



UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

Facultad de Tecnología Informática

Virtualización de servidores: Implementación y beneficios en entornos empresariales

Trabajo Final de Carrera presentado para obtener el título de

Lic. en Gestión de Tecnología Informática

Alumno: Emiliano Roberto Demaria

Profesora: Dra. Marcela Samela

Marzo 2025

Resumen

Las empresas tienen la continua necesidad de optimizar recursos tecnológicos, mientras en paralelo buscan minimizar gastos y mejorar su impacto ambiental. Esto las ha impulsado a adoptar soluciones más eficientes en la gestión de sus infraestructuras. En este contexto, la virtualización de servidores se ha convertido en una herramienta relevante para alcanzar estos objetivos.

En esta investigación se analizó la virtualización de servidores en entornos empresariales, se evaluó su impacto en tres aspectos clave: la eficiencia operativa, la reducción de costos y la sostenibilidad. Se llevó a cabo un análisis detallado de su implementación, considerando los principales desafíos, como el rendimiento, la seguridad y las implicaciones financieras. A su vez, se examinó la integración de la virtualización con tecnologías avanzadas como la computación en la nube y la automatización.

Se estudió cómo la virtualización optimiza el tiempo de implementación de nuevos servidores y mejora la escalabilidad, para que las empresas se adapten a las demandas del mercado. Asimismo, se identificaron los beneficios de esta tecnología, como la consolidación de servidores, la mejora de la flexibilidad operativa y la continuidad del negocio.

Los resultados obtenidos demostraron que la virtualización impacta favorablemente en los aspectos claves analizados, al optimizar la gestión de sus recursos tecnológicos, se logra una disminución gastos operativos y ambas conllevan la mejora del impacto ambiental de la empresa. Estos hallazgos proporcionan un marco de referencia para empresas que buscan adoptar estrategias de virtualización con el fin de optimizar su infraestructura y mejorar su competitividad en un entorno en constante evolución.

Palabras Clave: costos operativos, escalabilidad, servidores, virtualización

Abstract

Companies have a constant need to optimize technological resources while simultaneously seeking to minimize costs and improve their environmental impact. This has driven them to adopt more efficient solutions for managing their infrastructures. In this context, server virtualization has become a key tool for achieving these objectives.

This research analyzed server virtualization in business environments, evaluating its impact on three key aspects: operational efficiency, cost reduction, and sustainability. A detailed analysis of its implementation was conducted, considering the main challenges, such as performance, security, and financial implications. Additionally, the integration of virtualization with advanced technologies such as cloud computing and automation was examined.

The study explored how virtualization optimizes the deployment time of new servers and enhances scalability, allowing companies to adapt to market demands. Furthermore, the benefits of this technology were identified, including server consolidation, improved operational flexibility, and business continuity.

The results demonstrated that virtualization positively impacts the key aspects analyzed. By optimizing the management of technological resources, companies achieve a reduction in operating costs, which also contributes to improving their environmental impact. These findings provide a reference framework for companies looking to adopt virtualization strategies to optimize their infrastructure and enhance their competitiveness in an ever-evolving environment.

Keywords: operating costs, scalability, servers, virtualization

Dedicatoria

Dedico este trabajo a todos los que me acompañaron en este camino de esfuerzo y aprendizaje continuo. A mis padres, quienes me enseñaron el valor del estudio y la perseverancia, y a mi hermana, la primera graduada universitaria de nuestra familia. A mi esposa e hija, quienes siempre me apoyaron y fueron el incentivo perfecto para retomar mis estudios después de muchos años.

Quiero agradecer también a todos aquellos que se preocuparon por mí y mi formación académica, y valoraron el esfuerzo y la dedicación que puse en este proyecto. Por último, dedico este trabajo a todos aquellos que, al igual que yo, creen en la importancia de seguir sus pasiones y esforzarse por la excelencia y la responsabilidad profesional en todo lo que hacen.

Reconocimientos

Agradezco profundamente a la Universidad, que me brindó la oportunidad de completar mis estudios de manera virtual, facilitando mi desarrollo académico y profesional. También expreso mi gratitud a mis profesores y compañeros, quienes me apoyaron y motivaron a lo largo de este camino, así como a mi familia, por su constante respaldo y paciencia en cada etapa de este proyecto.

Índice General

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
DEDICATORIA.....	3
RECONOCIMIENTOS.....	4
ÍNDICE GENERAL	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1 OBJETIVOS	10
<i>1.3.1 Objetivo General</i>	<i>10</i>
<i>1.3.2 Objetivos Específicos.....</i>	<i>10</i>
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.5 ESTADO DEL ARTE	13
1.6 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	17
1.7 HIPÓTESIS.....	17
1.8 METODOLOGÍA	17
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	19
2.1 INTRODUCCIÓN.....	19
2.2 FUNDAMENTOS DE LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES	19
2.3 MÁQUINAS VIRTUALES: ARQUITECTURA Y TIPOS.....	20
2.4 HIPERVISORES: CLASIFICACIÓN Y FUNCIONALIDAD.....	21
2.5 CONTENEDORES: EFICIENCIA Y PORTABILIDAD	23
2.6 INFRAESTRUCTURA HIPERCONVERGENTE (HCI)	24
2.7 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN EN ENTORNOS VIRTUALIZADOS	25
2.8 EL ROL DE LA VIRTUALIZACIÓN EN LA COMPUTACIÓN EN LA NUBE	26
2.9 AUTOMATIZACIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA VIRTUALIZACIÓN.....	27

2.10 TENDENCIAS FUTURAS: CONTENEDORES Y MICROVMs	28
2.10 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	29
CAPÍTULO 3. OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO MEDIANTE LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES	30
3.1 INTRODUCCIÓN.....	30
3.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LA CONSOLIDACIÓN DE SERVIDORES	30
3.3 REDUCCIÓN DE HUELLA DE CARBONO	32
3.4 HERRAMIENTAS PARA LA MEDICIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO.....	34
3.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	36
CAPÍTULO 4. IMPACTO DE LA VIRTUALIZACIÓN EN LOS COSTOS OPERATIVOS	37
4.1 INTRODUCCIÓN.....	37
4.2 COSTOS OPERATIVOS EN LA VIRTUALIZACIÓN.....	37
4.3 COSTOS DE LICENCIAS Y SOFTWARE DE VIRTUALIZACIÓN.....	39
4.4 ANÁLISIS DE COSTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO	42
4.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	42
CAPÍTULO 5. ESTRATEGIAS DE ESCALABILIDAD Y EFICIENCIA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS VIRTUALIZADAS	44
5.1 INTRODUCCIÓN.....	44
5.2 MEJORA DE LA ESCALABILIDAD EN ENTORNOS VIRTUALIZADOS	44
5.3 REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN DE SERVIDORES VIRTUALES	46
5.4 AUTOMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA EXPANSIÓN VIRTUAL	47
5.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	49
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	55
REFERENCIAS.....	57

Índice de Figuras

Figura 1 Crecimiento proyectado del consumo energético de data centers en los Estados Unidos hasta 2030 _____	12
Figura 2 Comparación entre hypervisor tipo 1 y tipo 2 _____	22
Figura 3 Distribución del consumo energético en centros de datos _____	31
Figura 4 Calculadora de ciclo de vida para centros de datos de Schneider Electric _____	36
Figura 5 Tamaño y crecimiento anual del mercado global de virtualización de servidores _____	38
Figura 6 Comparación entre escalabilidad vertical y horizontal (Medium, 2020) _____	45
Figura 7 Migración de máquinas virtuales y almacenamiento con VMware vMotion _____	48

Índice de Tablas

Tabla 1 Comparativa entre VMware vSphere, Hyper-V y Proxmox VE	26
Tabla 2 Comparativa de Tipo de Licenciamiento de Virtualizadores.	41

Capítulo 1. Introducción

1.1 Identificación del Problema

La virtualización de servidores surgió como una tecnología fundamental para optimizar la infraestructura de TI en entornos empresariales. Aunque, muchas empresas aún enfrentan desafíos significativos al intentar implementar esta tecnología. Los problemas incluyen la falta de conocimientos técnicos, preocupaciones sobre la seguridad y el rendimiento. Identificar y comprender estos problemas es crucial para desarrollar estrategias efectivas que faciliten la adopción exitosa de la virtualización de servidores.

Si bien en la actualidad muchas organizaciones tienen sus infraestructuras en la nube o las migraron recientemente, se observa una tendencia marcada en volver a tener infraestructuras locales, por un tema de costos elevados y desconfianza a la hora de almacenar datos distribuidos por diferentes partes del mundo y su seguridad. Según Pure Storage (s.f.), "la repatriación en la nube es la migración de un entorno de nube a una nube privada o un alojamiento interno. Es una práctica cada vez más popular y probablemente una reacción a la rápida migración a la nube en la década de 2010" (párr. 1). La identificación precisa de estos desafíos permite a las empresas diseñar planes de implementación más sólidos, con formación específica y estrategias de mitigación de riesgos.

La tendencia hacia la repatriación de datos desde la nube a infraestructuras locales refleja la reevaluación que muchas empresas están haciendo sobre sus estrategias tecnológicas. Según un informe elaborado por Coleman Parkes Research para Cloudera, "el 72% de las empresas está considerando trasladar sus datos de la nube pública a servidores propios o centros de datos internos" (La Razón, 2024, párr. 1). Este interés en volver a infraestructuras locales está relacionado con preocupaciones sobre los costos y la seguridad de los datos en entornos distribuidos. En este contexto, comprender los desafíos asociados con la virtualización de servidores y la gestión de datos resulta esencial para desarrollar planes que equilibren eficiencia operativa y control sobre los recursos tecnológicos.

1.2 Planteamiento del Problema

El tema de este trabajo se centra en la virtualización de servidores y su implementación en entornos empresariales. La virtualización permite a las organizaciones consolidar múltiples servidores en menos hardware físico, mejorando la eficiencia y reduciendo costos. Este trabajo explora no solo los beneficios directos como la flexibilidad y la continuidad del negocio, sino también los desafíos y las mejores prácticas para una implementación exitosa. Se analizan casos de estudio y tendencias futuras, incluyendo la integración con tecnologías de nube y la automatización de infraestructuras.

El planteamiento del tema también implica una revisión crítica de los diferentes tipos de virtualización, como la virtualización completa, la para virtualización y la virtualización a nivel de sistema operativo. Se aborda cómo cada tipo puede ser más adecuado según el caso específico de uso y las necesidades de la empresa. También se discute la evolución histórica de la virtualización y cómo ha pasado de ser una herramienta de nicho a una tecnología clave en la estrategia de TI de las organizaciones modernas.

1.1 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar cómo la virtualización de servidores reduce el tiempo de implementación y escalabilidad, el consumo energético y los costos operativos en entornos empresariales.

1.3.2 Objetivos Específicos

Analizar el estado actual y las tendencias emergentes en la virtualización de servidores mediante estudios recientes para comprender el contexto y los avances actuales.

Identificar cómo las distintas tecnologías de virtualización contribuyen a la reducción del tiempo promedio de implementación de nuevos servidores, al aumento de la

escalabilidad, a la disminución del consumo energético y a la reducción de los costos operativos.

Analizar el impacto de la virtualización en la gestión de infraestructura tecnológica, con foco en la eficiencia operativa, la reducción de costos y la sostenibilidad.

1.4 Justificación del problema

La virtualización de servidores es una tecnología esencial en el contexto empresarial moderno, ya que permite a las organizaciones optimizar sus recursos tecnológicos y mejorar el rendimiento operativo. A medida que las empresas buscan formas de ser más eficientes y competitivas, la capacidad de consolidar servidores y reducir costos operativos se vuelve cada vez más importante. Además, la flexibilidad que ofrece la virtualización facilita la continuidad del negocio y la adaptación rápida a cambios en el entorno empresarial. Según Verified Market Reports (2024), el mercado global de software de virtualización de servidores sigue creciendo de manera significativa, impulsado por la necesidad de optimizar recursos y reducir costos, con un tamaño proyectado de 123,18 mil millones de dólares para 2030.

Desde una perspectiva empresarial, la virtualización permite consolidar servidores, mejorar la escalabilidad y garantizar la continuidad operativa. Desde un enfoque sostenible, contribuye a disminuir el consumo energético y la huella de carbono al reducir la dependencia de hardware físico. A su vez, su implementación debe evaluarse estratégicamente en función del retorno de inversión, la compatibilidad con nuevas tecnologías y su adaptación a las demandas del mercado. Este trabajo busca ofrecer una visión integral que ayude a las organizaciones a maximizar sus beneficios tecnológicos.

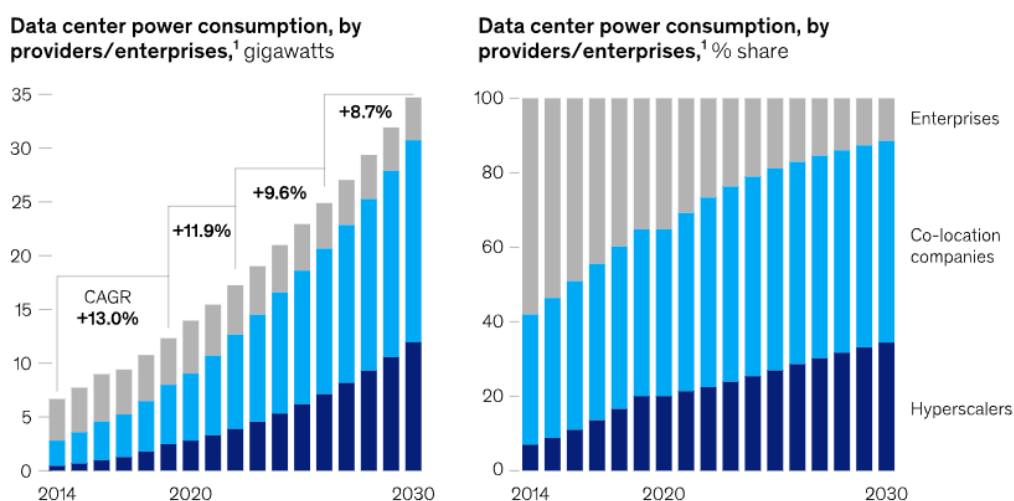
La justificación del tema también se basa en la creciente adopción de la virtualización como una respuesta a la demanda de tecnologías verdes y sostenibles. La reducción del consumo de energía y la menor necesidad de hardware físico contribuyen a una menor huella de carbono. Este trabajo no solo analiza los aspectos prácticos de la virtualización, sino también su impacto estratégico y sostenible en los entornos empresariales. En la Figura 1 se observa el crecimiento proyectado del consumo energético de los centros de datos en los Estados Unidos,

destacando la importancia de implementar tecnologías eficientes como la virtualización para mitigar los impactos operativos y ambientales.

Figura 1

Crecimiento proyectado del consumo energético de data centers en los Estados Unidos hasta 2030

US data center demand is forecast to grow by some 10 percent a year until 2030.



Nota. La gráfica muestra el aumento esperado en el consumo energético de centros de datos, con una proyección anual de crecimiento del 10% hasta 2030. Fuente: McKinsey & Company (2023). *Investing in the Rising Data Center Economy*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/investing-in-the-rising-data-center-economy>.

1.5 Estado del Arte

La virtualización de servidores ha sido un componente clave en la modernización de las infraestructuras tecnológicas, permitiendo a las empresas maximizar el uso de sus recursos tecnológicos. Desde la incorporación de KVM (Kernel-based Virtual Machine) al kernel de Linux en 2007, las empresas han podido transformar sus servidores físicos en hipervisores capaces de ejecutar múltiples máquinas virtuales. Esta capacidad permite que una sola máquina física albergue diversos sistemas operativos, optimizando el uso de recursos y reduciendo significativamente los costos de mantenimiento. Además, al consolidar múltiples entornos en un solo servidor, se simplifica la gestión de la infraestructura, facilitando la escalabilidad y mejorando la eficiencia operativa (Red Hat, 2022). Como destaca Pessolani, “la virtualización distribuida ha permitido optimizar el uso de recursos sin necesidad de incrementar la infraestructura física” (Pessolani, 2018, p. 45), un beneficio que se ha vuelto esencial para empresas de todos los tamaños que buscan maximizar sus recursos tecnológicos sin tener que invertir en un número creciente de servidores.

Con el lanzamiento de Hyper-V en 2008, Microsoft introdujo una plataforma robusta para la creación y administración de máquinas virtuales, lo que facilitó la consolidación de servidores y el ahorro de costos en infraestructuras de TI. La llegada de Hyper-V marcó un punto de inflexión al ofrecer a las empresas una solución que les permitía virtualizar sus entornos operativos con una plataforma confiable y compatible con múltiples sistemas. Desde entonces, Hyper-V ha continuado evolucionando y adaptándose a las necesidades del mercado, proporcionando características avanzadas como el soporte para la nube híbrida y la integración con herramientas de administración en la nube de Microsoft Azure. Hoy en día, las capacidades extendidas de Hyper-V permiten a las empresas gestionar cargas de trabajo en entornos híbridos, optimizando su eficiencia operativa al permitir la gestión centralizada de recursos tanto en entornos locales como en la nube (Ismailov y Batirov, 2024). Esta capacidad de soportar diversas arquitecturas en una misma infraestructura convierte a Hyper-V en una de las soluciones más versátiles para empresas que buscan consolidar y simplificar su gestión de TI.

En 2013, Docker marcó un hito en la contenedorización al introducir un enfoque de virtualización más liviano y eficiente en comparación con las máquinas virtuales tradicionales. A diferencia de estas, que requieren un sistema operativo completo para cada instancia, Docker permite la creación de contenedores que comparten el núcleo del sistema operativo anfitrión,

utilizando únicamente los componentes esenciales. Esto reduce significativamente el consumo de recursos y optimiza la gestión de aplicaciones. Como señala el Equipo Editorial de IONOS (2023), “las imágenes utilizadas en la virtualización de contenedores no necesitan un sistema operativo. La virtualización de contenedores es más ligera y proporciona casi tanto aislamiento como las máquinas virtuales”. Este modelo no solo mejora la eficiencia, sino que también facilita el despliegue y la migración de aplicaciones en distintos entornos, estableciendo un nuevo estándar en la virtualización ligera. Según Potdar et al. (2020), este avance ha sido clave para optimizar tanto el consumo de recursos como la portabilidad de las aplicaciones en múltiples plataformas, respondiendo así a la necesidad de soluciones rápidas y eficientes en un contexto de transformación digital acelerada.

Para gestionar el crecimiento exponencial de contenedores, Google lanzó en 2014 Kubernetes, que rápidamente se convirtió en el estándar para la orquestación de contenedores a gran escala. Kubernetes no solo automatiza el despliegue y la gestión de aplicaciones, sino que también facilita el escalado de estos contenedores de manera que las empresas pueden adaptar su infraestructura a la demanda sin necesidad de intervención manual. Este sistema proporciona a los administradores de TI un control preciso sobre el uso de recursos, permitiendo una optimización continua en entornos de nube y un balance de carga eficiente. Como señala van Leeuwen (2023), Kubernetes ha sido instrumental en permitir que las organizaciones automatizaran el despliegue, la gestión y el escalado de aplicaciones, proporcionando así una mayor estabilidad y escalabilidad en sistemas complejos. Este enfoque ha redefinido cómo las aplicaciones modernas son administradas, logrando que Kubernetes sea indispensable para operaciones a gran escala y contribuyendo a una reducción significativa en los costos y en el consumo de energía.

La infraestructura hiperconvergente (HCI) es otra innovación que ha transformado la gestión de recursos de TI, especialmente en lo que respecta a la simplificación de infraestructuras complejas. Desde que Nutanix introdujo su solución pionera en 2011, HCI ha permitido a las empresas consolidar computación, almacenamiento y redes en una solución integrada, eliminando la necesidad de componentes separados y reduciendo drásticamente el espacio y el costo en los centros de datos. La integración de HCI ha sido crucial para mejorar la eficiencia operativa, ya que permite una administración centralizada que facilita la administración de recursos y el escalado según las necesidades. De acuerdo con el informe de HCI de 2022, esta tecnología ha sido fundamental para simplificar la operación y el

mantenimiento de centros de datos, generando una importante reducción de costos y recursos humanos requeridos en la gestión de TI (HCI Report, 2022). La adopción de HCI es cada vez más común, ya que las empresas buscan simplificar su infraestructura y reducir su impacto ambiental.

En 2017, VMware Cloud en AWS revolucionó la virtualización en la nube híbrida, ofreciendo a las empresas la posibilidad de integrar sus entornos de TI locales con la nube pública de Amazon. Esta combinación permite migrar aplicaciones críticas a un entorno de nube sin interrumpir las operaciones y, al mismo tiempo, aprovechar la flexibilidad y escalabilidad que AWS proporciona. Al facilitar la extensión de centros de datos locales a la nube, VMware Cloud en AWS ha permitido a las empresas manejar cargas de trabajo más dinámicas y aumentar su resiliencia operativa. Según Kumari y Singh (2023), esta solución facilitó la migración de aplicaciones críticas y mejoró la flexibilidad operativa de las empresas al brindar una integración sin problemas entre la nube y el entorno local. Esto representa una ventaja considerable para las empresas que desean aprovechar la nube sin comprometer la seguridad y el control de sus datos.

El lanzamiento de Firecracker por Amazon Web Services en 2018 marcó un avance significativo en la optimización de la virtualización para metal desnudo, ofreciendo la posibilidad de ejecutar microVMs de manera extremadamente eficiente. A diferencia de las máquinas virtuales tradicionales, Firecracker está diseñado para entornos serverless, donde la escalabilidad y la latencia baja son fundamentales. Esta tecnología ha sido fundamental para mejorar el rendimiento de aplicaciones que requieren alta escalabilidad y responder rápidamente a las solicitudes. Firecracker reduce significativamente el overhead en estos entornos, permitiendo a las empresas ejecutar cargas de trabajo en microVMs con una eficiencia optimizada (Firecracker, 2020). Este avance es particularmente útil para aplicaciones de alto rendimiento y para organizaciones que buscan una infraestructura más ágil y eficiente en el uso de los recursos.

La mejora en el rendimiento de redes virtualizadas ha sido impulsada por tecnologías innovadoras como DPDK y SR-IOV, que reducen la latencia y mejoran el procesamiento de datos en entornos virtualizados. Estas tecnologías permiten una mayor eficiencia en el uso de recursos de red, lo cual es crucial para aplicaciones que requieren una alta velocidad de transmisión de datos y una baja latencia, como en los sectores financieros y de telecomunicaciones. Van Leeuwen (2023) resalta que DPDK y SR-IOV son fundamentales para

optimizar el rendimiento de las aplicaciones en entornos virtualizados, dado que permiten una asignación directa de recursos de red sin la sobrecarga que típicamente implica la virtualización. Esto convierte a estas tecnologías en componentes esenciales para la infraestructura de red en entornos de TI modernos.

El ahorro energético ha sido un objetivo prioritario en la virtualización, permitiendo a las empresas reducir el consumo de energía de sus infraestructuras de TI y, en consecuencia, sus costos operativos. La virtualización no solo optimiza el uso de los recursos físicos, sino que también disminuye la cantidad de servidores necesarios, lo cual contribuye a una reducción en el consumo de energía y una menor emisión de carbono. Según el informe sobre Cloud Computing de 2023, “la virtualización ha permitido un mejor uso de los recursos al minimizar la cantidad de servidores físicos necesarios” (Cloud Computing Report, 2023), lo que tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental de los centros de datos. La reducción de la huella de carbono y el ahorro de energía son factores cruciales para empresas que buscan alinear sus operaciones con políticas de responsabilidad social y sostenibilidad.

La integración de tecnologías avanzadas ha revolucionado la gestión de infraestructuras virtualizadas, permitiendo una mayor automatización de tareas repetitivas y una mejora en la resiliencia operativa. Herramientas específicas para la administración de infraestructuras complejas ayudan a optimizar los tiempos de respuesta ante incidentes, contribuyendo a una mayor eficiencia y estabilidad en los sistemas. Moocheet (2024) destaca que la automatización mediante IA y ML es “esencial para manejar infraestructuras a gran escala sin incrementar la carga administrativa”, lo cual es cada vez más relevante en un contexto de creciente complejidad en los entornos de TI. La automatización de estos procesos no solo reduce el error humano, sino que también permite a las empresas adaptarse de forma más ágil a las demandas del mercado.

1.6 Pregunta de Investigación

¿Cómo afecta la virtualización de servidores al tiempo de implementación y escalabilidad, al consumo energético y a los costos operativos en entornos empresariales?

1.7 Hipótesis

La virtualización de servidores en entornos empresariales reduce el tiempo promedio de implementación de nuevos servidores, mejora la escalabilidad, disminuye el consumo energético, y reduce los costos operativos anuales.

1.8 Metodología

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo y un diseño de investigación documental exhaustiva. Según Hernández-Sampieri et al. (2014), "la recolección de los datos se fundamenta en la medición (se miden las variables o conceptos contenidos en las hipótesis). Esta recolección se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica" (p. 5). Este enfoque permite analizar los fenómenos como el impacto de la virtualización de servidores en términos de eficiencia operativa y costos.

El diseño documental implicará la revisión y análisis de fuentes confiables como estudios académicos, informes técnicos y estadísticas relevantes. En este sentido, Hernández-Sampieri et al. (2014) afirman que "la recolección se basa en instrumentos estandarizados. Es uniforme para todos los casos. Los datos se obtienen por observación, medición y documentación" (p. 12). Este procedimiento asegura la homogeneidad y validez de los datos analizados.

Además, la investigación seguirá un esquema estructurado que permita establecer relaciones claras entre las variables estudiadas. Tal como mencionan Hernández-Sampieri et

al. (2014), "los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y estructurado" (p. 19). Esto garantiza que las conclusiones derivadas del análisis sean consistentes y replicables.

Finalmente, este enfoque cuantitativo documental se empleará para extraer conclusiones significativas sobre la adopción de la virtualización de servidores, proporcionando un marco teórico sólido y datos prácticos que respalden decisiones empresariales informadas. Se busca no solo describir los beneficios identificados, sino también ofrecer recomendaciones basadas en evidencia que permitan a las organizaciones maximizar su rendimiento. Esto contribuirá al desarrollo de estrategias tecnológicas sostenibles que mejoren la competitividad empresarial a largo plazo.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Introducción

El marco teórico constituye la base conceptual de esta investigación, ofreciendo una visión integral sobre la virtualización de servidores y su impacto en entornos empresariales. Este capítulo examina desde los fundamentos de la tecnología hasta las tendencias actuales, proporcionando un contexto claro y estructurado. A través de este análisis, se busca destacar la importancia de la virtualización no solo como una solución técnica, sino también como una herramienta estratégica para optimizar recursos, reducir costos y mejorar la sostenibilidad empresarial.

2.2 Fundamentos de la Virtualización de Servidores

La virtualización de servidores ha transformado la manera en que las organizaciones manejan sus recursos tecnológicos, permitiendo que un solo servidor físico aloje varios entornos virtuales. Esto optimiza el uso de los recursos, ya que las empresas pueden ejecutar varias aplicaciones y sistemas operativos en el mismo hardware, lo que resulta en una gestión más eficiente de la infraestructura y una reducción considerable de costos operativos. IBM señala que la virtualización maximiza la eficiencia de los recursos al evitar que el hardware quede infrautilizado, aprovechando al máximo las capacidades del servidor físico para tareas críticas y de alto rendimiento (IBM, s.f.).

Además de reducir el número de servidores físicos necesarios, la virtualización también facilita la gestión y escalabilidad de las aplicaciones. Red Hat destaca que esta tecnología permite que las organizaciones ajusten de forma flexible los recursos asignados a cada máquina virtual, lo que les facilita la rápida adaptación a las demandas del mercado. Asimismo, la virtualización hace posible migrar y gestionar aplicaciones sin interrupciones, mejorando la continuidad del negocio al permitir que las aplicaciones se respalden y restauren fácilmente en caso de fallos, minimizando así los tiempos de inactividad (Red Hat, 2024).

La virtualización no solo optimiza el uso del hardware, sino que también ofrece ventajas como la reducción de costos energéticos, mayor flexibilidad en la asignación de recursos y una mejora en la eficiencia operativa. Estas capacidades la convierten en una tecnología esencial para cualquier empresa que busque mantenerse competitiva en el dinámico panorama tecnológico actual.

2.3 Máquinas Virtuales: Arquitectura y Tipos

Las máquinas virtuales (VM) son entornos virtualizados que actúan como sistemas independientes dentro de un servidor físico. Cada VM tiene su propio sistema operativo, aplicaciones y recursos virtualizados, lo que permite que múltiples VMs se ejecuten simultáneamente en un solo servidor. La arquitectura de una máquina virtual consta de varios componentes clave: el hipervisor, el sistema operativo invitado y los recursos virtuales que se le asignan.

El hipervisor es el software que gestiona las VMs, creando un entorno en el que pueden funcionar de manera aislada. Existen dos tipos principales de hipervisores: tipo 1, que se ejecuta directamente sobre el hardware (bare-metal), y tipo 2, que se ejecuta sobre un sistema operativo existente (hosted). Esta arquitectura permite que las VMs compartan recursos físicos, como CPU, memoria y almacenamiento, de manera eficiente y controlada. Según Marchionni, “la virtualización nos brinda ahorro, agilidad en la administración y aprovechamiento del hardware al máximo” (Marchionni, 2011, p. 106).

En cuanto a los tipos de máquinas virtuales, se pueden clasificar en varias categorías. Las máquinas virtuales completas emulan completamente el hardware de un sistema físico, permitiendo que cualquier sistema operativo sea instalado. Por otro lado, las máquinas virtuales paravirtualizadas requieren que el sistema operativo invitado esté diseñado para trabajar con el hipervisor, lo que mejora la eficiencia y el rendimiento.

Otra categoría son los contenedores, que ofrecen una forma de virtualización a nivel de sistema operativo, permitiendo que múltiples aplicaciones se ejecuten de manera aislada en un mismo sistema operativo. A diferencia de las VMs, los contenedores comparten el núcleo del sistema operativo, lo que resulta en un menor uso de recursos y tiempos de inicio más rápidos.

Las máquinas virtuales son componentes fundamentales de la virtualización, permitiendo la ejecución de múltiples sistemas operativos y aplicaciones en un solo servidor, lo que optimiza el uso de recursos y mejora la flexibilidad operativa.

2.4 Hipervisores: Clasificación y Funcionalidad

Un hipervisor es un software o firmware que permite la creación y gestión de máquinas virtuales al actuar como un puente entre el hardware físico y las aplicaciones virtualizadas. Según Microsoft, “El hipervisor es la plataforma de virtualización específica del procesador que puede hospedar varias máquinas virtuales (VM) aisladas entre sí, pero que comparten los recursos de hardware subyacentes virtualizando los procesadores, la memoria y los dispositivos de E/S” (Microsoft, 2023, párr. 2). Esta capacidad de virtualizar recursos permite que múltiples máquinas virtuales operen de manera eficiente sobre un mismo hardware físico, optimizando el uso de los recursos disponibles. Los hipervisores se clasifican en dos categorías principales: tipo 1 y tipo 2.

Los hipervisores de tipo 1, también conocidos como hipervisores "bare-metal", se instalan directamente sobre el hardware del servidor. Esto les permite ofrecer un rendimiento superior, ya que no dependen de un sistema operativo subyacente. Son ideales para entornos empresariales donde se requieren altos niveles de rendimiento y seguridad. Según Portnoy, los hipervisores de tipo 1 son más eficientes debido a que no tienen un sistema operativo intermediario, lo que permite una interacción directa con los recursos del hardware, maximizando el rendimiento y la seguridad (Portnoy, 2023).

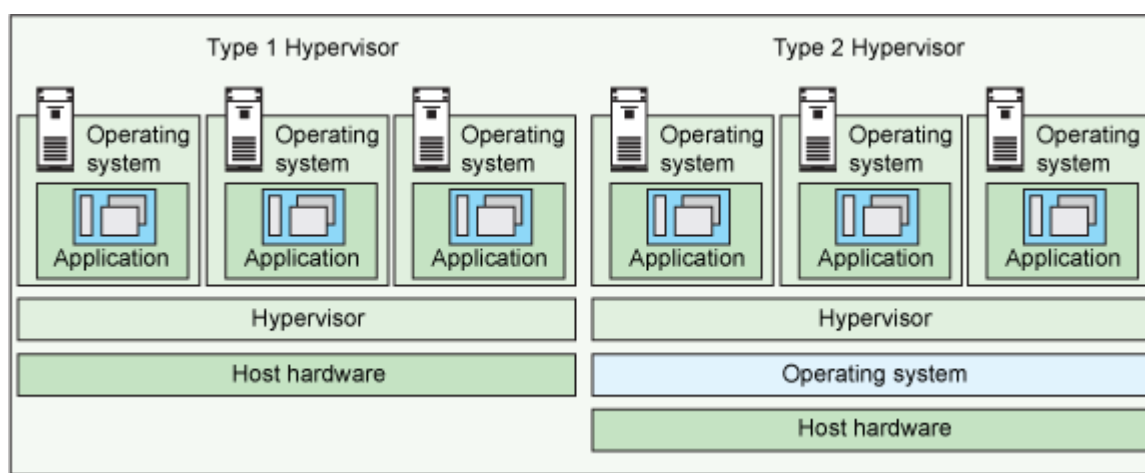
Los hipervisores de tipo 2 se ejecutan como aplicaciones sobre un sistema operativo tradicional, lo que introduce una capa adicional de procesamiento que puede disminuir el rendimiento en comparación con los hipervisores de tipo 1. Aunque menos eficientes, ofrecen ventajas como una mayor compatibilidad con hardware y una configuración más sencilla, ya que heredan estas capacidades del sistema operativo subyacente. Por ello, son ideales para entornos de desarrollo y pruebas, donde la facilidad de uso y la flexibilidad son prioritarias (Portnoy, 2023).

Como se observa en la Figura 2, los hipervisores de tipo 1 y tipo 2 difieren significativamente en su arquitectura, su relación con el hardware y el sistema operativo.

Mientras que los hipervisores de tipo 1 se ejecutan directamente sobre el hardware físico, los de tipo 2 operan sobre un sistema operativo host. Esta comparación gráfica ayuda a visualizar cómo ambos tipos gestionan las máquinas virtuales y su interacción con los recursos disponibles.

Figura 2

Comparación entre hypervisor tipo 1 y tipo 2



Nota. Reproducido de *What Are Hypervisors?*, por IBM, 2024, *IBM Developer* (<https://developer.ibm.com/articles/cl-hypervisorcompare>). Copyright 2024 por IBM.

La funcionalidad de los hipervisores va más allá de la creación de máquinas virtuales. También incluyen características como la asignación de recursos, la gestión de redes virtuales y la monitorización del rendimiento. Además, permiten la migración en caliente de máquinas virtuales, lo que significa que se pueden mover de un servidor a otro sin interrumpir su funcionamiento, garantizando así una mayor disponibilidad del servicio.

Los hipervisores son fundamentales para la virtualización de servidores, proporcionando la infraestructura necesaria para gestionar y operar múltiples máquinas virtuales de manera eficiente. Su clasificación y funcionalidades son clave para seleccionar la solución adecuada según las necesidades de cada organización.

2.5 Contenedores: Eficiencia y Portabilidad

Los contenedores han revolucionado el despliegue de aplicaciones al proporcionar un enfoque más eficiente y portátil en comparación con las máquinas virtuales tradicionales. Docker, uno de los líderes en tecnología de contenedores, ha sido clave para facilitar la creación, distribución y ejecución de aplicaciones en diversos entornos. A diferencia de las máquinas virtuales, que requieren la virtualización completa del hardware, los contenedores comparten el mismo núcleo del sistema operativo, lo que reduce significativamente la sobrecarga de recursos y acelera los tiempos de inicio.

Una de las ventajas principales de los contenedores es su portabilidad. Las aplicaciones dentro de contenedores Docker pueden ejecutarse de manera consistente en cualquier entorno, ya sea en un servidor local, una nube pública o híbrida. Esto es posible porque los contenedores empaquetan no solo el código de la aplicación, sino también sus dependencias y configuraciones, lo que elimina los problemas típicos de compatibilidad entre entornos de desarrollo y producción. Según Docker, esta consistencia en la ejecución se debe a que los contenedores operan en una capa abstracta que aísla el software del sistema operativo subyacente, permitiendo mover aplicaciones entre diferentes entornos sin modificarlas (Docker, 2023).

Además de la portabilidad, la eficiencia es otro de los grandes beneficios que aportan los contenedores. Docker destaca que, al no necesitar una copia completa del sistema operativo, los contenedores pueden ejecutarse en menor tiempo y con menos recursos que una máquina virtual tradicional, lo que contribuye a una mejor utilización de los recursos del servidor (Docker, 2023). Esta eficiencia permite a las organizaciones escalar aplicaciones de manera más efectiva, reduciendo costos operativos y mejorando el rendimiento general del sistema.

La adopción de tecnologías como Kubernetes ha permitido que los contenedores escalen de manera automática y gestionen múltiples aplicaciones a gran escala, optimizando el uso de los recursos disponibles. De hecho, la combinación de Docker y Kubernetes es ahora un estándar en la industria para la orquestación de contenedores, lo que ha transformado la forma en que se gestionan las infraestructuras de TI en empresas de todos los tamaños.

Los contenedores representan una solución eficiente y portátil para el despliegue de aplicaciones, brindando a las organizaciones la capacidad de ejecutar software de manera confiable en diferentes entornos con un uso óptimo de los recursos.

2.6 Infraestructura Hiperconvergente (HCI)

La Infraestructura Hiperconvergente (HCI) ha transformado la gestión de los recursos en entornos empresariales al integrar los componentes de almacenamiento, procesamiento y redes en una única solución centralizada. Esta integración permite una administración simplificada y un mejor rendimiento en comparación con las arquitecturas tradicionales. Nutanix destaca que este enfoque reduce significativamente los costos de operación y mejora la consistencia del rendimiento. En palabras de Nutanix, las principales ventajas incluyen "los costos más bajos, un rendimiento mejorado y consistente, una huella menor del centro de datos, una mayor eficiencia y productividad de los equipos de TI y un ROI de infraestructura maximizado" (Nutanix, s.f.).

Una de las principales características de las infraestructuras hiperconvergentes es su capacidad para reducir la cantidad de datos que se almacenan, utilizando tecnologías como la deduplicación y la compresión. Estos servicios de reducción de datos permiten que las empresas optimicen el espacio en sus centros de datos, lo que resulta en un menor consumo energético y menores costos de refrigeración. Lowe y Miller (2020) explican que "mediante el uso de servicios tradicionales de reducción de datos, como la deduplicación y la compresión, al reducir la cantidad de datos que deben almacenarse, no necesitas tanta energía y refrigeración" (p. 31).

Además, la simplicidad en la administración es otro beneficio clave de la HCI. La plataforma AHV de Nutanix es un ejemplo de cómo la virtualización ha evolucionado para ser accesible a una gama más amplia de usuarios, no solo a especialistas en TI. AHV "es tan fácil de usar que permite a las empresas ocuparse de lo que añade valor (las aplicaciones) y permite que la virtualización deje de ser dominio exclusivo de los especialistas, haciéndola fácilmente manejable por cualquiera" (Nutanix, 2020).

2.7 Herramientas de Gestión en Entornos Virtualizados

Entre las herramientas disponibles para la gestión de entornos virtualizados, destacan algunas soluciones ampliamente utilizadas por su capacidad de ofrecer eficiencia, flexibilidad y escalabilidad en infraestructuras empresariales. VMware vSphere se presenta como una plataforma robusta que transforma los centros de datos en infraestructuras simplificadas de computación en la nube, ofreciendo funcionalidades avanzadas como la migración en vivo vMotion y la asignación eficiente de recursos. Estas características permiten a las organizaciones gestionar sus recursos de manera flexible y confiable, adaptándose a las demandas cambiantes del negocio (VMware, 2019).

Por otro lado, Hyper-V y Proxmox VE son opciones reconocidas por su enfoque práctico y versatilidad. Hyper-V, integrado en los sistemas Windows, facilita la ejecución de múltiples sistemas operativos en una única máquina física mediante la virtualización de hardware, permitiendo la gestión de discos duros virtuales y dispositivos virtuales de forma efectiva (Microsoft, 2024). Proxmox VE combina tecnologías de virtualización como KVM y contenerización con LXC, ofreciendo a los administradores una interfaz intuitiva para gestionar infraestructuras heterogéneas de manera eficiente (Proxmox, 2023). Estas herramientas reflejan cómo la virtualización se ha convertido en una solución esencial para mejorar la eficiencia operativa y optimizar los recursos en las empresas modernas.

En el ámbito de la virtualización de servidores, es fundamental evaluar las principales herramientas disponibles para determinar cuál se adapta mejor a las necesidades específicas de una organización. Soluciones como VMware vSphere, Hyper-V y Proxmox VE se destacan por su popularidad y sus capacidades avanzadas, aunque presentan diferencias significativas en términos de licenciamiento, soporte, escalabilidad, compatibilidad con contenedores, requerimientos de hardware y costos. A continuación, la Tabla 1 resume las características clave de estas tres plataformas líderes, proporcionando una visión comparativa que facilita la elección de la solución más adecuada.

Tabla 1

Comparativa entre VMware vSphere, Hyper-V y Proxmox VE

Característica	VMware vSphere	Hyper-V	Proxmox VE
Modelo de Licenciamiento	Comercial	Integrado en Windows	Gratuito (código abierto)
Soporte de Sistemas	Windows, Linux y otros	Windows y Linux	Linux
Escalabilidad	Alta, ideal para grandes empresas	Moderada, enfocada en medianas	Adecuada para medianas
Migración en Vivo	Sí, mediante vMotion	Sí, con Windows Server	Sí, usando KVM
Compatibilidad con Contenedores	Limitada (requiere soluciones adicionales)	No compatible nativamente	Compatible con LXC
Requerimientos de Hardware	Altos para optimizar funcionalidades avanzadas	Moderados; utiliza hardware estándar	Bajos; ideal para hardware básico
Costo	Alto	Bajo o incluido en Windows	Gratuito con soporte opcional

Nota. La tabla compara herramientas líderes en virtualización, considerando aspectos como licenciamiento, soporte, escalabilidad, migración en vivo, compatibilidad con contenedores, requerimientos de hardware y costos, destacando sus diferencias clave. Elaboración Propia

2.8 El Rol de la Virtualización en la Computación en la Nube

La virtualización es una tecnología fundamental que permite la existencia y el funcionamiento eficiente de la computación en la nube. Al abstraer los recursos físicos, como

servidores, almacenamiento y redes, la virtualización permite crear múltiples entornos virtuales independientes sobre una única infraestructura física. Esta capacidad de particionar y gestionar recursos de manera flexible es esencial para ofrecer servicios escalables y bajo demanda en la nube (Oracle, s.f.).

Además, la virtualización facilita la optimización del uso de los recursos de hardware, permitiendo que múltiples sistemas operativos y aplicaciones se ejecuten simultáneamente en el mismo hardware sin interferencias. Esta eficiencia en la utilización de recursos reduce costos operativos y mejora la agilidad en la provisión de servicios, aspectos clave en los modelos de negocio basados en la nube (Guru99, 2024).

La separación entre el hardware físico y los sistemas operativos que ofrece la virtualización también mejora la resiliencia y la continuidad del negocio. En caso de fallas en el hardware, las máquinas virtuales pueden migrarse rápidamente a otros servidores físicos, minimizando el tiempo de inactividad y garantizando la disponibilidad continua de los servicios en la nube (Red Hat, 2023).

2.9 Automatización e Inteligencia Artificial en la Virtualización

La automatización y la inteligencia artificial (IA) han jugado un papel clave en la evolución de la virtualización de servidores, mejorando la gestión de recursos y la eficiencia operativa. A medida que las infraestructuras de TI se vuelven más complejas, la necesidad de automatización y autogestión se ha vuelto crítica para garantizar que los sistemas virtualizados funcionen sin problemas.

Las soluciones de computación autónoma han introducido funcionalidades como la autoconfiguración, la autoprotección, la autocuración y la auto optimización, permitiendo que los entornos de servidores virtualizados se gestionen de manera automática y eficiente. Estas capacidades son esenciales en sistemas no lineales y variables estocásticamente, donde los componentes pueden fallar de manera impredecible. El uso de técnicas adaptativas ha permitido implementar estos sistemas en entornos virtualizados con éxito (Ionescu et al., 2008). Además, las arquitecturas de computación autónoma han mostrado ser efectivas para el auto provisionamiento y la auto optimización en entornos virtualizados (Ionescu et al., 2008).

Por otro lado, la automatización impulsada por IA ha facilitado el manejo de redes virtualizadas y servicios, como la virtualización de funciones de red (NFV). Estas tecnologías permiten que los proveedores de redes ofrezcan servicios bajo demanda, mientras que la IA y el aprendizaje automático ayudan a gestionar estas redes virtualizadas de manera más inteligente y eficiente. La combinación de estas tecnologías ha permitido no solo reducir costos operativos, sino también mejorar el rendimiento y la escalabilidad (Boutaba et al., 2021). En este contexto, la IA juega un papel crucial para automatizar el despliegue y la gestión de estas redes complejas (Boutaba et al., 2021).

La IA también se utiliza para mejorar la eficiencia de la gestión de recursos en máquinas virtuales. Por ejemplo, un sistema inteligente de gestión de recursos puede monitorear y predecir la carga de trabajo en tiempo real, ajustando dinámicamente los recursos asignados a los servidores virtuales. Este enfoque no solo aumenta la confiabilidad del sistema, sino que también reduce el riesgo de fallos y minimiza la intervención humana (Tagirova et al., 2020). Un algoritmo de gestión automatizada basado en IA, implementado para supervisar y regular los recursos en tiempo real, ha demostrado ser efectivo para mejorar la operación continua de servidores virtuales (Tagirova et al., 2020).

2.10 Tendencias Futuras: Contenedores y MicroVMs

Las tendencias futuras en la virtualización de servidores están marcadas por la creciente adopción de tecnologías más ligeras y eficientes como los contenedores y las microVMs. Los contenedores permiten a las aplicaciones ejecutarse de manera independiente, lo que maximiza el uso de los recursos del sistema y mejora la escalabilidad. Esta característica ha convertido a los contenedores en una herramienta fundamental para las empresas que buscan reducir costos operativos, ya que estos ofrecen un rendimiento más eficiente en comparación con las máquinas virtuales tradicionales. Por otro lado, las microVMs, como Firecracker, ofrecen entornos virtualizados de bajo consumo que son capaces de iniciar rápidamente y gestionar aplicaciones de alta densidad, lo que las hace ideales para cargas de trabajo intensivas como las aplicaciones serverless (Morabito, 2017). Estas tecnologías están siendo ampliamente adoptadas en entornos de computación en el borde y redes de telecomunicaciones que requieren flexibilidad y respuesta rápida.

Además, el uso de contenedores está transformando la forma en que las empresas gestionan sus redes, especialmente con el auge de la virtualización de funciones de red (NFV). Las redes 5G, en particular, se benefician de los contenedores al permitir una implementación ágil y flexible de funciones críticas, como el balanceo de carga y los cortafuegos. La adopción de contenedores en el borde de la red reduce la latencia y optimiza el uso de los recursos, lo que permite a los proveedores de servicios ofrecer redes más dinámicas y escalables (Morabito et al., 2018). Esta capacidad de orquestar servicios a través de contenedores no solo mejora el rendimiento de la red, sino que también facilita la automatización y el autoservicio en tiempo real.

Por último, las microVMs están siendo adoptadas debido a su capacidad para proporcionar un aislamiento más robusto que los contenedores tradicionales, lo que las convierte en una opción atractiva para aplicaciones que requieren un alto nivel de seguridad. Las microVMs combinan lo mejor de los dos mundos: el arranque rápido de los contenedores y el aislamiento de las máquinas virtuales. Esto las convierte en una opción ideal para aplicaciones críticas en la nube y en entornos de DevOps, donde la seguridad y la eficiencia son primordiales (Mavridis y Karatza, 2019). La combinación de estas tecnologías ofrece un enfoque más versátil para gestionar infraestructuras complejas, proporcionando flexibilidad sin comprometer la seguridad o el rendimiento.

2.10 Conclusiones del Capítulo

El análisis presentado en este capítulo ha permitido consolidar las bases conceptuales para comprender el impacto de la virtualización de servidores en el ámbito empresarial. A través del estudio de sus fundamentos, tecnologías asociadas y tendencias actuales, se han destacado las ventajas clave, como la optimización de recursos, la mejora en la sostenibilidad y la reducción de costos. Además, se ha evidenciado cómo la virtualización facilita la implementación de infraestructuras escalables y flexibles, respondiendo a las demandas dinámicas del entorno empresarial moderno. Este marco teórico establece una guía sólida para explorar en los capítulos siguientes las aplicaciones prácticas y los beneficios tangibles de esta tecnología.

Capítulo 3. Optimización del Consumo Energético mediante la Virtualización de Servidores

3.1 Introducción

La reducción del uso de energía en centros de datos es una meta clave para las empresas en búsqueda de la sustentabilidad y efectividad operativa. La agrupación de servidores mediante virtualización permite disminuir el empleo de equipos físicos, bajando de esta manera la demanda eléctrica y los costos asociados al enfriamiento. Al optimizar la utilización de recursos tecnológicos, esta tecnología no solo impulsa ahorros notables, sino que además ayuda a minimizar la huella de carbono corporativa. En este capítulo, se analiza cómo la virtualización facilita la eficiencia energética y se repasan herramientas prácticas para medir y mejorar este consumo en infraestructuras virtualizadas.

3.2 Eficiencia Energética a través de la Consolidación de Servidores

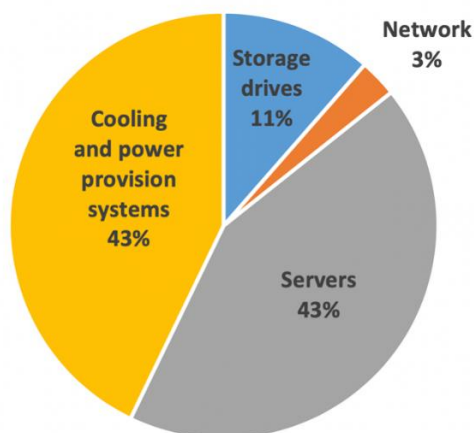
La virtualización de servidores ha demostrado ser una estrategia fundamental en la optimización del consumo energético en centros de datos empresariales. Al consolidar múltiples servidores en una sola máquina física, las organizaciones pueden reducir significativamente tanto el consumo de electricidad como la demanda de sistemas de refrigeración. Un estudio comparativo realizado por Kommeri et al. (2012) mostró que, en promedio, el uso de virtualización reduce el consumo energético de servidores hasta en un 60% cuando están inactivos, y que la tecnología KVM genera un aumento de consumo energético menor al 3% en estado de reposo en comparación con servidores físicos. Además, cuando se utilizan múltiples máquinas virtuales en un servidor, el consumo tiende a incrementarse en función de la carga de trabajo, pero el impacto sigue siendo menor que al operar múltiples servidores físicos individuales. Estos resultados subrayan cómo la virtualización permite a los centros de datos disminuir su huella de carbono y reducir sus costos operativos (Kommeri et al., 2012).

Además de la reducción en la cantidad de servidores físicos necesarios, la virtualización contribuye a una mayor eficiencia energética al mejorar la gestión del consumo de electricidad en los centros de datos. Al disminuir la cantidad de infraestructura activa, también se reduce la necesidad de sistemas de enfriamiento, que representan una fracción considerable del consumo energético total en estos entornos. En un estudio de caso, Rao et al. (2010) encontraron que, al implementar la virtualización en un centro de datos, se logró una disminución del consumo eléctrico de hasta un 65%, manteniendo al mismo tiempo la capacidad de procesamiento y la disponibilidad de los servicios. Este ahorro energético no solo reduce los costos operativos, sino que también ayuda a minimizar la huella de carbono, un aspecto relevante para las empresas comprometidas con la sostenibilidad. La consolidación de servidores permitió que un centro de datos que operaba con aproximadamente 500 aplicaciones en servidores dedicados pudiera reducir el número de servidores físicos de 500 a solo 90, logrando un ahorro sustancial en consumo de energía y en espacio físico requerido para la operación (Rao et al., 2010).

La virtualización de servidores no solo contribuye a la reducción del número de servidores físicos necesarios, sino que también impacta en otros sistemas de un centro de datos, como la refrigeración y la provisión de energía. Esto permite una distribución más eficiente del consumo energético en áreas clave. En la Figura 3, se muestra cómo se distribuye el consumo de energía en los centros de datos entre los diferentes componentes.

Figura 3

Distribución del consumo energético en centros de datos



Nota. Reproducido de "How Much Energy Do Data Centers Really Use?" por AGCI, 2020 (<https://www.agci.org/research-reviews/how-much-energy-do-data-centers-really-use>).

Los contenedores Docker representan una solución más eficiente en términos de consumo energético en comparación con las máquinas virtuales tradicionales. Esto se debe principalmente a su menor demanda de recursos y a tiempos de procesamiento más cortos (Ramírez-Peralta y Alcudia-Fuentes, 2021). En las pruebas realizadas, Docker demostró ser un 54% más eficiente en las operaciones de lectura y escritura de disco en comparación con las máquinas virtuales, lo que implica un uso reducido de recursos de almacenamiento y energía. Asimismo, durante la prueba de compresión de archivos de 10 GB, Docker completó la tarea en 40 segundos, mientras que las máquinas virtuales requirieron 70 segundos para la misma operación, reflejando una eficiencia superior en el uso de CPU y memoria. Estos resultados confirman que los contenedores, al prescindir de un sistema operativo completo para cada instancia, logran una reducción considerable en el consumo energético, alineándose con los objetivos de sostenibilidad en infraestructura tecnológica (Ramírez-Peralta y Alcudia-Fuentes, 2021).

La virtualización ha transformado la eficiencia energética en los centros de datos, pero también ha planteado desafíos significativos en términos de refrigeración. La densidad de potencia en los racks ha aumentado considerablemente; por ejemplo, un servidor típico de 1U consume entre 250 y 500 vatios, y al agrupar 40 de estos en un rack de 42U, el consumo total puede oscilar entre 10 kW y 20 kW, generando entre 35,000 y 70,000 BTUs de calor. Esto requiere entre 3 y 6 toneladas de capacidad de refrigeración por rack, una demanda que supera las especificaciones de hace una década, cuando se destinaban de 3.5 a 7 toneladas de refrigeración para una sala completa de aproximadamente 18.5 a 37 metros cuadrados con 10 a 15 racks (Computer Weekly, 2013).

3.3 Reducción de huella de Carbono

La creciente demanda de servicios digitales ha convertido a los centros de datos en un componente crucial de la infraestructura tecnológica, pero también en un gran consumidor de recursos energéticos a nivel mundial. Esta industria contribuye de forma significativa a la huella de carbono global debido a la elevada cantidad de energía que requiere para funcionar de manera continua. Según datos recientes, “entre el 1% y el 3% de la energía mundial es consumida por los centros de datos y el 0.5% de las emisiones de carbono se generan en ellos”

(Pulido, 2024). Ante este panorama, la virtualización de servidores surge como una solución prometedora para reducir el impacto ambiental, al disminuir la necesidad de hardware físico y optimizar el uso de los recursos existentes, con lo cual se facilita la transición hacia operaciones más sostenibles.

La demanda energética de las infraestructuras de TI ha incrementado de manera significativa debido a la expansión de servicios digitales y al crecimiento continuo de los centros de datos. Se estima que, en la actualidad, “las infraestructuras de TI [Tecnología de la información] consumen, hoy, entre un 5% y un 9% de toda la energía eléctrica producida en el mundo anualmente” y, de acuerdo con las proyecciones, este porcentaje “puede llegar a un 20%” para el año 2030 (Green4T, 2024, párr. 1). Para mitigar este impacto ambiental, empresas como Green4T, especializadas en reducir la huella de carbono en centros de datos, implementan tecnologías de virtualización e infraestructuras hiperconvergentes (HCI) que centralizan operaciones y reducen significativamente el consumo de recursos. Como parte de esta estrategia, Green4T promueve la “actualizar del parque tecnológico para una infraestructura hiperconvergente (HCI). Centralizamos en máquinas virtuales” (Green4T, 2024, párr. 2), lo que optimiza el uso de energía y minimiza las emisiones al reducir la necesidad de hardware físico. Este enfoque sostenible permite a las organizaciones avanzar hacia operaciones de TI más eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

La virtualización de servidores permite reducir considerablemente el consumo de energía y, con ello, la huella de carbono generada por los centros de datos. Por ejemplo, el servidor Intel SR4850HW4, al alojar hasta 17 máquinas virtuales, consume 960 watts/hora, comparado con los 2720 watts/hora que consumirían 17 servidores físicos. Esto implica un ahorro anual de 15,417.6 kWh, lo cual se traduce en una reducción significativa en costos operativos y un menor impacto ambiental (Quispe Ganoza, 2014, p. 77). Además, la virtualización contribuye al “mejor aprovechamiento de los recursos naturales”, y permite a las organizaciones “ser candidatas a estímulos fiscales derivados de su enfoque al ahorro de energía y reducción de las emisiones de carbono” (Quispe Ganoza, 2014, p. 78). Estas mejoras no solo resultan beneficiosas para la economía de las empresas, sino que también fortalecen su compromiso con la sostenibilidad y el medio ambiente.

3.4 Herramientas para la Medición del Consumo Energético

La gestión eficiente del consumo energético en entornos virtualizados se ha vuelto esencial para reducir la huella de carbono en los centros de datos, y es aquí donde VMware Aria Operations desempeña un papel clave al ofrecer herramientas avanzadas para monitorear y optimizar el uso de energía. Con su plataforma, las organizaciones pueden acceder a métricas detalladas, tales como el consumo de energía de cada máquina virtual antes y después de la virtualización, la cantidad de emisiones de CO₂ evitadas y los ahorros en costos de electricidad (VMware, 2023).

Este análisis exhaustivo permite a las empresas no solo visualizar el impacto positivo de la virtualización en términos de sostenibilidad, sino también evaluar el retorno económico derivado de estas prácticas. Además, la plataforma facilita la toma de decisiones informadas, que no solo optimizan la infraestructura de TI, sino que también impulsan el cumplimiento de objetivos ambientales al reducir la dependencia de hardware físico y promover una operación más ecológica (VMware, 2023).

De forma similar, Google Cloud proporciona la herramienta Carbon Footprint, que permite a las organizaciones medir y gestionar las emisiones de carbono generadas por el uso de sus servicios en la nube. Esta herramienta desglosa las emisiones de carbono por proyecto, producto y región, ofreciendo a las empresas una visión detallada y específica de su impacto ambiental. Además, Carbon Footprint facilita la toma de decisiones informadas al proporcionar datos de emisiones basados tanto en la ubicación como en el mercado, lo que permite a las empresas ajustar su infraestructura digital para minimizar su huella de carbono. La transparencia de la metodología de cálculo utilizada refuerza la confianza en los datos y permite que los informes de sostenibilidad cumplan con estándares de auditoría y divulgación (Google Cloud, 2023).

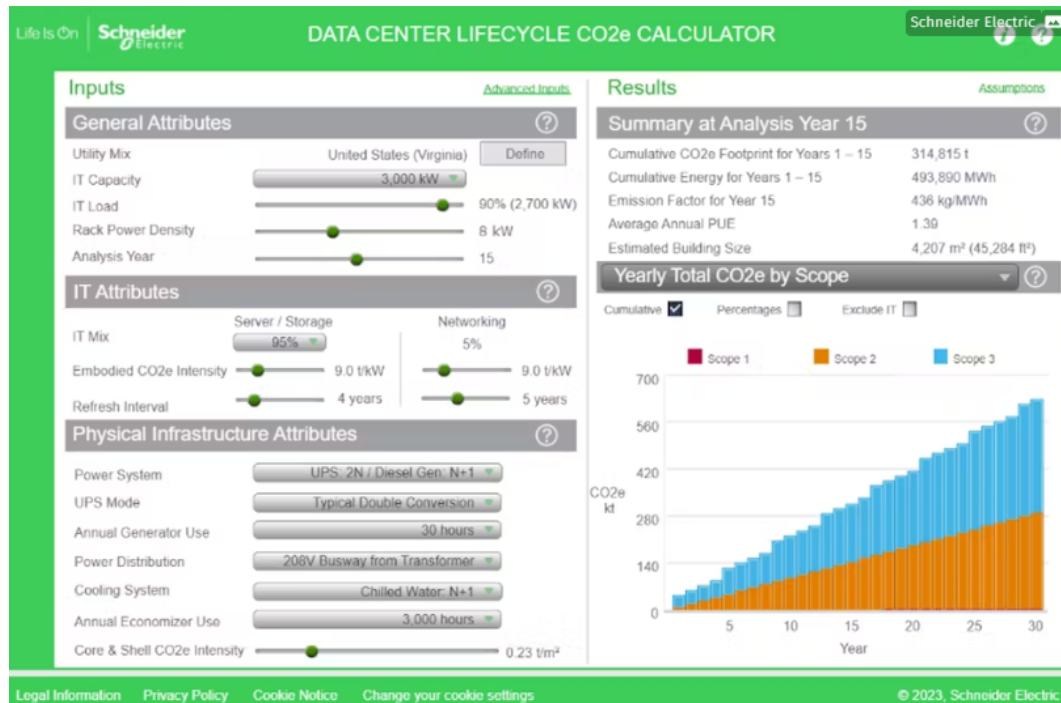
Complementando las soluciones de VMware Aria Operations y Google Cloud Carbon Footprint, Schneider Electric introduce su calculadora gratuita de emisiones de CO₂, una herramienta innovadora para ayudar a las organizaciones a evaluar y gestionar la huella de carbono generada por sus centros de datos. Esta calculadora permite obtener un análisis detallado del consumo energético, lo cual es crucial para identificar áreas específicas de mejora en eficiencia y sostenibilidad. Con estas herramientas en conjunto, las empresas no solo pueden

monitorear y reducir sus emisiones, sino también tomar decisiones fundamentadas que optimicen el uso de recursos en toda la infraestructura de TI. Al proporcionar un marco completo de análisis, desde el consumo de energía de máquinas virtuales hasta el impacto en la nube y centros de datos, las organizaciones cuentan con una base sólida para implementar prácticas sostenibles que no solo reducen el impacto ambiental, sino que también logran ahorros significativos en costos operativos y cumplen con estándares de sostenibilidad corporativa (Schneider Electric, 2023).

La Figura 4 ilustra la interfaz de la calculadora de CO₂ de ciclo de vida de Schneider Electric, que permite a las empresas analizar múltiples variables de su infraestructura de TI para calcular el impacto ambiental a lo largo del tiempo. Esta herramienta ofrece un desglose detallado de factores como la intensidad de CO₂ incorporada en la infraestructura, el consumo acumulativo de energía y las emisiones de carbono por alcance. Además, al permitir ajustes en elementos como la densidad de potencia, el sistema de enfriamiento y el uso de economizadores, la calculadora proporciona una visión precisa del potencial de ahorro energético y la reducción de emisiones. Este nivel de detalle ayuda a las organizaciones a identificar oportunidades para optimizar la eficiencia en sus centros de datos y tomar decisiones informadas en función de su sostenibilidad operativa y sus objetivos de reducción de huella de carbono (Schneider Electric, 2023).

Figura 4

Calculadora de ciclo de vida para centros de datos de Schneider Electric



Nota. Reproducido de "Modeling tools that help you understand your data center's lifecycle CO2 emissions," Por Baumann, 2023

(<https://www.datacenterfrontier.com/sponsored/article/33008553/schneider-electric-modeling-tools-that-help-you-understand-your-data-centers-lifecycle-co2-emissions>).

3.5 Conclusiones del Capítulo

Con el fin de ahorrar en costos y promover la sostenibilidad, es esencial optimizar el consumo energético en los centros de datos. Lograrlo implica una disminución sustancial del uso de energía y la emisión de carbono gracias a la consolidación de servidores implementada a través de la virtualización. Al mismo tiempo, la evaluación de estos ahorros y el impacto generado en el ambiente es más fácil gracias a herramientas como VMware Aria Operations y la calculadora de CO₂ de Schneider Electric. La virtualización es, por lo tanto, un facilitador óptimo del ahorro de energía y un aliado en los esfuerzos de las organizaciones en pro de la sostenibilidad.

Capítulo 4. Impacto de la Virtualización en los Costos Operativos

4.1 Introducción

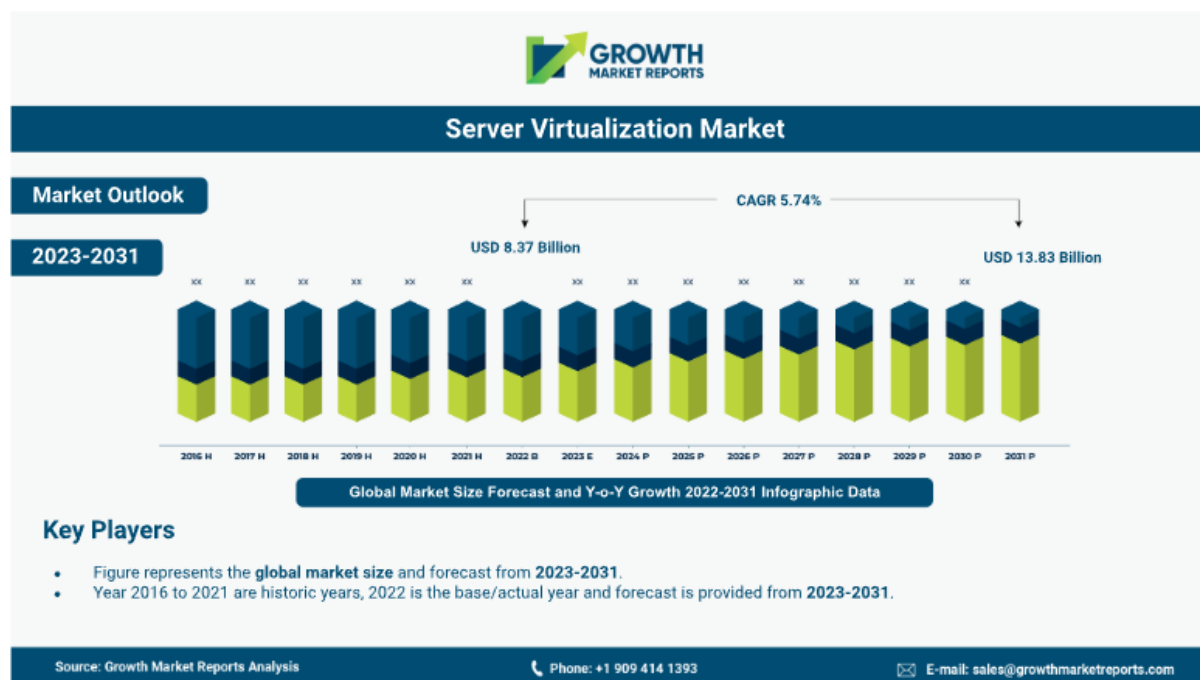
Entre las tareas de optimización de los costos en la gestión de TI, existe una prioridad para las empresas modernas. En particular, la consolidación de múltiples entornos en un solo hardware a través de la virtualización permite reducir significativamente los costos de infraestructura, mantenimiento y consumo. Esto no solo reduce la dependencia de los componentes físicos, sino que también reduce los pagos de licencias y asegura un producto de costo de escala. En los siguientes párrafos encontrará cómo la virtualización afecta los costos operativos, desde los ahorros aportados hasta las inversiones iniciales y los modelos de licencias aplicación.

4.2 Costos Operativos en la Virtualización

La virtualización de servidores continúa expandiéndose a nivel global, con un tamaño de mercado estimado en USD 8,37 mil millones en 2022, y se espera que supere los USD 13,83 mil millones para 2031. Según un informe elaborado por Growth Market Reports (2023), estas cifras se basan en análisis de tendencias del mercado, encuestas a actores clave de la industria y proyecciones económicas globales. Este crecimiento, impulsado por una tasa compuesta anual (CAGR) del 5,74 % para el periodo 2023-2031, refleja el interés creciente de las empresas en la optimización de costos y eficiencia mediante tecnologías de virtualización, como se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 5

Tamaño y crecimiento anual del mercado global de virtualización de servidores



Nota. Proyección del tamaño y crecimiento anual del mercado global de virtualización de servidores (2023-2031). Adaptado de "Server virtualization market: Global industry analysis," por Growth Market Reports, 2023 (<https://growthmarketreports.com/report/server-virtualization-market-global-industry-analysis>).

En este sentido, la virtualización de servidores constituye una herramienta estratégica que permite a las organizaciones gestionar sus recursos tecnológicos de manera eficiente, reduciendo la dependencia de hardware físico y mejorando la flexibilidad operativa. Sin embargo, al considerar la implementación de soluciones de virtualización, es esencial analizar los costos operativos que esta tecnología implica. Entre estos costos se incluyen los gastos iniciales de implementación, como la adquisición de licencias de software, la inversión en hardware adecuado y la capacitación del personal para gestionar entornos virtualizados. Además, los costos recurrentes en términos de mantenimiento y soporte técnico también pueden tener un impacto considerable en el presupuesto de TI de una empresa (Grey, 2024).

La administración de máquinas virtuales y la necesidad de herramientas avanzadas de monitoreo y gestión de recursos son aspectos que incrementan los costos de operación. Asimismo, la virtualización requiere una infraestructura robusta para evitar problemas de

rendimiento, especialmente en ambientes con una gran cantidad de máquinas virtuales. Por último, el consumo energético, aunque optimizado, sigue siendo una variable relevante, ya que los servidores deben mantenerse activos para dar soporte a los entornos virtualizados, generando así gastos de electricidad y refrigeración en los centros de datos (Grey, 2024). Estos costos operativos pueden variar según el tamaño y el tipo de infraestructura, por lo que es crucial realizar un análisis de costo-beneficio antes de implementar la virtualización en entornos empresariales.

4.3 Costos de Licencias y Software de Virtualización

La evaluación de costos de licencias y software en un entorno virtualizado exige una comprensión precisa de los modelos de licenciamiento utilizados por distintos proveedores. En el caso de VMware vSphere, uno de los más populares en el mercado, el licenciamiento se basa en el número de CPU físicas, en el cual cada licencia cubre hasta una CPU con un máximo de 32 núcleos (NAKIVO, 2024). Este modelo permite que las empresas ajusten el número de licencias según el hardware disponible, asegurando que solo paguen por la capacidad que realmente necesitan. Si una CPU tiene más de 32 núcleos, se deben adquirir licencias adicionales, lo cual permite escalabilidad a medida que los requisitos empresariales crecen (NAKIVO, 2024).

Además, VMware ofrece varias ediciones de vSphere que cubren diferentes necesidades empresariales. Por ejemplo, la edición vSphere Standard proporciona funciones básicas para pequeñas y medianas empresas que buscan consolidar servidores sin requerir funcionalidades avanzadas. En cambio, vSphere Enterprise Plus se orienta a empresas de mayor tamaño con entornos críticos, ya que incluye características avanzadas como balanceo de carga y priorización de recursos en tiempo real, lo cual es esencial para optimizar el rendimiento de aplicaciones complejas (NAKIVO, 2024). Este tipo de diferenciación en el licenciamiento permite que las organizaciones escojan la edición que mejor se alinee con sus necesidades, ya sea en función de la escala o de las funcionalidades específicas requeridas. Por lo tanto, es crucial que las empresas analicen en detalle sus necesidades operativas y presupuesto para seleccionar la combinación de edición y licenciamiento adecuada, maximizando así los beneficios de la virtualización sin incurrir en costos innecesarios.

Al evaluar plataformas de virtualización, una comparación relevante es entre soluciones comerciales como VMware y alternativas de código abierto como Proxmox. VMware es reconocido por ofrecer una infraestructura de virtualización robusta y escalable, con un conjunto amplio de funcionalidades diseñadas para entornos empresariales que requieren altos niveles de rendimiento y soporte avanzado. Sin embargo, esta funcionalidad tiene un costo considerable debido a las licencias por CPU y otros componentes necesarios, lo que puede representar una inversión significativa para empresas que buscan maximizar sus recursos de TI (Tecnozero, 2024). Por ejemplo, VMware incluye herramientas de administración y monitoreo avanzado, como vCenter y vRealize, que permiten optimizar la utilización de recursos y automatizar tareas, características que son especialmente valiosas para empresas grandes y medianas con demandas complejas de gestión.

Por otro lado, Proxmox, como solución de código abierto, es una alternativa atractiva para organizaciones que buscan reducir costos sin comprometer la funcionalidad básica. Proxmox no requiere licencias costosas y proporciona funcionalidades de virtualización que incluyen soporte para contenedores y máquinas virtuales, además de una interfaz de administración intuitiva (Tecnozero, 2024). No obstante, aunque Proxmox ofrece una gran flexibilidad y se adapta bien a entornos pequeños y medianos, carece de algunas de las capacidades avanzadas de VMware, como la integración nativa con soluciones de monitoreo de rendimiento y la escalabilidad simplificada en entornos corporativos de gran tamaño. Según Tecnozero (2024), Proxmox es una opción ideal para empresas con presupuesto limitado que pueden prescindir de algunas funcionalidades avanzadas de automatización y soporte técnico, confiando en la comunidad y en recursos de autoasistencia para resolver problemas.

Así, la decisión entre VMware y Proxmox se reduce a un balance entre costo y funcionalidad. Mientras que VMware representa una inversión inicial y de mantenimiento más alta, ofrece un soporte y una escalabilidad superiores, adecuados para empresas con una infraestructura TI más exigente. Proxmox, al ser gratuito, es una opción viable para compañías más pequeñas o para proyectos con recursos limitados, aunque puede implicar ciertos desafíos en términos de soporte y personalización avanzada a medida que los requerimientos de infraestructura crecen. Esta comparación subraya la importancia de realizar un análisis exhaustivo de las necesidades actuales y futuras de la organización para seleccionar la plataforma que mejor optimice el presupuesto y satisfaga los objetivos tecnológicos a largo plazo (Tecnozero, 2024).

Para concluir este capítulo, es esencial considerar cómo el licenciamiento en los diferentes sistemas de virtualización impacta las decisiones estratégicas de infraestructura en las organizaciones. Existen diversas opciones de licenciamiento que van desde modelos comerciales por CPU, como en el caso de VMware vSphere, hasta soluciones de código abierto, como KVM y Proxmox, que ofrecen mayor flexibilidad en términos de costos. En la Tabla 2 se presenta una comparación de las principales opciones de virtualización y sus licenciamientos respectivos, permitiendo visualizar las ventajas y limitaciones de cada sistema. Esta visión comparativa facilita la selección de la plataforma que mejor se ajuste a las necesidades operativas y presupuestarias de la organización. A medida que las empresas buscan optimizar recursos, una elección bien fundamentada en cuanto al virtualizador y su modelo de licenciamiento se convierte en un factor clave para maximizar el rendimiento y la eficiencia de los entornos virtualizados.

Tabla 2

Comparativa de Tipo de Licenciamiento de Virtualizadores.

Virtualizador	Tipo de Licenciamiento	Descripción
VMware vSphere	Licencia por CPU	Licencia comercial por CPU
Microsoft Hyper-V	Incluido con Windows Server / Por núcleo	Incluido o licencia por núcleo
Proxmox VE	Código abierto / Suscripción opcional	Gratuito, suscripción para soporte
Oracle VirtualBox	Gratuito para uso personal / Comercial	Gratuito, licencia para empresas
Citrix Hypervisor	Licencia por suscripción	Suscripción Standard y Premium
KVM	Código abierto	Gratuito, integrado en Linux
Red Hat Virtualization (RHV)	Suscripción anual	Basado en KVM, soporte Red Hat

Nota. Comparativa Tipo de Licenciamiento de Virtualizadores. Elaboración Propia

4.4 Análisis de Costos en la Implementación y Mantenimiento

La implementación de virtualización en las empresas requiere una inversión inicial significativa en software de virtualización, hardware optimizado y capacitación para el personal técnico. Según Moreira Zambrano et al. (2017), el modelo de Infraestructura como Servicio (IaaS) puede reducir hasta un 30 % los costos operativos en comparación con una infraestructura tradicional, aunque esto implica costos iniciales de configuración y adaptación a la nueva infraestructura virtualizada. Además, el mantenimiento de una infraestructura virtualizada incluye gastos recurrentes en licencias y actualizaciones. Moyano Tipan (2023) menciona que el 15 % de las empresas pequeñas y medianas aún se resisten a adoptar herramientas de virtualización de pago debido a los costos que estas representan, los cuales pueden incrementarse anualmente debido a las suscripciones de licencias y al soporte técnico necesario para optimizar el rendimiento de los servidores virtuales.

Por otro lado, la virtualización permite optimizar el uso de licencias mediante la consolidación de aplicaciones en una misma infraestructura. Salinas Vizcarra (2017) destaca que, con una estrategia adecuada de licenciamiento, el gasto en software puede disminuir hasta en un 20 % al centralizar aplicaciones en entornos virtuales, evitando la duplicidad de licencias individuales para cada servidor o usuario. Esta optimización no solo reduce costos, sino que también simplifica la administración de recursos tecnológicos en la empresa, promoviendo un uso más eficiente de los sistemas de virtualización.

4.5 Conclusiones del Capítulo

La adopción de la virtualización en un entorno empresarial es una estrategia probada para reducir los costos operativos. Al consolidar sus infraestructuras heterogéneas, las empresas pueden anticipar reducciones de gastos en hardware, consumo energético y adquisición de licencias de software, entre otros factores. Si bien la implementación inicial del proyecto puede implicar costos elevados, la virtualización sigue siendo una inversión redituable a largo plazo. Por otro lado, el análisis de varios modelos de licencia y plataformas de virtualización destaca opciones de gasto flexibles y ajustadas, lo que permite a los negocios invertir la cantidad apropiada en función de sus necesidades y, por ende, maximizar el retorno

de la inversión. En consecuencia, la virtualización no solo reduce los costos de infraestructura y software; sino que también genera una estructura de costos dinámica en la que se puede ajustar por demanda.

Capítulo 5. Estrategias de Escalabilidad y Eficiencia en la Implementación de Infraestructuras Virtualizadas

5.1 Introducción

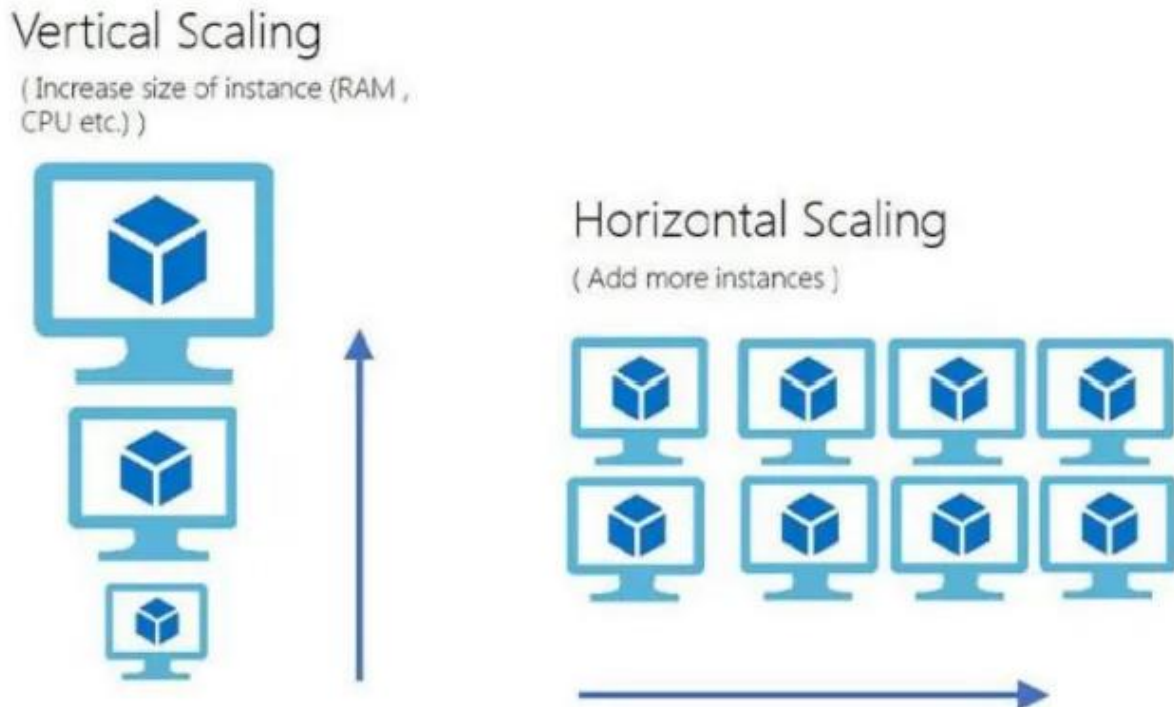
Desde un punto de vista de implementación de infraestructuras, la escalabilidad y eficiencia se consideran habilitadores clave y garantías del éxito. Por un lado, las empresas pueden ajustar dinámicamente sus recursos a las necesidades empresariales, lo que a su vez mejora los costos y el uso efectivo del hardware. Esto significa que la virtualización permite responder a picos no planificados en la demanda o reducir los tiempos de implementación de servicios. Desde este punto de vista, este capítulo considera las principales actividades para aumentar la escalabilidad y la eficiencia del enfoque virtualizado, que varían desde la optimización del hardware hasta la automatización de procesos clave.

5.2 Mejora de la Escalabilidad en Entornos Virtualizados

La escalabilidad es un aspecto fundamental en la administración de infraestructuras virtualizadas, ya que permite a las organizaciones ajustar los recursos según las necesidades de demanda. Existen dos enfoques principales para lograr esta escalabilidad: vertical y horizontal. La escalabilidad vertical implica aumentar los recursos (como RAM y CPU) en un solo servidor o instancia, mientras que la escalabilidad horizontal se basa en añadir más instancias o servidores para distribuir la carga de trabajo (Medium, 2020). En la Figura 6 se presenta una ilustración que compara ambos tipos de escalabilidad, destacando sus diferencias y aplicaciones en entornos virtualizados.

Figura 6

Comparación entre escalabilidad vertical y horizontal (Medium, 2020)



Nota. Adaptado de "Fundamentals of scalability: Vertical and horizontal scaling," por Medium, 2023 (<https://medium.com/design-microservices-architecture-with-patterns/fundamentals-of-scalability-vertical-and-horizontal-scaling-2933422859de>).

La virtualización en la nube permite a las organizaciones mejorar significativamente la escalabilidad de sus recursos tecnológicos, ajustando su infraestructura en función de las demandas operativas sin la necesidad de realizar grandes inversiones en hardware adicional. Almeida Cazar (2023) señala que el uso de plataformas de virtualización en la nube como AWS y Microsoft Azure puede reducir los costos de mantenimiento en un 30 %, mientras facilita la asignación dinámica de recursos ante incrementos temporales de carga. Esta flexibilidad permite a las empresas optimizar sus operaciones al adaptar el uso de la infraestructura a las fluctuaciones del mercado sin comprometer la calidad del servicio.

Otro beneficio clave de la virtualización es la capacidad de aprovisionamiento rápido de recursos, lo que mejora la escalabilidad y reduce los tiempos de implementación de nuevas aplicaciones o servicios. Según Rodríguez et al. (2023), las empresas que emplean

infraestructura basada en la nube logran incrementar la capacidad de procesamiento hasta un 50 % durante picos de demanda sin incurrir en largos tiempos de configuración. Este enfoque permite un despliegue eficiente y rápido de soluciones, asegurando que las organizaciones puedan responder de forma ágil a las variaciones en los requerimientos de los usuarios.

Finalmente, la escalabilidad en entornos virtualizados también proporciona una ventaja en términos de costos, ya que permite a las empresas pagar únicamente por los recursos que efectivamente utilizan. En su análisis, Arogundade y Palla (2023) destacan que la combinación de virtualización y computación en la nube reduce en un 20 % los costos operativos, en comparación con infraestructuras tradicionales, debido a la capacidad de escalar los recursos de forma elástica según la demanda. Esta modalidad de pago por uso permite a las organizaciones maximizar el retorno de inversión y gestionar de manera más eficiente sus presupuestos de TI.

5.3 Reducción del Tiempo de Implementación de Servidores Virtuales

La implementación de infraestructuras de alta demanda, como los clústeres de cómputo de alto rendimiento (HPC), puede requerir largos tiempos de configuración y aprovisionamiento cuando se realiza manualmente. Sin embargo, el uso de herramientas de virtualización y automatización, como Vagrant, permite reducir significativamente estos tiempos. Según Jiménez Saldarriaga (2020), el uso de Vagrant en la creación y configuración automática de entornos virtuales ha demostrado una reducción considerable en el tiempo de aprovisionamiento, pasando de un promedio de 110 minutos en un proceso manual a aproximadamente 26 minutos con procesos automatizados. Esto optimiza el despliegue de servidores virtuales y facilita la repetibilidad y consistencia de las configuraciones en múltiples máquinas, lo que demuestra el valor de la virtualización en la eficiencia operativa de los centros de datos y entornos HPC.

La implementación de servidores virtuales permite optimizar el uso de los recursos físicos y reducir significativamente el consumo energético, lo cual tiene un impacto directo en los costos operativos. En el caso de la plataforma UnaCloud, el despliegue de máquinas virtuales utilizando herramientas como Intel Power Gadget para monitorear el consumo energético mostró que, al utilizar un solo núcleo en una máquina virtual, el consumo promedio

fue de 28.76 watts, mientras que al incrementar a cuatro núcleos, el consumo alcanzó 60.73 watts (Sanguino Pérez, 2019). Estos datos reflejan cómo el ajuste en la cantidad de núcleos impacta el consumo energético y puede guiar a las organizaciones a implementar configuraciones más eficientes.

5.4 Automatización y Optimización de la Expansión Virtual

La automatización de la expansión virtual emplea servidores de virtualización de datos que optimizan el procesamiento de consultas mediante técnicas como la sustitución y expansión de consultas. Estas técnicas permiten seleccionar y transformar las consultas ingresadas por los usuarios para reducir redundancias y mejorar la eficiencia de procesamiento. Según Lans (2012), el uso de métodos como la “expansión de consultas” y la “sustitución de consultas” ha mostrado un incremento significativo en la eficiencia del procesamiento de datos, alcanzando reducciones en tiempo de procesamiento de hasta un 25% en pruebas experimentales (Lans, 2012). Estos avances permiten a los sistemas de virtualización responder más rápidamente y adaptarse mejor a la demanda, logrando una administración más eficiente de recursos al optimizar consultas complejas.

Por otro lado, la aplicación de algoritmos genéticos como el NSGA-II en la planificación de expansión de infraestructura virtual ofrece una estrategia de optimización robusta que balancea costo y confiabilidad del sistema. Este enfoque, documentado por Kannan et al. (2009), permitió reducir en un 30% los costos de inversión inicial y mejorar la confiabilidad en un 15% en escenarios de planificación de seis años, utilizando configuraciones de sistemas de generación para resolver el problema de la planificación de expansión (Kannan et al., 2009). Este modelo ofrece una gama de soluciones optimizadas que facilitan la toma de decisiones en la planificación de recursos y expansión de sistemas virtuales, haciendo uso eficiente de la capacidad existente y adaptándose a la evolución de la demanda.

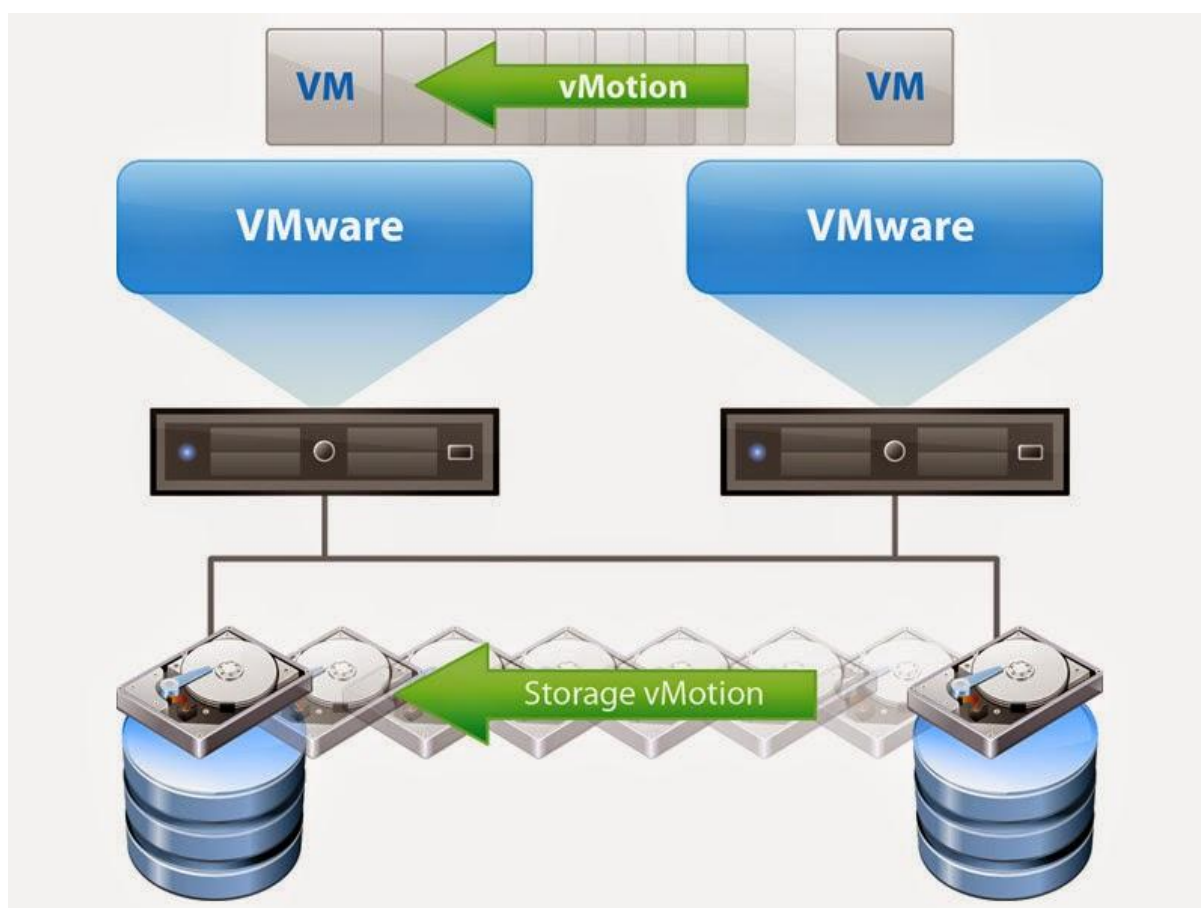
La automatización en la expansión de infraestructuras virtualizadas permite una gestión eficiente de recursos y minimiza los tiempos de inactividad, lo cual es fundamental en entornos de alta disponibilidad. VMware vMotion es una tecnología avanzada que facilita la migración en vivo de máquinas virtuales entre servidores físicos, permitiendo que estas se transfieran sin interrupciones del servicio, incluso durante operaciones de mantenimiento o actualización de

hardware. Esta capacidad de migración dinámica es crucial para optimizar el uso de recursos y garantizar la continuidad del servicio en infraestructuras complejas (VMware, 2023).

En la Figura 7 se ilustra el funcionamiento de vMotion, destacando cómo esta tecnología permite no solo mover máquinas virtuales entre diferentes servidores físicos, sino también transferir el almacenamiento asociado a través de "Storage vMotion". Esto proporciona flexibilidad en la administración de recursos y facilita la expansión de la infraestructura virtualizada sin necesidad de apagado ni interrupciones para el usuario final, contribuyendo así a una mayor eficiencia y estabilidad en la operación de centros de datos.

Figura 7

Migración de máquinas virtuales y almacenamiento con VMware vMotion



Nota. Adaptado de "VMware vSphere vMotion," por VMware, 3
(<https://www.vmware.com/products/cloud-infrastructure/vsphere/vmotion>).

Finalmente, el uso de la teoría de la información combinada con técnicas de expansión modal en el posicionamiento óptimo de sensores virtuales ha demostrado ser eficaz en sistemas de monitoreo en tiempo real, reduciendo la incertidumbre y optimizando la precisión de las mediciones. Ercan y Papadimitriou (2021) implementaron un marco de colocación de sensores que maximizó la ganancia informativa en un 20% y redujo las incertidumbres estructurales en un 15% en escenarios simulados de monitoreo de vibraciones en infraestructuras complejas (Ercan y Papadimitriou, 2021). Este enfoque proporciona un diseño robusto para el monitoreo continuo de sistemas estructurales, asegurando una recopilación de datos eficiente y confiable, incluso en condiciones de incertidumbre.

Estas técnicas de automatización y optimización en la expansión virtual no solo facilitan la administración de recursos en entornos de datos complejos, sino que también permiten una toma de decisiones más informada y segura al reducir costos, aumentar la confiabilidad y mejorar la precisión en la recolección de datos.

5.5 Conclusiones del Capítulo

Las estrategias de escalabilidad y eficiencia en infraestructuras virtualizadas presentadas en este trabajo ofrecen a las empresas una serie de ventajas en términos de flexibilidad operativa, ahorro de costos y sostenibilidad. Gracias a la optimización de recursos y la automatización del uso de servidores virtuales, las organizaciones pueden adaptarse rápidamente a la dinámica del mercado sin cesar sus servicios o invertir de más en el hardware.

Por lo tanto, la discusión de este capítulo confirma el hecho de que tanto la escalabilidad como la eficiencia son beneficios conceptos por sí solos. Al mismo tiempo, se puede decir que las empresas también pueden beneficiarse de una reducción en su huella de carbono. Con la ayuda de virtualización, no solo podrán mejorar su agilidad y escalabilidad, sino también garantizar la eficiencia energética y reducir sus costos energéticos y de mantenimiento. En general, la virtualización es vista como una opción versátil para la optimización de infraestructuras gratuitas que permite a las empresas garantizar su rendimiento y la competitividad en mercados dinámicos.

Resultados de la Investigación

La investigación sobre la virtualización de servidores en entornos empresariales ha revelado hallazgos significativos que demuestran los beneficios y optimizaciones que esta tecnología ofrece en diversos aspectos operativos y de gestión de recursos. En primer lugar, se confirmó que la virtualización permite reducir considerablemente el tiempo necesario para implementar nuevos servidores, lo cual facilita una respuesta rápida a los cambios en la demanda y optimiza el tiempo de adaptación en entornos empresariales dinámicos. Esta reducción en el tiempo de implementación contribuye directamente a la flexibilidad operativa y la continuidad del negocio, elementos esenciales para mantener la competitividad en sectores de alta demanda tecnológica.

Otro resultado destacado es la mejora en la eficiencia energética, que ha sido uno de los objetivos clave en la adopción de tecnologías de virtualización. La consolidación de servidores físicos mediante el uso de máquinas virtuales permite una utilización óptima de los recursos físicos y, a su vez, una reducción en el consumo energético general de las infraestructuras de TI. Este ahorro energético no solo se traduce en una disminución de los costos operativos, sino que también contribuye a reducir la huella de carbono de las empresas, alineándolas con prácticas sostenibles y políticas de responsabilidad ambiental cada vez más relevantes en el contexto actual.

En cuanto a los costos operativos, los resultados indican una reducción notable en los gastos asociados con el mantenimiento de infraestructura física y en la adquisición de hardware adicional. La virtualización permite a las empresas utilizar al máximo su capacidad de procesamiento existente, evitando la necesidad de adquirir y mantener nuevos servidores. Este factor se convierte en una ventaja económica significativa, especialmente para empresas en crecimiento que buscan expandirse sin comprometer recursos financieros en infraestructura física adicional.

Además, la automatización en la gestión de servidores virtuales, facilitada por herramientas como Ansible y Terraform, ha demostrado ser fundamental para reducir el error humano y mejorar la eficiencia en el manejo de grandes infraestructuras de TI. La adopción de técnicas de automatización permite que los procesos operativos se realicen de manera más ágil

y con menor intervención manual, lo cual es esencial en entornos complejos donde la administración de recursos debe ser precisa y confiable.

Estos resultados consolidan a la virtualización de servidores como una solución integral y eficiente para empresas que buscan optimizar sus operaciones, reducir costos, y mejorar la sostenibilidad de sus infraestructuras de TI. La tecnología se muestra no solo como una opción viable, sino como un factor determinante para empresas que desean mantener su competitividad y responder de manera efectiva a los desafíos de un entorno empresarial en constante cambio.

Conclusiones y Recomendaciones

La investigación realizada sobre la virtualización de servidores demuestra que esta tecnología se ha convertido en un componente clave para la transformación digital y la optimización operativa en entornos empresariales. Su capacidad para consolidar recursos, reducir costos operativos y optimizar el uso de infraestructuras existentes la posiciona como una solución estratégica indispensable para las organizaciones que desean mantenerse competitivas en un mercado cada vez más dinámico y exigente.

Entre las conclusiones más relevantes, destaca la reducción significativa del tiempo de implementación de nuevos servidores, lo que permite una mayor agilidad en las operaciones. Herramientas como Vagrant, mencionadas en el estudio, han demostrado ser efectivas para disminuir los tiempos de despliegue de 110 minutos en configuraciones manuales a solo 26 minutos en procesos automatizados. Este cambio no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también permite a las empresas adaptarse rápidamente a cambios en la demanda o a nuevas oportunidades de negocio, un factor crucial en sectores altamente dinámicos como la banca, las telecomunicaciones y el comercio electrónico.

En cuanto a la eficiencia energética, los resultados destacan que la virtualización contribuye significativamente a la sostenibilidad empresarial. Al consolidar múltiples servidores físicos en una única máquina virtualizada, se logra un uso más eficiente de los recursos tecnológicos. Un ejemplo específico presentado en el trabajo es la capacidad de un servidor físico para alojar 17 máquinas virtuales, lo cual genera un ahorro anual de 15,417.6 kWh en comparación con el uso de 17 servidores físicos. Esta reducción en el consumo energético también implica una disminución en la huella de carbono, alineándose con las tendencias actuales de sostenibilidad y responsabilidad social empresarial. Además, tecnologías complementarias como la infraestructura hiperconvergente (HCI) refuerzan estos beneficios, permitiendo una mayor centralización de operaciones y logrando una reducción de hasta el 65% en el consumo energético de los centros de datos.

Otro aspecto clave que se analiza en esta investigación es el impacto económico de la virtualización en la estructura de costos de las organizaciones. Se concluye que, al reducir la necesidad de adquirir nuevo hardware y optimizar el uso de los recursos existentes, las empresas pueden disminuir sus costos operativos hasta en un 30%. Este ahorro no solo

beneficia a las grandes corporaciones, sino que también resulta crucial para pequeñas y medianas empresas que buscan expandirse sin incurrir en gastos desproporcionados. Además, la simplificación de los procesos de mantenimiento y la reducción de los tiempos de inactividad gracias a la virtualización contribuyen directamente a la optimización del retorno de inversión.

La automatización emerge como un elemento complementario esencial en la gestión de entornos virtualizados. Herramientas como Ansible y Terraform, destacadas en el trabajo, han demostrado su eficacia para reducir la intervención manual en tareas repetitivas, minimizar errores humanos y asegurar una mayor precisión en la administración de los recursos virtuales. En entornos complejos, donde la precisión y la eficiencia son fundamentales, estas herramientas no solo optimizan el rendimiento operativo, sino que también liberan a los equipos de TI para que se concentren en actividades estratégicas de mayor valor. Además, la automatización basada en inteligencia artificial y aprendizaje automático está transformando la gestión de infraestructuras virtualizadas, permitiendo ajustes dinámicos en tiempo real que aumentan la confiabilidad y la optimización de los sistemas.

La investigación también aborda los desafíos asociados con la adopción de la virtualización, destacando la importancia de una planificación estratégica adecuada. Una implementación sin una estrategia clara puede llevar a la subutilización de los recursos disponibles, así como a un incremento innecesario en los costos operativos. Por ello, se recomienda a las empresas desarrollar un plan detallado que contemple metas específicas, indicadores de desempeño y un análisis exhaustivo de costo-beneficio. Este enfoque no solo asegura una implementación más ordenada, sino que también permite maximizar los beneficios de esta tecnología.

En cuanto a la sostenibilidad, la virtualización también representa una herramienta clave para reducir el impacto ambiental de las operaciones tecnológicas. Al permitir una consolidación efectiva de los recursos tecnológicos, las empresas pueden disminuir significativamente el consumo energético y optimizar el espacio en los centros de datos. Este enfoque, combinado con el uso de herramientas avanzadas de monitoreo como VMware Aria Operations, facilita la evaluación de métricas relacionadas con la eficiencia energética y las emisiones de carbono, proporcionando datos valiosos para la toma de decisiones basadas en sostenibilidad.

Por último, la infraestructura hiperconvergente (HCI) se presenta como una extensión natural de la virtualización, integrando almacenamiento, redes y procesamiento en una única

plataforma centralizada. Este enfoque no solo simplifica la administración de los recursos tecnológicos, sino que también ofrece una mayor flexibilidad para adaptarse a las necesidades cambiantes del negocio. En un entorno empresarial donde la escalabilidad y la simplicidad son cada vez más valoradas, la HCI proporciona una solución eficiente y rentable que complementa perfectamente los beneficios de la virtualización.

Para finalizar, la virtualización de servidores no solo transforma la manera en que las empresas gestionan sus recursos tecnológicos, sino que también establece un camino hacia la sostenibilidad y la eficiencia operativa. Su capacidad para optimizar la infraestructura, reducir costos, minimizar el impacto ambiental y mejorar la resiliencia operativa la convierten en una herramienta indispensable en el contexto empresarial actual. Al adoptar estrategias bien planificadas y aprovechar tecnologías complementarias como la automatización y la infraestructura hiperconvergente, las organizaciones pueden maximizar los beneficios de esta tecnología, fortalecer su competitividad y prepararse para enfrentar los desafíos de un mercado en constante evolución.

Líneas futuras de investigación

El campo de la virtualización de servidores presenta una serie de caminos prometedores para investigaciones futuras, orientadas a expandir su aplicabilidad, eficiencia y seguridad en el entorno empresarial. Uno de los aspectos fundamentales para explorar en el futuro es la sinergia entre virtualización e inteligencia artificial (IA). La implementación de IA en entornos virtuales no solo podría mejorar la capacidad de respuesta de los sistemas, sino también permitir una gestión proactiva y automatizada de las infraestructuras tecnológicas. Este enfoque tendría un impacto significativo en la reducción de tiempos de inactividad y en la optimización de recursos, brindando a las empresas una ventaja competitiva en un mercado donde la adaptabilidad y eficiencia operativa son primordiales.

Otro campo de relevancia creciente es la sostenibilidad de las operaciones en entornos virtualizados, en particular la optimización del consumo energético. La investigación podría centrarse en el desarrollo de tecnologías que monitoreen y reduzcan el uso de energía en centros de datos virtualizados, impulsando la adopción de prácticas más amigables con el medio ambiente. En un contexto donde las organizaciones buscan reducir su huella de carbono, esta línea de investigación podría aportar soluciones que, además de generar un impacto positivo en el medio ambiente, ofrezcan ahorros significativos en costos de operación. El diseño de algoritmos que ajusten dinámicamente el consumo energético conforme a la carga de trabajo es un ejemplo de cómo la tecnología puede contribuir a la sostenibilidad empresarial.

Por otra parte, la seguridad en los entornos virtuales sigue siendo un desafío crucial, dado que las amenazas evolucionan continuamente y los sistemas virtualizados requieren medidas de protección avanzadas. Las futuras investigaciones deberían enfocarse en la creación de métodos más robustos para la detección de intrusiones, la protección de datos y el aislamiento entre máquinas virtuales. Estos avances son esenciales para mantener la integridad y privacidad de la información en un contexto digital complejo y dinámico. Además, el desarrollo de herramientas de encriptación adaptativas y de soluciones de seguridad basadas en IA podría representar un hito en la seguridad de los sistemas virtualizados, brindando a las organizaciones la confianza necesaria para operar en estos entornos.

La infraestructura hiperconvergente (HCI) representa otra área con gran potencial, ya que permite consolidar componentes de almacenamiento, procesamiento y redes en una única

plataforma, simplificando la gestión y reduciendo costos. Las investigaciones podrían explorar cómo la HCI influye en la flexibilidad y escalabilidad de las infraestructuras empresariales y cómo esta tecnología puede ser optimizada para responder a los cambios constantes en las demandas de TI. Al integrar la HCI con la virtualización, se pueden desarrollar modelos de operación aún más eficientes que maximicen los recursos disponibles y minimicen los costos asociados con la administración de TI.

En suma, estas líneas futuras de investigación permitirían no solo la expansión de la virtualización de servidores, sino también la consolidación de prácticas sostenibles y seguras, alineadas con los desafíos de la tecnología moderna y las necesidades del mercado.

Referencias

- Abschlussarbeit, R. (2023). *Evaluation of the scalability of virtual machine technologies in energy-efficient environments*. Faculty of Computer Science, University of Munich.
- AGCI. (2020, marzo). *How much energy do data centers really use?*. [Imagen] <https://www.agci.org/research-reviews/how-much-energy-do-data-centers-really-use>
- Almeida Cazar, F. S. (2023). *Análisis comparativo de plataformas de virtualización en la nube para el despliegue de aplicaciones empresariales* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Arogundade, O. R., & Palla, K. (2023). Virtualization revolution: Transforming cloud computing with scalability and agility. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 10(6), 619-624. <https://doi.org/10.17148/IARJSET.2023.106104>
- AWS (2022). *Serverless architectures and the role of microVMs in modern infrastructure*. AWS Whitepapers.
- Baumann, C. (2023, 26 de julio). *Modeling tools that help you understand your data center's lifecycle CO2 emissions*. [Imagen] Data Center Frontier. <https://www.datacenterfrontier.com/sponsored/article/33008553/schneider-electric-modeling-tools-that-help-you-understand-your-data-centers-lifecycle-co2-emissions>
- Boutaba, R., Shahriar, N., Salahuddin, M. A., & Limam, N. (2021). *Managing Virtualized Networks and Services with Machine Learning*. Communication Networks and Service Management in the Era of Artificial Intelligence and Machine Learning.
- Cloud Computing Report. (2023). *Advances in scalable virtual infrastructures*. International Journal of Cloud Computing.
- Computer Weekly. (2013). *Refrigeración optimizada para centros de datos con servidores virtuales*. Recuperado de <https://www.computerweekly.com/es/reporte/Refrigeracion-optimizada-para-centros-de-datos-con-servidores-virtuales>.
- Docker, Inc. (2023). *What is a container?* Docker. <https://www.docker.com/resources/what-container>

-
- Docker, Inc. (2023). *Why Docker?* Docker. <https://www.docker.com/why-docker>
- Equipo editorial de IONOS. (2023, septiembre 13). ¿Qué es Docker? IONOS. Recuperado de <https://www.ionos.com/es-us/digitalguide/servidores/know-how/que-es-docker/>
- Ercan, T., & Papadimitriou, C. (2021). *Optimal Sensor Placement for Reliable Virtual Sensing Using Modal Expansion and Information Theory*. *Sensors* (Basel, Switzerland)
- Firecracker. (2020). *MicroVM technology for serverless computing*. Amazon Web Services.
- Google Cloud. (2023). *Google Cloud Carbon Footprint*. Google Cloud. https://cloud.google.com/carbon-footprint?hl=es_419
- Green4T. (s. f.). *Data Center Carbon Zero*. Green4T. Recuperado el 29 de octubre de 2024, de <https://www.green4t.com/es/soluciones/data-center-carbon-zero>
- Grey, R. (2024, 15 de octubre). ¿Qué coste tiene la virtualización? Virtualizar los sistemas de TI. NinjaOne. <https://www.ninjaone.com/es/blog/coste-de-la-virtualizacion/>
- Growth Market Reports. (2023). *Server virtualization market: Global industry analysis*. [Imagen] Recuperado de <https://growthmarketreports.com/report/server-virtualization-market-global-industry-analysis>
- Guru99. (2024, 31 de julio). *Virtualization in Cloud Computing*. Recuperado de <https://www.guru99.com/es/virtualization-cloud-computing.html>
- HCI Report. (2022). *Implementing and managing hyper-converged infrastructure*. ScienceDirect.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- IBM. (2024, 19 de mayo). *Comparación entre hypervisor tipo 1 y tipo 2* [Imagen]. IBM Developer. <https://developer.ibm.com/articles/cl-hypervisorcompare/>
- IBM. (s.f.). *Virtualization*. IBM. Recuperado el 9 de septiembre de 2024, de <https://www.ibm.com/topics/virtualization>
- Ionescu, D., Solomon, B., Litoiu, M., & Mihaescu, M. (2008). *A Robust Autonomic Computing Architecture for Server Virtualization*. 2008 International Conference on Intelligent Engineering Systems.

-
- Ismailov, O. M., & Batirov, J. A. (2024). *Methods and architectural solutions for corporate server infrastructure virtualization*. Science and Innovation: International Scientific Journal, 3(6), 81–86. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11660054>
- Jiménez Saldarriaga, H. F. (2020). *Despliegue automático de infraestructuras HPC multinúcleo y multimaquina con máquinas virtuales utilizando Vagrant*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Kannan, S., Baskar, S., McCalley, J., & Murugan, P. (2009). *Application of NSGA-II Algorithm to Generation Expansion Planning*. IEEE Transactions on Power Systems, 24(2), 454-461
- Kommeri, J., Niemi, T., & Helin, O. (2012). Energy efficiency of server virtualization. *Energy 2012: The Second International Conference on Smart Grids, Green Communications and IT Energy-aware Technologies*, 89-95.
- Kumari, N., & Singh, U. N. (2023). *A Study of Virtualization Techniques Applied in Cloud Computing Environment*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), 11(2), 1459-1464. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.48994>
- La Razón. (2024, 22 de febrero). *El 72% de las empresas plantea repatriar sus datos de la nube*. Recuperado de https://www.larazon.es/emergente/72-empresas-plantea-repatriar-sus-datos-nube_2024022265d758f5344c980001b63223.html
- Lans, R. V. D. (2012). *Data Virtualization Server: Query Optimization Techniques*. En *Data Virtualization* (pp. 127-146).
- Lowe, S. D., & Miller, L. C. (2020). *Infraestructura hiperconvergente de próxima generación para Dummies* (Edición especial de Nutanix). John Wiley & Sons.
- Marchionni, E. A. (2011). *Administrador de servidores*. Buenos Aires: Fox Andina.
- Mavridis, I., & Karatza, H. (2019). *Combining containers and virtual machines to enhance isolation and extend functionality on cloud computing*. Future Generation Computer Systems, 94, 674-696.

-
- McKinsey & Company. (2023, 17 de enero). *Investing in the Rising Data Center Economy*. [Imagen] <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/investing-in-the-rising-data-center-economy>
- Medium. (2023, 15 de febrero). *Fundamentals of scalability: Vertical and horizontal scaling*. [Imagen] <https://medium.com/design-microservices-architecture-with-patterns/fundamentals-of-scalability-vertical-and-horizontal-scaling-2933422859de>.
- Microsoft. (2023, 21 de julio). *Appendix B: Hyper-V architecture and feature overview*. Recuperado de <https://learn.microsoft.com/es-es/biztalk/technical-guides/appendix-b-hyper-v-architecture-and-feature-overview>
- Microsoft. (2024, 15 de agosto). *About Hyper-V on Windows*. Recuperado de <https://learn.microsoft.com/es-es/virtualization/hyper-v-on-windows/about/>
- Moocheet, P. A. (2024). *Artificial intelligence and machine learning in server virtualization*. Procedia Computer Science, 171, 1459–1468.
- Morabito, R. (2017). *Virtualization on Internet of Things Edge Devices With Container Technologies: A Performance Evaluation*. IEEE Access, 5, 8835-8850.
- Morabito, R., Cozzolino, V., Ding, A., Beijar, N., & Ott, J. (2018). *Consolidate IoT Edge Computing with Lightweight Virtualization*. IEEE Network, 32(1), 102-111.
- Moreira Zambrano, C. A., Zambrano-Romero, W. D., Guamán-Quinché, R., & Cuenca Álava, W. G. (2017). Soluciones de bajo costo usando el modelo infraestructura como servicio con alta disponibilidad y virtualización. *Enfoque UTE*, 8(1), 186-200. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.129>
- Moyano Tipan, D. J. (2023). *Análisis de herramientas de virtualización como soporte al modelo de negocio de las PYMES*. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.
- NAKIVO. (2024, mayo 6). *A guide to VMware vSphere editions and licensing: Which one do you need?* NAKIVO. <https://www.nakivo.com/es/blog/a-guide-to-vmware-vsphere-editions-and-licensing-which-one-do-you-need/>
- Nutanix. (2020). *La guía definitiva de la infraestructura hiperconvergente*.
- Nutanix. (s.f.). *Hyperconverged infrastructure (HCI)*. <https://www.nutanix.com/mx/hyperconverged-infrastructure>

-
- Oracle. (s.f.). *What is virtualization vs. cloud computing?*. Recuperado de <https://www.oracle.com/es/cloud/what-is-cloud-computing/virtualization-vs-cloud-computing/>
- Pessolani, P. A. (2018). *Un modelo de arquitectura para un sistema de virtualización distribuido*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata.
- Portnoy, M. (2023). *Virtualization Essentials* (3ª ed.). John Wiley & Sons.
- Potdar, A. M., Gb, N. D., Kengond, S., & Mulla, M. M. (2020). *Performance evaluation of Docker container and virtual machine*. *Procedia Computer Science*, 171, 1419–1428. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.152>
- Proxmox VE. (2023). *Proxmox Virtual Environment Features*. Recuperado de <https://www.proxmox.com/en/proxmox-ve/features>
- Pulido, C. (2024, 11 de enero). Impacto de la industria de centros de datos en la huella de carbono. *DatacenterDynamics*. <https://www.datacenterdynamics.com/es/opinion/impacto-de-la-industria-de-centros-de-datos-en-la-huella-de-carbono/>
- Pure Storage. (s.f.). *What is cloud repatriation?*. Recuperado de <https://www.purestorage.com/es/knowledge/what-is-cloud-repatriation.html>
- Quispe Ganoza, H. J. (2014). *Virtualización en los centros de datos*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Ramírez-Peralta, D., & Alcudia-Fuentes, E. (2021). *Containers vs. virtual machines: performance comparison*. *Journal of Scientific and Technical Applications*, 7(20), 1-9.
- Rao, K. T., Sai Kiran, P., & Reddy, L. S. S. (2010). Energy efficiency in datacenters through virtualization: A case study. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 10(3), 2-6.
- Red Hat. (2022, 11 de mayo). *What is KVM?*. Red Hat. Recuperado de <https://www.redhat.com/es/topics/virtualization/what-is-KVM>
- Red Hat. (2023, 5 de septiembre). *Cloud computing vs. virtualization*. Recuperado de <https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/cloud-vs-virtualization>

-
- Red Hat. (2024). *What is virtualization?* Red Hat. Recuperado el 9 de septiembre de 2024, de <https://www.redhat.com/en/topics/virtualization/what-is-virtualization>
- Rodríguez, N., Murazzo, M., Medel, D., Chavez, S., Martin, A., & Valenzuela, A. (2023). *Análisis de mejora en la escalabilidad de las infraestructuras de cloud computing. Departamento e Instituto de Informática, UNSJ.*
- Salinas Vizcarra, J. A. (2017). *Propuesta de un sistema de información para la virtualización de equipos informáticos en la empresa Panacea Consultores, 2016* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Norbert Wiener, Lima, Perú.
- Sanguino Pérez, J. C. (2019). *Optimizando el despliegue en UnaCloud basado en el consumo de energía.* Universidad de los Andes.
- Schneider Electric. (2023). *Schneider Electric presenta la primera calculadora de emisiones de CO₂ gratuita para medir la huella medioambiental de centros de datos.* Calor y Frío. <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/medicion-y-calculo/schneider-electric-presenta-primera-calculadora-emisiones-co2-gratuita-medir-huella-medioambiental-centros-datos.html>
- Tagirova, K. F., Zinatullin, I. I., & Vulfin, A. M. (2020). *Intelligent Virtual Machine Resource Management System.* Lecture Notes in Electrical Engineering.
- Tecnozero. (2024, 10 de junio). *Proxmox vs VMware: ¿cuál es la mejor solución de virtualización?*. <https://www.tecnozero.com/vmware/proxmox-vs-vmware/>
- van Leeuwen, R. E. (2023). *The energy efficiency and system performance of virtual machines.* Tesis de máster, University of Helsinki.
- Verified Market Reports. (2024, octubre). *Server Virtualization Software Market.* Recuperado de <https://www.verifiedmarketreports.com/es/product/server-virtualization-software-market>
- VMware. (2019, 31 de mayo). *VMware vSphere Documentation: Overview.* Recuperado de <https://docs.vmware.com/es/VMware-vSphere/7.0/com.vmware.vsphere.vcenterhost.doc/GUID-302A4F73-CA2D-49DC-8727-81052727A763.html>

VMware. (2023). *Configuración de operaciones en VMware Aria Operations*. VMware.
<https://docs.vmware.com/es/VMware-Aria-Operations/SaaS/Configuring-Operations/GUID-00EFA908-6B8E-4D5D-967C-2E56161FD1BE.html>

VMware. (s.f.). *VMware vSphere vMotion*. [Imagen] Recuperado de
<https://www.vmware.com/products/cloud-infrastructure/vsphere/vmotion>