Un elemento clave en este modelo es el hipervisor, explicado anteriormente. Va a ser el encargado de interactuar directamente con los elementos físicos, es decir, con el hardware. El hipervisor crea una plataforma sobre la que van a operar las máquinas virtuales, ofreciendo de esta manera, una total independencia y autonomía con respecto a otras máquinas virtuales en ejecución sobre el mismo hardware [7]. También es el encargado de supervisar los recursos físicos y distribuirlos entre las máquinas virtuales. Un factor a tener en cuenta es que el hipervisor requiere de procesamiento de datos por lo que necesita reservar parte de la potencia de cálculo de los recursos físicos. Esto último podría afectar negativamente al rendimiento general y ralentizar las máquinas virtuales ejecutadas.

2.4.1.3 Paravirtualización

Esta técnica surgió como una alternativa, con el objetivo de mejorar la eficiencia de las máquinas virtuales y así poder acercarse al rendimiento nativo. La principal diferencia que presenta este modelo frente a los demás es que en este caso el sistema operativo invitado debe ser modificado [4]. La máquina virtual ofrece una interfaz de programación de aplicaciones (API) especial para ser utilizada por el sistema operativo invitado modificado. Estas modificaciones están basadas en la arquitectura de anillos concéntricos que presentan los sistemas operativos, siendo el nivel interno el más bajo (nivel 0) y el más privilegiado. De acuerdo con este tipo de estructura cuando un proceso padre crea un proceso hijo, este proceso hijo va a ser ejecutado en un nivel superior que el padre. De este modo cuando el software de virtualización se ejecute en el nivel 0 la máquina virtual estará trabajando en el nivel 1.

Paravirtualization

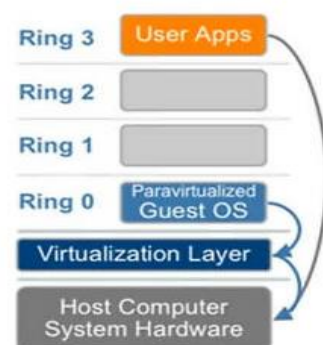


Figura 2-4. Arquitectura paravirtualización [13].

El problema que esta técnica evita, viene debido a que gran cantidad de las instrucciones del núcleo de los sistemas operativos solo se ejecutan si están en el anillo

0, de modo que obliga a que el software de virtualización se encuentre constantemente recompilando el sistema operativo invitado, para lograr que estas instrucciones se ejecuten fuera del anillo 0. Con las modificaciones realizadas en el sistema operativo invitado se evita el problema mencionado anteriormente, y se recibe la ayuda de un compilador inteligente que reemplaza las instrucciones del sistema operativo que no se pueden virtualizar con hiperllamadas.

Una de las ventajas que claramente ofrece esta técnica es aumentar la eficiencia y reducir la sobrecarga, pero, por otro lado, presenta problemas de compatibilidad y la complejidad de los cambios requeridos en el núcleo del sistema operativo.

2.4.2 Virtualización de recursos

Este modelo de virtualización involucra como su propio nombre indica, la simulación de recursos, como pueden ser volúmenes de almacenamiento, espacios de nombre y recursos de red. Algunos ejemplos de este tipo de virtualización son: discos RAID⁶ y gestores de volúmenes, Redes Privadas Virtuales (VPN) o virtualización de almacenamiento como SAN⁷.

2.4.3 Virtualización de aplicaciones

Se entiende por virtualización de aplicaciones cuando la aplicación en cuestión se ejecuta en el equipo sin necesidad de ser instalada. Esta aplicación va a estar contenida en un paquete que contiene a la propia aplicación y a todo el entorno y configuraciones necesarias para su ejecución. La aplicación se ejecutará en el equipo a través de un entorno virtual aislado y sin que se modifique nada en el sistema local. El modelo permite que no sea necesaria la instalación ni la modificación del sistema operativo y una rapidez y facilidad para el despliegue de aplicaciones [1].

2.4.4 Virtualización de escritorio

La infraestructura de escritorio virtual (VDI) separa el propio escritorio sobre el que trabajan los usuarios con sus datos y aplicaciones, de la máquina física. Esta infraestructura permite que se hospede un sistema operativo de escritorio en una máquina virtual, que a su vez están alojadas en un clúster de servidores. Las máquinas virtuales se ejecutan en los servidores de forma centralizada y remota. Este tipo de infraestructura permite que no sea necesario el almacenamiento en el propio ordenador y crea un entorno independiente que permite ejecutar y operar aplicaciones no compatibles con el ordenador.

⁶ RAID: (Redundant Array of Independent Disks) sistemas de discos independientes que trabajan conjuntamente.

⁷ SAN: (Storage Area Network) red de área de almacenamiento.

3 Sistemas de virtualización

En este apartado se va a proceder a hacer una descripción de los dos sistemas de virtualización estudiados, VMware ESXi y Microsoft Hyper-V. Concretamente la descripción se centrará en la versión vSphere 5.5 de VMware y la versión Windows Server 2012 Hyper-V de Microsoft. La elección de estas versiones viene dada una vez realizado el estudio del arte de las tecnologías y buscando una compatibilidad con las licencias disponibles en las Unidades de Transmisiones, con el fin de poder llevar a cabo los escenarios prácticos. Por otro lado, la descripción se focalizará principalmente en los detalles más relevantes y de interés para las Unidades. También se han incluido anexadas una serie de tablas con características de ambos sistemas. ([Véase Anexo B](#))

3.1 VMware ESXi

VMware es una gran empresa filial de Dell, con una extensa trayectoria en lo que a soluciones de virtualización se refiere. Se estima que en la actualidad supera los 500.000 clientes distribuidos en empresas de distinta envergadura, que corroboran la calidad de los servicios que ofrecen [8]. Ofrece una gran variedad de paquetes y productos tanto gratuitos como bajo adquisición de licencia. A continuación, se van a destacar los detalles más significativos del paquete de software elegido, vSphere 5.5. Éste ha sido el software utilizado durante las pruebas prácticas que se detallarán más adelante.

La plataforma de virtualización vSphere 5.5 fue publicada en 2013 y como es habitual en las versiones nuevas, incluye una serie de mejoras, nuevas capacidades y características con respecto a las anteriores versiones. A través de su procesamiento de operaciones ofrece una gran solución con mejoras operativas en la supervisión del rendimiento y la capacidad de gestión. Está diseñado tanto para pequeños Centros de Transmisiones como para grandes despliegues, con la capacidad de ejecutar un gran número de aplicaciones con altos niveles de servicio y maximizar el ahorro de hardware mediante una mayor tasa de utilización de capacidad y consolidación.

Entre las características más destacables de esta plataforma se encuentran:

- Duplicado de los niveles máximos en las configuraciones: esta versión puede albergar 320 CPU lógicas, 4096 CPU virtuales y es compatible con hasta 4TB de memoria RAM.
- Se añade la posibilidad de añadir y quitar dispositivos SSD en ejecución desde un vSphere 5.5 anfitrión.
- Mejora en la administración de energía, se minimiza el consumo de energía por parte de CPU inactivas.
- Compatibilidad con la máquina virtual ESXi ampliamente utilizada en las FAS.
- Se aplica un nuevo ajuste llamado sensibilidad de latencia. Permite ajustar este parámetro para ayudar a reducir la latencia de la máquina virtual.

- Inicio de sesión único, ya no existe una base de datos externa requerida para el servidor de inicio de sesión.
- Cliente web compatible con Mac para incluir la posibilidad de acceder a las consolas de máquinas virtuales.
- vCenter Server Appliance, es una base de datos rediseñada que ofrece una mayor escalabilidad.
- vSphere App HA, es una aplicación que incorpora para supervisar los servicios de aplicaciones que se ejecutan en la máquina virtual, y cuando se detectan problemas la aplicación lleva a cabo acciones de reinicio.
- vSphere Big Data Extensions: permite desplegar y administrar clústeres cuando se procesan grandes volúmenes de datos.
- Soporte para 62TB VMDK: se aumenta el tamaño máximo del archivo de disco de máquina virtual.
- Clústeres que se ejecutan y son compatibles con Microsoft Windows 2012.

3.1.1 Ventajas competitivas

Analizando las capacidades de la plataforma VMware, concretamente la versión vSphere 5.5 y comparando con el resto de plataformas disponibles en el mercado, se pueden destacar las siguientes características como ventajas competitivas de este sistema de virtualización:

- VMotion: es una característica de VMware que facilita la migración de máquinas virtuales entre los servidores físicos, esto sin necesidad de apagar los equipos ni moverlos de servidor. Esta capacidad también tiene gran utilidad en caso de que se lleve a cabo un mantenimiento de los equipos o en caso de producirse un fallo de hardware.
- HA (High availability): la característica de Alta Disponibilidad proporciona, en caso de fallo de algún servidor físico, un análisis del estado de las máquinas virtuales contenidas hasta el momento del fallo, y una reanudación las máquinas virtuales en otro servidor disponible de la arquitectura.
- DRS (Dynamic Resource Scheduling): analiza la utilización de los recursos del sistema y con ayuda de VMotion, migra las máquinas entre servidores para evitar la saturación de los equipos físicos. Esta reasignación o reacomodo de las máquinas virtuales puede efectuarse de manera manual o automática, previa configuración de la consola de administración.

3.2 Windows Server 2012 Hyper-V

La solución de virtualización desarrollada por Microsoft recibe el nombre de Hyper-V. Primero fue introducido como parte de Windows Server 2008, continuó evolucionando con mejoras en una segunda versión del Server 2008 para finalmente llegar a la versión actual Windows Server 2012. Hyper-V proporciona a las organizaciones una herramienta para optimizar las inversiones en relación al hardware de los servidores físicos mediante la consolidación de múltiples funciones de servidor como máquinas virtuales independientes que se ejecutan en un solo servidor físico. También ofrece la posibilidad de un funcionamiento eficiente en múltiples sistemas operativos, incluyendo los sistemas operativos que no sean Windows, como Linux, operando juntos en un único servidor y aprovechando el poder de computación de 64 bits [9].

Del mismo modo que el sistema de virtualización VMware, la versión que se va a detallar de Hyper-V será la misma que la utilizada en las pruebas prácticas que más adelante se detallan, coincidiendo también con la utilizada en el RT 1 para la virtualización del nodo PUT. Esta versión fue lanzada en 2012 y trajo un extenso número nuevo de capacidades mejoradas. Algunas de estas capacidades tienen que ver con mejoras de escalabilidad, nuevas características de almacenamiento y redes, mejoras significativas en cuanto a la migración en vivo, mayor integración con el hardware y caja de máquinas virtuales con capacidad de replicación. Estas mejoras se pueden agrupar principalmente en 4 áreas clave: [9] [10]

- Escalabilidad y rendimiento: en la actualidad los clientes buscan entornos de trabajo cada vez mayores, máquinas virtuales más potentes que permitan manejar las demandas de carga de trabajo. Además, se desea aprovechar el hardware de los sistemas físicos de la forma más eficiente para conducir a una reducción de costes.
- Seguridad y multiusuario: los centros de datos virtualizados son cada vez más populares y frecuentes entre las grandes instituciones. Debido a esta tendencia, las organizaciones de Tecnologías de la Información (TI) y los proveedores de alojamiento deben ofrecer a los clientes una mayor seguridad y aislamiento entre infraestructuras virtualizadas, y en algún caso, codificación para satisfacer la demanda.
- Infraestructura flexible: en los centros de datos modernos y también muy aplicable al entorno de las FAS, los clientes buscan agilidad del sistema, con el fin de responder a las demandas cambiantes de forma rápida y eficiente. Disponer de la capacidad de desarrollar cargas de trabajo de manera flexible alrededor de la infraestructura es de vital importancia, teniendo así mismo la posibilidad de que el cliente elija donde desplegar sus cargas de trabajo.
- Alta disponibilidad y flexibilidad: la confianza por parte del cliente con la virtualización está creciendo, lo que provoca que también se aplique esta tecnología a cargas de trabajo críticas, aumentando a su vez la importancia de mantener disponibles continuamente dichas cargas. Con capacidades integradas disponibles en las plataformas no sólo se ayudará a mantener esas cargas de trabajo altamente disponibles, sino también, en el caso de algún tipo de fallo, disponer de una rápida reacción para restaurar información en otra ubicación.

3.2.1 Ventajas competitivas

En este apartado se van a mostrar algunos aspectos que diferencian a Windows Server 2012 sobre sus principales competidores. Las características generales que ofrecen las distintas alternativas que se pueden encontrar en el mercado son bastante similares pero cada compañía siempre dispone de alguna característica extra que le permite diferenciarse de la competencia. A continuación, se detallan las características que diferencia a Windows Server 2012 Hyper-V [9] [10]:

- Cambio de tamaño de disco virtual online: con esta característica, los administradores pueden aumentar y disminuir los discos virtuales que están conectados al controlador SCSI de una máquina virtual, proporcionando al administrador una mayor flexibilidad para responder a las necesidades cambiantes de los usuarios.
- Seguridad física: cuando hablamos de tecnologías de virtualización generalmente están dentro de entornos seguros, pero cuando estos entornos no son seguros no todas las tecnologías ofrecen soluciones de seguridad. En este caso Windows Server 2012 Hyper-V ofrece el cifrado de unidad Bitlocker, permitiendo a los usuarios cifrar los datos almacenados en el volumen de sistema operativo y los volúmenes de datos configurados, junto con los discos en clúster.
- Gestión de datos duplicados: se proporcionan una bandeja de capacidades de deduplicación la cual utiliza sub-archivos de tamaño variable fragmentados y comprimidos con el fin de reducir considerablemente el consumo de almacenamiento para archivos y carpetas almacenados en volúmenes de Windows Server. También se ha añadido soporte para las implementaciones de VDI (Virtual Desktop Infrastructure), las tasas de eliminación de datos duplicados para los despliegues de VDI pueden llegar al 95% de ahorro.
- Licencias completas para la administración de bases de datos SQL: con la licencia del paquete se incluye todo lo necesario para la administración del servidor de bases de datos de hasta 100 hosts y 25000 máquinas virtuales.

4 Ejercicio Tiwar 2016

El ejercicio Tiwar consiste en unas maniobras lideradas por MATRANS (Mando de Transmisiones) que se celebran cada año con una duración de una semana. El objetivo de este ejercicio es la realización de una maniobra integrando los Regimientos de Transmisiones para una puesta en común de medios, técnicas y procedimientos utilizadas por cada regimiento. Concretamente la correspondiente a 2016 ha sido celebrada en la última semana de septiembre, y en este ejercicio se han realizado diversas pruebas en el ámbito de las transmisiones, de las cuales se han destacado las relacionadas con la temática de este TFG, la virtualización.

Acorde con esta tecnología se ha realizado la virtualización de un nodo PUT, una serie de equipos que ofrecen diversos servicios a una pequeña unidad. Entre los servicios proporcionados se pueden destacar clientes de correo electrónico, gestores de almacenamiento y clientes SIMACET. La aplicación de la tecnología de virtualización en este tipo de nodo se ha llevado a cabo con el fin de dar soporte a nuevos servicios, mejorar las capacidades de supervivencia y despliegue de dichos nodos.

Para ello se han adaptado las configuraciones hardware del nodo PUT de modo que sus servidores han quedado con la configuración descrita a continuación:

- 1 servidor modelo Dell Poweredge R210 II con 4 x 8GB de RAM y 4 procesadores.
- 1 servidor modelo Dell Poweredge R210 II con 4 x 8GB de RAM y 4 procesadores.
- 1 servidor modelo Dell Poweredge R210 II con 4 x 2GB de RAM, 2 x 4TB de almacenamiento y 4 procesadores.

Los dos primeros servidores con 32GB de RAM cada uno, han sido configurados en clúster y se le ha instalado a cada uno el entorno de virtualización VMware ESXi en un primer despliegue, y Windows Server 2012 R2 en un segundo despliegue. Sobre estos entornos se crean las máquinas virtuales necesarias acorde con los servicios requeridos, una máquina virtual para cada servicio. La idea de configurar los servidores en clúster es para realizar un uso eficiente de los recursos y para tener la capacidad de supervivencia del sistema. Si se diera el caso de que un servidor físico no estuviera disponible las máquinas virtuales se ejecutarían en el otro. [11]

Por otro lado, se ha configurado el tercer servidor a modo de almacenamiento para crear una cabina de almacenamiento iSCSI⁸. Para ello se han instalado dos discos de 4TB cada uno, en RAID 1. Este sistema de almacenamiento sacrifica la capacidad en favor de la seguridad, esto se traduce en que almacena los datos por duplicado una copia en cada disco. De tal manera que la información es redundante, si falla un disco no se perdería la información ya que está copiada en el otro. Cuando hablamos del tipo

⁸ iSCSI: (Internet Small Computer Systems Interface) protocolo de la capa transporte basado en red de área de almacenamiento.

de información con la que se trabaja en las Unidades de Transmisiones este tipo de almacenamiento es imprescindible. Este sistema de almacenamiento está administrado a través del sistema operativo de código abierto, que previamente se instala en el servidor, NAS4Free. [12]

A continuación, se muestra una imagen con la topología de red explicada anteriormente:

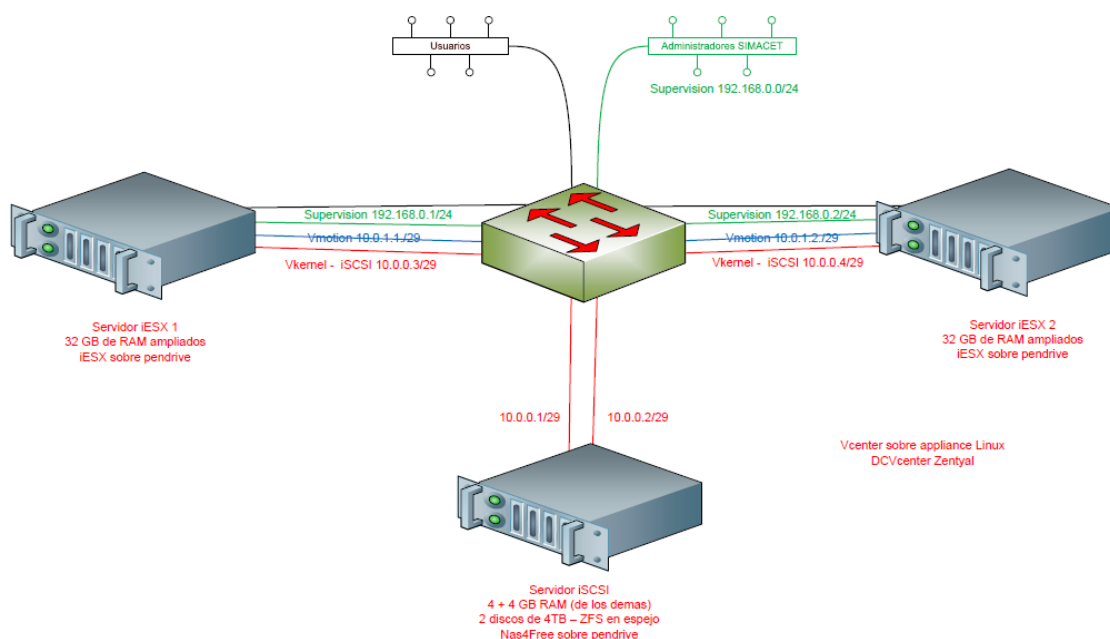


Figura 4-1. Topología de red [11].

Una vez establecido el entorno de virtualización con la instalación de sus respectivos sistemas operativos se ha procedido con las siguientes fases:

- Proceder con la instalación del software original del nodo SIMACET PUT en su versión 4.0.2, pero realizando la instalación sobre 4 máquinas virtuales que emulen los 4 servidores físicos actuales. Tres de ellos son los descritos anteriormente y un cuarto sobre un equipo personal que soporta el SharePoint (servicio de creación de sitios web).
- Realizar una adaptación de la instalación anterior, separando los servicios que se unifican en determinadas máquinas físicas para que cada servicio se ejecute sobre una máquina virtual distinta. Como ejemplos de esta adaptación podemos encontrar la separación del servidor Exchange (cliente de correo electrónico) del servidor NAS, o el servidor de Antares (Control de operaciones terrestres) del XoMail (Mensajería preformateada).

Una vez determinadas las fases a seguir se va a proceder a describir en detalle el desarrollo de la prueba:

1. Se ha instalado, configurado y ejecutado el sistema iSCSI desde una memoria flash extraíble en los dos discos de almacenamiento físicos. Para ello se ha utilizado el software NAS4Free.
2. Se ha instalado, configurado y ejecutado el software ESXi desde una memoria flash extraíble en los dos servidores físicos. El ESXi está basado en Linux y para su configuración se ha introducido la ipv4 con su máscara, DNS, usuario, contraseñas, NTP (cliente) en cada uno de los dos servidores.
3. Se instala de forma virtualizada un controlador de dominio Zentyal basado en Linux que no va a estar en la red de producción. Este controlador va a gestionar el dominio virtual (ESX y Vcenter). También va a trabajar como servidor DNS y NTP.
4. También se instala de forma virtualizada el Vcenter. El Vcenter administra la configuración en clúster de los dos servidores físicos sobre los que se ha instalado previamente ESXi. Estos tienen configurado tanto HA como DRS, dos características de la solución VMware explicadas en el apartado de ventajas competitivas. Se ha configurado las tarjetas, switch y redes virtuales. Con esto queda configurado el sistema clúster.
5. Se realiza la instalación completa del software del nodo, con la salvedad de que se instala sobre máquinas virtuales en vez de servidores físicos. Se realiza la configuración y se verifica su correcto funcionamiento desde un cliente.
6. Se realizan distintas pruebas obteniendo los siguientes resultados:
 - a. Instalación del software de virtualización, duración estimada 1 hora.
 - b. Arranque del nodo desde cero, duración 20 minutos.
 - c. Se procede a apagar un servidor físico para demostrar la supervivencia del sistema, con resultados exitosos al trasladarse las máquinas en ejecución al servidor activo.
 - d. Se ha realizado un pausado de las máquinas simulando un salto del nodo reanudándolas de nuevo y obteniendo un tiempo de despliegue de 10 minutos desde el estado de pausa.
7. Se ha llevado a cabo la separación de los servicios SIMACET-Xomail, Exchange-Jchat⁹, con el objetivo de disponer de cada servicio sobre una máquina virtual distinta.

Una vez finalizadas las pruebas con el software de VMware se ha procedido con el software de Microsoft. No se van a detallar los equipos físicos, fases de instalación o

⁹ Jchat: plataforma chat, que permite mantener conversaciones en tiempo real.

procesos concretos, que coincidan exactamente con el software de VMware ya detallado anteriormente.

Se ha realizado la instalación de Windows Server 2012 R2 con una diferencia respecto al ESXi. La instalación se ha llevado a cabo directamente sobre el almacenamiento interno de los servidores y no sobre memorias flash extraíbles debido a compatibilidades del sistema. Una vez instalada la plataforma de virtualización base se ha continuado con la instalación del System Center para el nodo PUT. Con la plataforma de virtualización completa se ha comenzado a crear las máquinas virtuales para cada servicio, en este caso ya con los servicios por separado aprovechando el trabajo realizado anteriormente con el software alternativo.

Para finalizar, y disponer de unas experiencias de contraste entre sistemas de virtualización se han repetido las pruebas realizadas sobre el software de VMware. El resultado de dichas pruebas se muestra a continuación:

- Instalación del software de virtualización, duración estimada 1,5 horas.
- Arranque del nodo desde cero, duración 15 minutos.
- Se procede a apagar un servidor físico para demostrar la supervivencia del sistema, con resultados exitosos al trasladarse las máquinas en ejecución al servidor activo.
- Se ha realizado un pausado de las máquinas simulando un salto del nodo reanudándolas de nuevo y obteniendo un tiempo de despliegue de 8 minutos desde el estado de pausa.

5 Análisis comparativo

Una vez analizados en profundidad los dos sistemas de virtualización a comparar y tras destacar las características más reseñables de cada alternativa, se ha procedido con un análisis comparativo. Este análisis se ha realizado a través de una matriz de decisión con el fin de proporcionar un resultado numérico a la comparativa.

Variables	VMware ESXi	Windows Hyper-V	Ponderación
Facilidad de instalación	3	5	0.8
Facilidad de uso	3	4	
Formación de los operadores	3	3	
Características incluidas en la licencia	4	5	1
Seguridad	3	4	
Escalabilidad	4	3	
Flexibilidad de infraestructura	4	4	
Disponibilidad	5	4	
Portabilidad	4	4	
Redes	4	3	0.5
Sistemas operativos soportados	5	3	
Tiempos de despliegue	3	4	1
Costes	5	4	
Resultado	43.7	44.6	

Tabla 5-1: Matriz de decisión.

La matriz de decisión se ha establecido con una serie de variables a valorar teniendo en cuenta las necesidades de las Unidades de Transmisiones, a su vez, se han fijado una serie de ponderaciones, entre 0 y 1 a cada grupo de variables acorde con la importancia que reciben dentro del estudio. Las ponderaciones más altas se encuentran entre las variables con una gran repercusión a la hora de llevar a cabo la virtualización por parte de las UT. Por el contrario, las más bajas coinciden con las variables que no se presentan como un elemento clave. Las puntuaciones otorgadas a cada uno de los sistemas oscilan entre 1 y 5, siendo 1 el valor más negativo y 5 el valor más positivo. Estas puntuaciones han sido resultado del estudio en profundidad del estado del arte, de lo observado durante los escenarios prácticos ([Tiwari 2016](#)) y de las entrevistas realizadas a expertos detalladas en el [Anexo C](#).

El primer grupo de variables está relacionado con el manejo del propio software y recibe una ponderación de 0.8 ya que representan variables de gran importancia, aunque sin llegar a ser un elemento clave. Se ha estudiado la complejidad del sistema de instalación y su uso teniendo en cuenta los tiempos necesarios y lo intuitivo que se presenta el software ante el operador. En cuanto a la formación de los operadores ha recibido la misma puntuación debido a que el aspecto crítico de dicha formación sería el tiempo, y ambos sistemas requieren del mismo tiempo de formación.

El segundo y tercer grupo pertenecen a características del software. Se diferencian, como se puede observar en la tabla anterior, en la ponderación recibida, ya que el segundo grupo representan un elemento clave para las UT. Por el contrario, el tercer grupo son variables con una menor relevancia. Las características incluidas en la licencia hacen referencia a las tecnologías que se incluyen con la licencia adquirida, teniendo en cuenta si alguna de las que requiere el ET es necesaria con una licencia extra. La variable disponibilidad está relacionada con la supervivencia del sistema, es decir, las características de cada software que permiten la disponibilidad de las máquinas virtuales en caso de fallo de algún sistema físico.

Por último, se han analizado el tiempo de despliegue y los costes. El tiempo de despliegue se refiere al tiempo que cada software necesita para iniciarse y ponerse en funcionamiento. En cuanto a los costes es necesario detallar esta variable tanto por su repercusión, como por su complejidad al incluir varias licencias.

Para llegar a las calificaciones que figuran en la tabla, se ha realizado una estimación de costes sobre las versiones analizadas de cada producto y teniendo en cuenta las licencias extras necesarias en las UT. Los precios se han calculado sobre las licencias necesarias para la virtualización de un nodo PUT, como el utilizado en el escenario práctico, con dos servidores y dos procesadores cada servidor. Es importante destacar el número de procesadores ya que las licencias se adquieren para cada procesador en el caso de VMware y cada dos procesadores en el caso de Microsoft.

En el caso de VMware son necesarias dos tipos de licencias:

- Vcenter, versión enterprise. Requiere una licencia para cada nodo. Precio por licencia: 3152 €.
- VSphere 5.5 enterprise plus. Necesaria una licencia para cada procesador. Precio por licencia: 1602 €.

Con los precios anteriores y teniendo en cuenta el número de procesadores totales, cuatro en este caso, se puede calcular el precio total. El precio total del sistema de virtualización VMware para un nodo PUT es: 9567€.

La alternativa de Microsoft, Hyper-V, también requiere la adquisición de dos tipos de licencias:

- Windows Server 2012 R2 Datacenter. Cada licencia es válida para dos procesadores. Precio por licencia: 4307€.
- System Center 2012 R2. Es necesario adquirir una licencia por cada nodo. Precio por licencia: 3231€.

El coste total del sistema de virtualización de Microsoft para un nodo PUT tiene un precio total de: 11845€.

Todos los precios mostrados no incluyen el IVA y han sido extraídos de adquisiciones realizadas por UT del ET. El precio que se ha estimado para ambos sistemas incluye únicamente la plataforma de virtualización (ver Figura 5-1), es decir, no se incluye el precio de los sistemas operativos o licencias de servicios en caso de que supongan un coste. Este aspecto está relacionado directamente con una característica que ofrece Microsoft con la versión incluida en la comparativa, licencias ilimitadas para las máquinas virtuales. Esto se traduce en un importante ahorro en licencias de sistemas operativos.

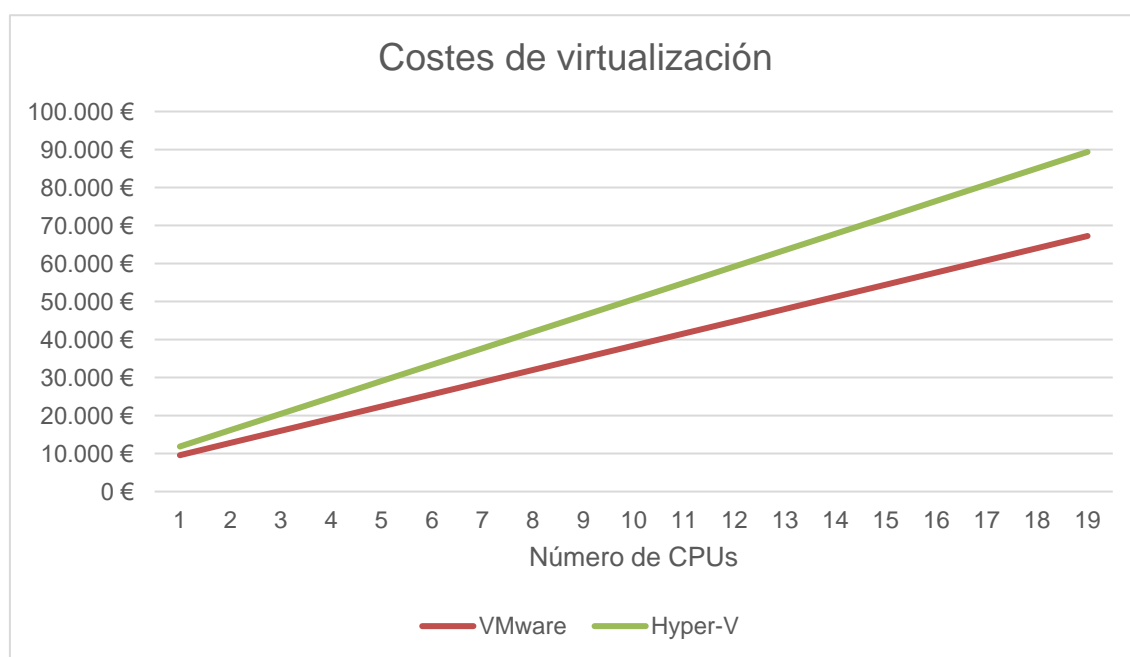


Figura 5-1: Gráfico comparativo de costes de virtualización por número de CPUs.

Un aspecto que puede inducir a error es que el precio de licencia vSphere es por CPU, sin embargo, Windows Server 2012 incluye dos CPU. Este aspecto puede hacer pensar que en una infraestructura de un mayor tamaño la opción rentable sería la de Microsoft, pero como se puede observar en el siguiente gráfico las diferencias aumentan a medida que se incluyen más procesadores.

Ahora bien, si tenemos en cuenta todas adquisiciones de licencias que son necesarias, es decir, a las mostradas anteriormente se deben de añadir las correspondientes a los sistemas operativos de las máquinas virtuales. Estas licencias deben de ser adquiridas sólo en el caso de utilizar el sistema de virtualización de VMware, ya que como se ha explicado previamente Microsoft proporciona licencias ilimitadas para las máquinas virtuales creadas.

A continuación, se muestra un gráfico con los costes totales de licencias, sistemas de virtualización y sistemas operativos. Se ha tomado como referencia el precio de licencias de sistemas de virtualización para un nodo PUT de 4 procesadores y como

precio unitario de licencia de sistema operativo (Windows 7 Enterprise) 229€. De forma genérica un nodo PUT crea 20 máquinas virtuales con exigencia de sistema operativo, en este caso se ha realizado un gráfico para observar la evolución de costes desde 1 máquina virtual hasta 50. Se ha obtenido como punto de inflexión que a partir de 10 máquinas virtuales los costes del sistema VMware aumentan considerablemente, siendo la opción más rentable Microsoft.

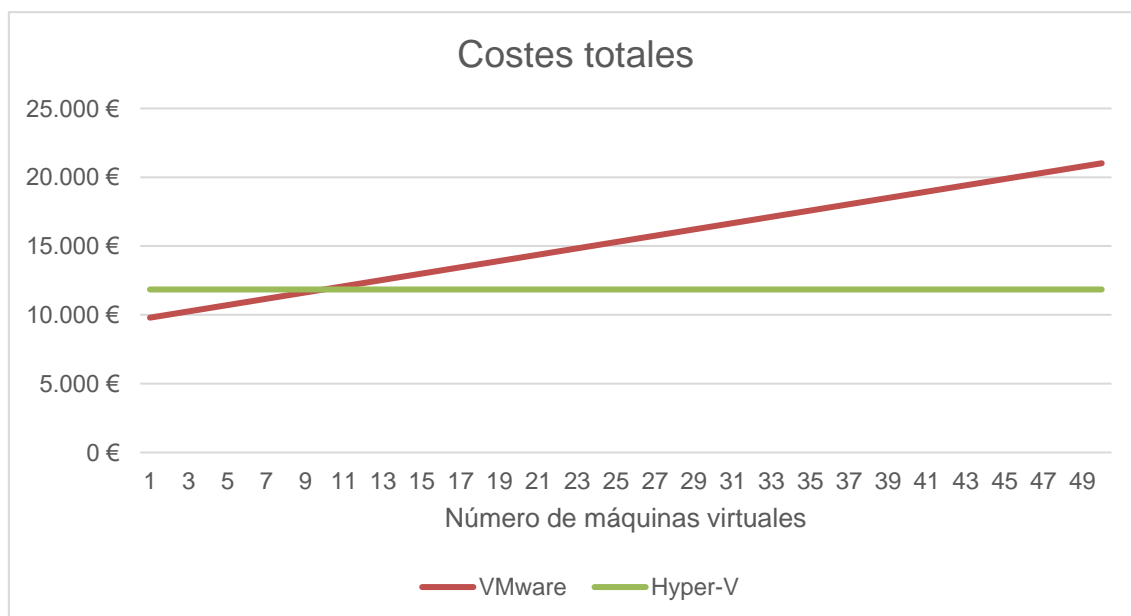


Figura 5-2: Gráfico de costes totales para un nodo PUT con 4 CPUs.

Como balance final del análisis comparativo en forma de matriz de decisión se ha llegado a los resultados mostrados en la tabla 5-1. El sistema con una mayor puntuación ha sido Microsoft, aunque con una ventaja mínima ya que ambos sistemas presentan abundantes similitudes. Es preciso destacar que la comparativa está exclusivamente orientada a las UT debido a que la matriz de decisión y la asignación de ponderaciones ha sido en base a los criterios y necesidades de dichas Unidades.

6 Conclusiones

6.1 Conclusiones del trabajo

El alcance de este TFG ha consistido en la realización de una comparativa entre dos sistemas de virtualización, pertenecientes a dos grandes compañías, VMware y Microsoft. Se ha logrado el objetivo principal, la realización de la comparativa con el análisis de las distintas capacidades y carencias que presentan ambos sistemas, también otros objetivos secundarios como pueden ser el conocimiento de los equipos a utilizar y del software implementado. Por otro lado, a través de las experiencias y estudios realizados se han extraído las siguientes conclusiones.

Un aspecto importante que se ha de mencionar como resultado del estudio y las experiencias durante las PEXT, es que la virtualización representa el futuro en cuanto a las Transmisiones se refiere. Esta tecnología permite una gran flexibilidad a las unidades y un mejor uso de los equipos que se poseen en dotación, ya que cuando se despliega un Centro de Transmisiones (CT), generalmente implica equipos físicos de un elevado coste. Con la virtualización se abre la posibilidad de que el CT sea capaz de ofrecer los mismos o incluso más servicios sin necesidad de adquirir más equipos de gran coste. Por otro lado, hay dos factores muy importantes que a través de esta tecnología facilitan la maniobra de las Unidades de Transmisiones, los cuales se han podido observar directamente durante el ejercicio [Tiwar 2016](#). El primero de ellos es la escalabilidad, la virtualización permite la agregación de equipos con gran facilidad y rapidez de acuerdo a las necesidades de la maniobra. El segundo factor está relacionado con los tiempos de despliegue y repliegue. Las Unidades de Transmisiones efectúan sus despliegues en los ejercicios tácticos como apoyo a las unidades de maniobra que están en constante movimiento por sus zonas de responsabilidad. Esto obliga, en muchas ocasiones, a las UT a realizar cambios de asentamiento, para lo que es un factor clave realizarlos con rapidez y seguridad.

Por último, y con lo recabado de análisis, comparativas y costes se han observado dos sistemas muy similares. Por lo que, en cuanto a características no existe un sistema ideal que se sitúe por encima de su alternativa. Esto implica que se deben valorar un gran número de factores como pueden ser equipos, sistemas operativos, costes o formación de los operadores a la hora de seleccionar una alternativa, teniendo siempre un mayor peso los costes de adquisición. Y es aquí dónde si hay un sistema dominante, en lo que a costes se refiere, Microsoft. Si se tienen en cuenta el coste global de todo el software a adquirir, Microsoft es la opción más rentable ya que permite un gran ahorro en licencias de sistema operativo, las cuales son necesarias una por máquina virtual.

6.2 Líneas futuras

Todas las consideraciones obtenidas llevan a vislumbrar la posibilidad de nuevas líneas de investigación que permitan estudios más beneficiosos para las FAS. Generalmente dentro de la FAS se trabajan con versiones de software no muy actualizadas, que en ocasiones no permiten un rendimiento óptimo y un uso eficiente de los equipos. Por eso sería interesante y beneficioso realizar una comparativa de los sistemas de virtualización presentes en este trabajo, pero seleccionando las últimas versiones disponibles en el mercado.

Anexos

Anexo A: Diagrama Gantt

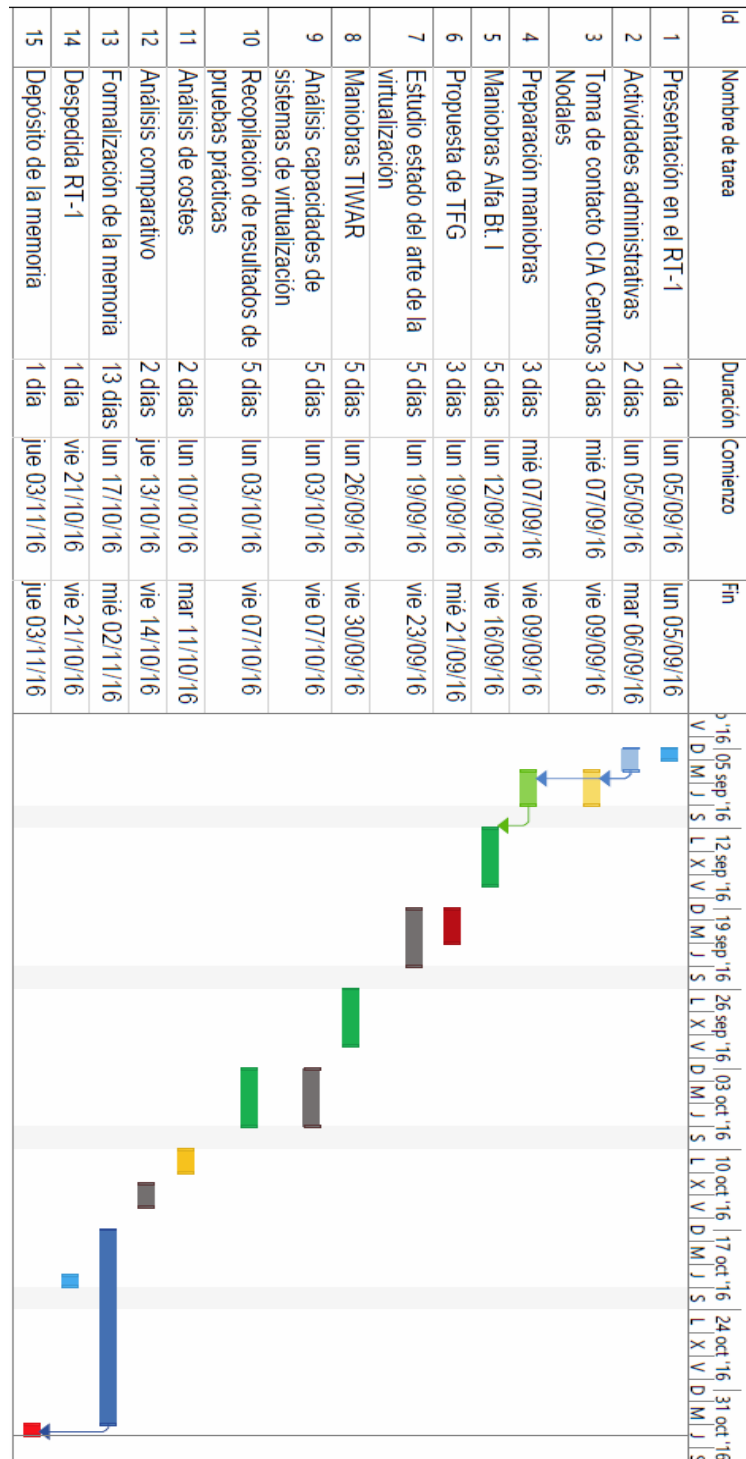


Figura Anexo A: Diagrama Gantt

Anexo B: Características sistemas de virtualización

Las fuentes para estas características detalladas son [8] [9].

Feature	vSphere 5.5	Hyper-V 2012 R2
Migrate running VMs	vMotion/SvMotion*	Live Migr/Live Storage Migr
Multi-NIC Migration	Multi-NIC vMotion*	SMB3 Live Migration
High Availability	vSphere HA and FT*	MS Failover cluster, no FT
Replication	vSphere Replication*	Hyper-V Replication
Storage Protocols	FC, FCoE, iSCSI, NFS	FC, FCoE, iSCSI, SMB3
Native MPIO	Yes	Yes
Storage Offloading	Yes, VAAI	Yes, ODX
DRS	Yes*	Yes*
Virtual Switches	vSwitch, VDS*, Nexus 1kv*	Virtual Switch, Nexus 1kv*
Memory Management	TPS, Ballooning, Compr.	Dynamic Memory
Thin Provisioned VM disk	Yes	Yes
* Requires vCenter or System Center Virtual Machine Manager		

Tabla Anexo B- 1: Características generales.

Comparativa entre sistemas de virtualización nativos

Compute and High Availability	
vSphere 5.5	Hyper-V 2012 R2
vCPUs per core or socket, CPU hot plug	vCPUs per socket only, no CPU hot plug
CPU scheduler based on Unix	CPU scheduling based on traditional Windows threading
NUMA exposed to guest OS at 9 vCPU or higher by default or manually	NUMA exposed by default, NUMA spanning disabled per host
vNUMA disabled if vCPU hot plug enabled	Dynamic memory disables vNUMA, static RAM recommended for large RAM VMs
No AD required to cluster	AD required to cluster
VMotion requires a checkmark*	Constrained delegation for Kerberos Live Migration
VMotion traffic cannot be encrypted	Live Migration can be encrypted with IPSec
Can't VMotion when using SR-IOV	Live Migration supported when using SR-IOV
Only option to speed up VMotion is multiple NICs	Multi-NIC Live Migration with SMB3 or Compression
vCenter does not certify MSCS, supports SQL clustering now	SCVMM, DB, and Library shares can be clustered

Comparativa entre sistemas de virtualización nativos

Limited virtual graphics options	RemoteFX Graphical processing in VM
SRM	Azure SRM
Fault Tolerance	No Fault Tolerance equivalent feature

Tabla Anexo B- 2: Características de cómputo.

Memory and Networking	
vSphere 5.5	Hyper-V 2012 R2
Memory over commitment	No memory over commitment
TPS*, Ballooning, Compression	Dynamic memory
VMs can swap to host SSD	VMs can swap to shared SSD only
Memory allocated upfront, contention faster	Dynamic memory and growing .bin file
No network HA	Protected networking
Port groups easily assign VLANs to VMs	VLANs assigned per VM manually without SCVMM
Port groups and vSwitch design simple	Logical networks, VM networks in SCVMM more complex

Comparativa entre sistemas de virtualización nativos

vSwitch/vDS advanced features (LBT, CDP, LLDP, Netflow, Network IO Control)	vSwitch advanced features (DHCP guard, Router Advertisement Guard, IPSec offload, network virtualization)
NetQueue	DVMQ, vRSS, RDMA for Live Migration
Closed virtual switch (Nexus 1000v, IBM 5000v)	Open extensible virtual switch (3 rd party extensions)

Tabla Anexo B- 3: Memoria y redes.

Storage	
vSphere 5.5	Hyper-V 2012 R2
Deletes VM folder after SVMotion	Leaves old folder after Storage Migration
SCSI Controllers can be hot added	SCSI Controllers cannot be hot added
Thin disks	Thin disks and differencing disks
Thin disks can be compacted or converted through CLI or live SVMotion	Thin disks can be compacted or converted through GUI or Powershell offline
vSAN	No MS hyperconverged option

Comparativa entre sistemas de virtualización nativos

NFS3 only	SMB3!!! Multichannel, constraints, SMB direct
vFRC	No native host level SSD caching
Hardware RAID card required for ESXi RAID 1	Windows OS has built in RAID 1
Storage DRS	No Storage DRS
No native encryption	Cluster Shared Volumes can be encrypted
No native memory caching on storage (VMware View only)	CSV Block Cache
No Trim support for SSDs	Trim support for SSDs
CBT allows easier 3 rd party backups	No CBT mechanism, 3 rd party backups rely on file sys filters
VMDK is proprietary	VHD/VHDX is open, can be mounted on any recent MS OS

Tabla Anexo B- 4: Almacenamiento.

Management	
vSphere 5.5	Hyper-V 2012 R2
vCenter legacy client, Web client	VMM, Failover cluster Mgr, Hyper-V Mgr
Smaller attack surface	VMM does not equal vCenter
Familiar, easy to set up and go	Does not support some BSD and Unix OSes
Hot Add/Remove VM hardware	Hot Add/Rem with Gen 2 only (Win8/2012+ VM)
Hot add vNICs, memory, CPU, and SCSI controllers	Can't Hot add vNICs, SCSI Cont, or CPU
Stateless deployment (Auto Deploy)	Deployment through VMM, still requires HDD
Smaller attack surface	Standard Windows GUI, Limited GUI, or Core
Familiar, easy to set up and go	HA, Live/Storage Migr, Repl for \$0 on Hyper-V core (with AD)
vApps	Can't Live Migrate from 2008 R2 to 2012+

Comparativa entre sistemas de virtualización nativos

Rolling cluster upgrades and downgrades	No rolling cluster upgrades
Easy performance monitoring in vCenter	VMM offers limited performance monitoring
Legacy console connection to VMs only	Enhanced Session Mode
Slew of vendor integration	Limited vendor integration, but growing
Many VMware advanced features rely on vCenter	Very few Hyper-V advanced features rely on VMM
Web client...	Automatic VM activation
VMware Converter allows easy P2V and V2V	MVMC and 3 rd party products work, but not great

Tabla Anexo B- 5: Administración

Anexo C: Entrevistas

Se han realizado entrevistas al personal especializado del RT-1 que figura a continuación, consultando sobre experiencias de uso y aspectos específicos del software:

- Tte. Xavier Guerrero Fernández, Jefe de Sección en Cía. Centros Nodales.
- Sgto. Sergio Mondelo Saborido, especializado virtualización nodo PUT.
- Sgto. Jon Ross Henneford Sanchez, especializado virtualización nodo PUT.
- Sgto. Jonathan Ramos Vásquez, especializado virtualización nodo PUT.

Bibliografía

- [1] Cte. Lopera, Fundamentos de los ordenadores, Academia General Militar, 2015.
- [2] D. Kusnetzky, Virtualization, a manager's guide, O'Reilly Media, 2011.
- [3] M. T. Jones, «Virtualización de aplicaciones, pasado y futuro,» IBM, [En línea]. Available: <http://www.ibm.com/developerworks/ssa/linux/library/l-virtual-machine-architectures/>.
- [4] M. Portnoy, Virtualization Essentials, Wiley, 2012.
- [5] Z. M. T. Ramdianee, Virtual Machine: History, Application and Future, 2009.
- [6] J. M. d. G. Monmeneu, «Plataforma MC3,» *Revista Ejército*, nº 873, p. 69, 2013.
- [7] C. Wolf y E. M. Halter, Virtualization: from the desktop to the enterprise, 2006.
- [8] VMware, «ESXi,» VMware, 2016. [En línea]. Available: <http://www.vmware.com/products/esxi-and-esx.html>.
- [9] Microsoft, «Windows Server 2012 R2,» [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-xl/server-cloud/products/windows-server-2012-r2/overview.aspx>.
- [10] Microsoft, «Competitive Advantages of Windows Server 2012 R2 Hyper-V over VMware vSphere 5.5,» 2013. [En línea]. Available: http://download.microsoft.com/download/4/0/B/40B72252-30D0-4675-901C-87102098C0D1/1215_Comparing_Windows_Server_2012_R2_with_VMware_vSphere_55.pdf.
- [11] X. Guerrero, «Informe Tiwar 2016,» 2016.
- [12] «NAS4Free,» [En línea]. Available: <http://www.nas4free.org/>.
- [13] «Full Virtualization Paravirtualization,» [En línea]. Available: <http://hj192837.blog.51cto.com/655995/1045418>.

