



# Infraestructura física frente a la virtualizada: análisis experimental del uso de CPU en la Universidad Nacional del Altiplano

## Physical vs. virtualized infrastructure: experimental analysis of CPU usage at the National University of Altiplano

Jesús Daniel Malma Montaña<sup>1,\*</sup>  y Adolfo Carlos Jimenez Chura<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

### Resumen

La automatización de servidores permite optimizar la gestión de recursos y mejorar la eficiencia operativa en entornos tecnológicos. La infraestructura puede ser física o virtualizada, y cada una presenta ventajas y desventajas en términos de rendimiento y consumo de recursos. El objetivo de esta investigación fue evaluar y comparar la eficiencia operativa en el uso de CPU entre servidores físicos y virtualizados en la Universidad Nacional del Altiplano. La metodología empleó un enfoque cuantitativo y experimental, utilizando una muestra de seis servidores (tres físicos y tres virtuales), monitoreados con Prometheus y Grafana. Los resultados evidenciaron diferencias significativas: los servidores virtualizados presentaron un uso de CPU más eficiente (3,66 % promedio) en comparación con los físicos (43,85 %). Se aplicaron pruebas estadísticas, como la t de Student, que arrojaron un valor t de 28,21 y un p-valor de 2,57e-150, indicando una diferencia altamente significativa entre ambos tipos de servidores. Se concluye que la virtualización ofrece ventajas en la optimización de recursos y la estabilidad operativa, especialmente en aplicaciones de menor demanda, por lo que su implementación en entornos académicos podría mejorar la eficiencia de la infraestructura tecnológica universitaria.

**Palabras clave:** Automatización de servidores, Eficiencia operativa, Infraestructura virtualizada, Optimización de recursos, Uso de CPU.

### Abstract

Server automation enables the optimization of resource management and enhances operational efficiency in technological environments. The infrastructure can be either physical or virtualized, each presenting advantages and disadvantages in terms of performance and resource consumption. The aim of this research was to evaluate and compare the operational efficiency in CPU usage between physical and virtualized servers at the Universidad Nacional del Altiplano. The methodology followed a quantitative and experimental approach, using a sample of six servers (three physical and three virtual), monitored with Prometheus and Grafana. The results showed significant differences: virtualized servers demonstrated more efficient CPU usage (average of 3.66%) compared to physical servers (43.85%). Statistical tests, such as the Student's t-test, were applied and yielded a t-value of 28.21 and a p-value of 2.57e-150, indicating a highly significant difference between the two types of servers. It is concluded that virtualization provides advantages in resource optimization and operational stability, especially for lower-demand applications, suggesting that its implementation in academic environments could enhance the efficiency of university technological infrastructure.

**Keywords:** Server automation, Operational efficiency, Virtualized infrastructure, Resource optimization, CPU and memory usage.

**Recibido:** 03 oct. 2024

**Aceptado:** 23 dic. 2024

**Publicado:** 30 dic. 2024

\***Autor para correspondencia:** [malmadaniel@gmail.com](mailto:malmadaniel@gmail.com)

**Cómo citar:** Malma Montaña, J. D., & Jimenez Chura, A. C. (n.d.). Infraestructura física frente a la virtualizada: análisis experimental del uso de CPU en la Universidad Nacional del Altiplano. *Revista de Investigaciones*, 13(4), 201-209. <https://doi.org/10.26788/ri.v13i4.6513>

## Introducción

En la Universidad Nacional del Altiplano, donde se desarrolló esta investigación en 2024, se utilizan tanto servidores físicos como virtualizados. Este entorno mixto motivó la realización de este estudio, con el objetivo de evaluar y comparar el rendimiento y la eficiencia entre ambas infraestructuras tecnológicas. La institución enfrenta un crecimiento sostenido en la demanda de recursos tecnológicos, lo que hace cada vez más urgente la necesidad de optimizar el uso de estos recursos. Por ello, comprender las ventajas y desventajas de cada tipo de servidor se convierte en un aspecto clave para la mejora continua de la infraestructura tecnológica universitaria.

La virtualización de servidores ha emergido como una tecnología transformadora en la gestión de infraestructuras de TI. Sharma et al. (2016) señalan que esta tecnología permite optimizar significativamente el uso de recursos computacionales, especialmente en entornos empresariales y académicos. En este contexto, la eficiencia operativa se ha convertido en una prioridad fundamental para las instituciones educativas que dependen cada vez más de servicios digitales para sus operaciones críticas (Juiz & Bermejo 2024; Livise Aguilar 2022).

La evolución de las infraestructuras virtualizadas ha demostrado beneficios significativos en términos de costos y rendimiento. Uddin, Shah, et al. (2021) encontraron que la consolidación de servidores puede reducir el consumo energético hasta en un 50 % mientras incrementa la utilización de recursos hasta en un 30 %. Adicionalmente, Perumal et al. (2022) destacan que la migración gradual hacia entornos virtualizados mejora la flexibilidad en la provisión de recursos y reduce los costos operativos. Ariyanto (2023) identificó que la arquitectura de servidores virtuales mejora la disponibilidad del sistema y la capacidad para manejar un mayor número de usuarios concurrentes, lo que es crucial en aplicaciones de alta demanda.

El impacto de la virtualización en el rendimiento de sistemas ha sido ampliamente estudiado. Juiz & Bermejo (2024) identificaron un punto crítico en la consolidación de máquinas virtuales, donde

la sobrecarga de virtualización puede superar los beneficios si no se gestiona adecuadamente. Por su parte, Kolahi et al. (2020) demostraron que las plataformas de virtualización modernas pueden lograr un rendimiento superior en términos de throughput y latencia de red. Djordjevic et al. (2021) compararon el rendimiento de múltiples hipervisores, mostrando que ESXi lidera en eficiencia para escenarios específicos, mientras que KVM sobresale en servidores de archivos.

La seguridad en entornos virtualizados representa otro aspecto crucial. Brooks et al. (2012) analizaron las vulnerabilidades específicas en estos entornos, incluyendo riesgos de ataques de inyección de código y botnets virtualizadas. Según Lakhno et al. (2023), los sistemas de seguridad avanzados pueden mitigar estos riesgos de manera efectiva. Además, Mochalov et al. (2021) desarrollaron un modelo racional para optimizar la distribución de máquinas virtuales, maximizando tanto la eficiencia como la seguridad.

En el contexto de la optimización de recursos, Chillarón et al. (2017) demuestran cómo la virtualización facilita la ejecución eficiente de cargas de trabajo complejas. Este hallazgo es respaldado por Leite et al. (2019a), quienes observaron mejoras significativas en el rendimiento de almacenamiento en infraestructuras hiperconvergentes utilizando tecnologías de contenedores. Además, Uddin, Hamdi, et al. (2021) destacan que la consolidación de servidores puede aumentar la utilización de los recursos hasta en un 30 %.

La precisión temporal en entornos virtualizados ha sido objeto de estudio detallado. Korniiichuk et al. (2018) identificaron que la compartición de recursos físicos introduce una sobrecarga temporal mínima en comparación con el acceso directo al hardware. Esta observación es particularmente relevante para aplicaciones que requieren alta precisión temporal. En este sentido, Huber et al. (2011) destacaron cómo las estrategias de optimización pueden mitigar los sobrecostos en memoria y red.

En el ámbito de la educación superior, Livise Aguilar (2022) documentó mejoras significativas en la gestión de recursos tecnológicos mediante la

virtualización, incluyendo una reducción del 79.82 % en tiempos de mantenimiento y un incremento del 74,29 % en la capacidad de los laboratorios académicos. Asimismo, Yactayo Sanchez et al. (2023) demostraron que la virtualización optimiza los costos y mejora la escalabilidad en entornos institucionales, lo cual es respaldado por Castillo et al. (2021) en el contexto de empresas TIC.

El monitoreo y la optimización continua son aspectos fundamentales en entornos virtualizados. Mochalov et al. (2021) propusieron nuevos métodos para la distribución eficiente de máquinas virtuales en centros de datos, mientras que Hamdi et al. (2019) desarrollaron soluciones basadas en inteligencia de enjambre para optimizar la colocación de máquinas virtuales. Manandhar & Sharma (2021) exploraron las ventajas de las infraestructuras virtualizadas en la escalabilidad y tolerancia a fallos de sistemas distribuidos. Además, Petrov et al. (2022) desarrollaron algoritmos para la migración eficiente de clústeres ESXi.

Estudios recientes en virtualización han explorado nuevos modelos híbridos y escalables. Yaqub (2012) destacó la eficiencia de VMware ESXi en operaciones de I/O de disco, mientras que Khaji et al. (2021) analizaron el rendimiento de servidores de correo en hipervisores tipo 2. Según Kommeri et al. (2020), la consolidación de servidores también optimiza la eficiencia energética en centros de datos, reduciendo el consumo en situaciones de alta carga.

Finalmente, las herramientas de monitoreo como Prometheus y Grafana han facilitado la identificación de áreas clave para optimizar recursos tecnológicos en infraestructuras tanto físicas como virtualizadas Espinosa Tigre et al. (2022); Lakhno et al. (2023).

La investigación se enfoca en evaluar y comparar el rendimiento entre servidores físicos y virtualizados en la Universidad Nacional del Altiplano, contribuyendo al creciente cuerpo de conocimiento sobre la eficiencia de infraestructuras virtualizadas en entornos académicos. Este estudio es particularmente relevante dado el incremento en la demanda de recursos tecnológicos en instituciones educativas

y la necesidad de optimizar su uso de manera eficiente y sostenible.

La virtualización no solo mejora el rendimiento operativo, sino que también fomenta la sostenibilidad en la gestión de centros de datos. Según Bianchini & Rajamony (2019), el uso de tecnologías de virtualización puede reducir el consumo energético global hasta en un 40 %, gracias a la consolidación de servidores y la optimización de recursos. Este enfoque es respaldado por estudios como los de Beloglazov et al. (2012), quienes destacan que la virtualización permite reducir la huella de carbono de los centros de datos al utilizar menos hardware físico.

Por otro lado, la implementación de sistemas de virtualización ha abierto la puerta a nuevas estrategias de recuperación ante desastres y escalabilidad. Al-Mamun et al. (2021) señalan que las soluciones basadas en contenedores e hipervisores modernos permiten desplegar aplicaciones de forma más rápida y con mayor resiliencia en caso de fallos. Estos avances son particularmente útiles en entornos académicos como el de la Universidad Nacional del Altiplano, donde la flexibilidad y la continuidad operativa son prioridades clave.

Evaluar y comparar el rendimiento y la eficiencia operativa de los servidores físicos y virtualizados en la Universidad Nacional del Altiplano.

Evaluar el uso de CPU en servidores físicos y virtualizados bajo diferentes cargas de trabajo críticas y administrativas, para determinar cuál de las infraestructuras gestiona los recursos de procesamiento de manera más eficiente.

## Métodos

### Lugar de estudio

La investigación se desarrolló en la Universidad Nacional del Altiplano (UNA) ubicado en Puno, Perú, donde se utilizó el data center de la misma institución. Este espacio alberga la infraestructura tecnológica crítica de la universidad, incluyendo servidores físicos y virtualizados utilizados para soportar aplicaciones académicas, administrativas y de investigación.

El data center contiene tres servidores físicos configurados para gestionar aplicaciones críticas, como sistemas de bases de datos y plataformas de gestión académica. Además, incluye un entorno virtualizado implementado con la plataforma Proxmox VE, donde se ejecutan servidores virtuales diseñados para soportar múltiples aplicaciones simultáneamente.

La investigación se desarrolló en el año 2024, utilizando herramientas de monitoreo como Prometheus y Grafana para recopilar datos en tiempo real sobre el uso de CPU. Este enfoque permitió realizar un análisis comparativo entre la infraestructura física y virtualizada bajo condiciones de carga controladas y representativas de las operaciones diarias de la universidad.

### Tipo y Alcance del Estudio

El estudio fue de alcance comparativo, ya que se centró en identificar las diferencias en el rendimiento de servidores físicos y virtualizados en términos de uso de CPU de las aplicaciones críticas. Este análisis buscó no solo describir las variaciones observadas, sino también establecer relaciones causales que pudieran contribuir a la mejora de la infraestructura tecnológica de la universidad.

### Periodo y frecuencia de muestreo

El muestreo de datos se realizó durante un periodo continuo de 16 días, con una frecuencia de monitoreo en intervalos de 10 segundos para garantizar la captura de datos representativos en diversas condiciones de carga.

### Población y muestra

La población estuvo constituida por todos los servidores físicos y virtualizados de la UNA. Se utilizó un muestreo intencional, seleccionando tres servidores físicos y tres virtualizados que reflejaron las características principales de la infraestructura de la universidad. Esta selección fue diseñada para capturar la diversidad de aplicaciones críticas y condiciones de carga de trabajo típicas.

### Procedimiento

El estudio se llevó a cabo en un entorno controlado que permitió evaluar las diferencias de rendimiento bajo condiciones estandarizadas. Se instalaron herramientas de monitoreo en todos los servidores seleccionados:

**Prometheus:** Para capturar métricas en tiempo real de CPU.

**Grafana:** Para visualizar y analizar los datos recolectados.

Cada servidor fue evaluado bajo cargas de trabajo diseñadas para replicar escenarios reales de uso, incluyendo sistemas de gestión académica y servicios administrativos.

### Variables analizadas

Las variables se definieron y analizaron en el contexto del rendimiento y eficiencia de los servidores físicos y virtualizados en el data center de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA).

#### *Variables Dependientes*

**Uso de CPU (%):** Define el porcentaje de capacidad de procesamiento utilizado por los servidores bajo diferentes cargas de trabajo, permitiendo evaluar y comparar la eficiencia en el uso de recursos computacionales entre servidores físicos y virtualizados, respondiendo al objetivo de determinar cuál infraestructura gestiona mejor los recursos bajo condiciones similares.

#### *Variables Independientes*

**Tipo de Infraestructura:** Define si el servidor es físico o virtualizado. Es el eje central de la comparación, ya que permite evaluar cómo la infraestructura afecta el rendimiento y la eficiencia operativa.

**Carga de Trabajo Aplicada:** Consiste en los escenarios simulados de uso típico (sistemas académicos, bases de datos, y servicios web). Permite estandarizar las condiciones de prueba

para garantizar la comparabilidad de los resultados entre servidores físicos y virtualizados.

### Relación con los Objetivos de la Investigación

El objetivo principal del estudio fue evaluar y comparar el rendimiento y la eficiencia operativa entre servidores físicos y virtualizados en la infraestructura tecnológica de la UNA. Las variables se seleccionaron cuidadosamente para abordar aspectos críticos del rendimiento computacional, como el uso eficiente de la CPU. Cada una de estas variables fue medida bajo condiciones controladas, replicando escenarios reales de uso en la universidad, sus resultados se analizaron para responder a las siguientes preguntas clave:

¿Qué tipo de infraestructura utiliza los recursos computacionales de manera más eficiente?

¿Cuáles son las ventajas y limitaciones de los servidores virtualizados frente a los físicos en un entorno universitario?

Estas variables y su análisis permitieron alcanzar los objetivos específicos de identificar diferencias significativas en el rendimiento y estabilidad operativa y proporcionar datos empíricos para optimizar la infraestructura tecnológica universitaria.

### Instrumentos y técnicas

Las métricas se recolectaron mediante Prometheus, almacenándose como series temporales. Los datos fueron luego analizados utilizando técnicas estadísticas para evaluar diferencias significativas entre ambos tipos de infraestructura.

### Pruebas estadísticas

Prueba t de Student: Comparación de medias entre servidores físicos y virtualizados para las métricas analizadas.

#### Prueba t de Student:

La prueba t de Student mostró un valor t de 28,21 y un p-valor de  $2,57 \times 10^{-150}$ , lo que indica una diferencia altamente significativa entre ambos

tipos de servidores. Esto refuerza la conclusión de que los servidores virtualizados son mucho más eficientes en el uso de CPU que los servidores físicos, con una variabilidad mucho menor.

### Resultados

La evaluación del uso de CPU entre servidores físicos y virtualizados reveló diferencias significativas en su eficiencia operativa:

#### Análisis del uso de CPU

El uso de CPU en los servidores virtualizados fue considerablemente más eficiente que en los servidores físicos. Los servidores virtualizados lograron un uso promedio de CPU de 3,66 %, en comparación con el 43,85 % en los servidores físicos. La comparación entre el uso de CPU en servidores físicos y virtualizados. Los servidores virtualizados tienen un uso promedio de CPU significativamente más bajo (3,66 %), lo que indica una gestión más eficiente de los recursos. Por otro lado, los servidores físicos tienen un uso de CPU más alto (43,85 %), con una variabilidad mayor (desviación estándar de 67,41 %), lo que sugiere que su eficiencia no es tan constante y que los recursos se gestionan de manera menos óptima en ciertos momentos. (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Comparación del uso de CPU entre servidores físicos y virtualizados*

Tipo de Servidor	Media de Uso de CPU (%)	Desviación Estándar (%)
Físico	43,85	67,41
Virtualizado	3,66	4,78

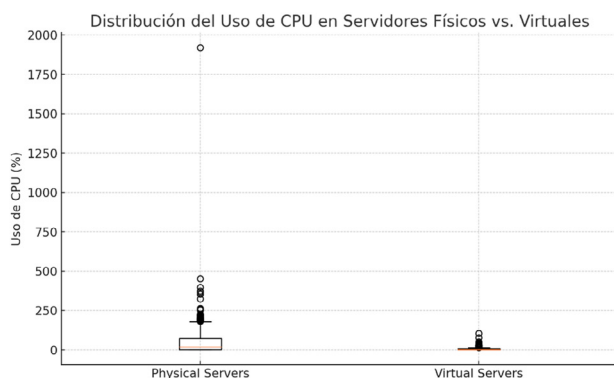
La diferencia refleja una gestión más eficiente de los recursos computacionales en el entorno virtualizado, lo cual es fundamental para la optimización del rendimiento bajo cargas de trabajo intensivas, mostrando la distribución y variabilidad del consumo de recursos computacionales. Se muestra la distribución del uso de CPU en servidores físicos versus virtualizados. Los servidores virtualizados presentan una distribución más concentrada, lo que indica un uso de CPU más controlado y consistente. En cambio, los servidores físicos muestran una dispersión más amplia, lo que sugiere que en algunos casos



el servidor está subutilizado o sobrecargado, resultando en una eficiencia de recursos más variable (Figura 1).

### Figura 1

*Comparación de la eficiencia en el uso de CPU entre servidores físicos y virtualizados*



## Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación sobre la comparación entre servidores físicos y virtualizados en la Universidad Nacional del Altiplano revelan hallazgos significativos que merecen un análisis profundo en relación con la literatura existente y sus implicaciones prácticas.

### Eficiencia en el uso de CPU

Los resultados muestran una diferencia notable en el uso de CPU entre servidores virtualizados (3,66 %) y físicos (43,85 %), con una variabilidad significativamente menor en los entornos virtualizados. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Sharma et al. (2016), quienes encontraron que la virtualización mejora la estabilidad y eficiencia en el uso de recursos de CPU. Sin embargo, nuestros resultados muestran una diferencia más pronunciada en la eficiencia, lo que podría atribuirse a las mejoras en las tecnologías de virtualización en los últimos años.

La menor variabilidad en el uso de CPU en servidores virtualizados concuerda con los hallazgos de Djordjevic et al. (2021), quienes también observaron una mejor distribución de recursos en entornos virtuales. Esta estabilidad es particularmente relevante en entornos académicos

donde la demanda de recursos puede fluctuar significativamente durante diferentes períodos del año académico.

## Limitaciones y Consideraciones

Es importante señalar algunas limitaciones del estudio que deben considerarse al interpretar los resultados:

**Tamaño de la muestra:** Aunque la muestra de seis servidores (tres físicos y tres virtuales) proporcionó datos significativos, un tamaño de muestra mayor podría ofrecer resultados más generalizables.

**Período de observación:** El estudio se realizó durante un período específico del año académico, lo que podría no reflejar completamente las variaciones estacionales en la demanda de recursos.

## Implicaciones Prácticas y Teóricas

Los hallazgos de este estudio tienen importantes implicaciones tanto prácticas como teóricas:

**Implicaciones prácticas:** Proporciona evidencia cuantitativa para la toma de decisiones sobre infraestructura tecnológica en instituciones educativas. Ofrece parámetros de referencia para la optimización de recursos en entornos virtualizados. Sugiere estrategias para mejorar la eficiencia operativa en centros de datos universitarios.

**Contribuciones teóricas:** Expande el conocimiento sobre la eficiencia comparativa entre infraestructuras físicas y virtualizadas en contextos académicos. Proporciona un marco metodológico para la evaluación de rendimiento en entornos mixtos. Aporta nuevos datos sobre la relación entre virtualización y eficiencia en el uso de recursos.

## Líneas Futuras de Investigación

Basándonos en los hallazgos y limitaciones identificadas, se sugieren las siguientes líneas de investigación futura:

Estudios longitudinales que evalúen el rendimiento a lo largo de múltiples ciclos académicos.

Investigaciones sobre el impacto de diferentes tecnologías de virtualización en el rendimiento.

Análisis comparativos que incluyan aspectos de costos operativos y retorno de inversión.

Estudios sobre la escalabilidad y adaptabilidad de las infraestructuras virtualizadas en diferentes contextos institucionales.

## Conclusiones

La investigación realizada sobre la evaluación y comparación entre servidores físicos y virtualizados en la Universidad Nacional del Altiplano ha generado conclusiones significativas basadas en evidencia empírica, referente a la eficiencia en el Uso de CPU, Los servidores virtualizados demostraron una eficiencia significativamente superior en el uso de CPU, con un promedio de 3,66 % frente al 43,85 % en servidores físicos. La menor variabilidad en el uso de CPU en entornos virtualizados (desviación estándar de 4,78% vs 67,41 %) indica una gestión más estable y predecible de los recursos. Esta optimización en el uso de CPU permite una mejor distribución de recursos y una capacidad superior para manejar cargas de trabajo variables sin comprometer el rendimiento.

## Financiamiento

La investigación no recibió ningún financiamiento específico de agencias del sector público, comercial o sin fines de lucro. Los recursos utilizados para el desarrollo del estudio fueron proporcionados por la infraestructura tecnológica existente en la Universidad Nacional del Altiplano.

## Agradecimientos

Agradecemos al personal técnico del área de TI de la Universidad Nacional del Altiplano por su apoyo en el acceso a los servidores y la implementación de las herramientas de monitoreo. También agradecemos a los revisores anónimos por sus valiosos comentarios que ayudaron a mejorar la calidad de este trabajo.

## Contribución de los autores

Jesús Daniel Malma Montaña: Conceptualización, Metodología, Investigación, Análisis formal, Redacción–borrador original, Administración del proyecto.

Dr. Adolfo Carlos Jimenez Chura (Asesor): Supervisión, Validación, Revisión y edición.

Todos los autores revisaron y aprobaron la versión final del manuscrito.

## Referencias

- Al-Mamun, A., Rahman, M. M., & Roy, N. (2021). Enhancing disaster recovery in cloud computing using container-based virtualization. *Journal of Cloud Computing*, 10(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s13677-021-00227-5>
- Ariyanto, Y. (2023). SINGLE SERVER-SIDE AND MULTIPLE VIRTUAL SERVER-SIDE ARCHITECTURES: PERFORMANCE ANALYSIS ON PROXMOX VE FOR E-LEARNING SYSTEMS. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, 9(44), 25–34. <https://doi.org/10.5935/jetia.v9i44.903>
- Beloglazov, A., Abawajy, J., & Buyya, R. (2012). Energy-aware resource allocation heuristics for efficient management of data centers for Cloud computing. *Future Generation Computer Systems*, 28(5), 755–768. <https://doi.org/10.1016/j.future.2011.04.017>
- Bianchini, R., & Rajamony, R. (2019). Power and energy management for server systems. *Computer*, 37(11), 68–74. <https://doi.org/10.1109/MC.2015.378>
- Brooks, T. T., Caicedo, C., & Park, J. S. (2012). Security Vulnerability Analysis in Virtualized Computing Environments. <https://infonomics-society.org/wp-content/uploads/ijicr/published-papers/volume-3-2012/Security-Vulnerability-Analysis-in-Virtualized-Computing-Environments.pdf>

- Castillo, P. A., Chávez, J., Para Obtener El, Á., Profesional, T., Oliver, I., & Araujo, V. (2021). "VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES CON VMWARE VSPHERE 6.5 PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS DEL SERVICIO DE AUTOMATIZACIÓN EN LA EMPRESA TIC INTEGRITY G&V SAC."
- Chillarón, M., Vidal, V., Segrelles, D., Blanquer, I., & Verdú, G. (2017). Combining Grid Computing and Docker Containers for the Study and Parametrization of CT Image Reconstruction Methods. *Procedia Computer Science*, 108, 1195–1204. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.065>
- Djordjevic, B., Timcenko, V., Kraljevic, N., & Macek, N. (2021). File System Performance Comparison in Full Hardware Virtualization with ESXi, KVM, Hyper-V and Xen Hypervisors. *Advances in Electrical and Computer Engineering*, 21(1), 11–20. <https://doi.org/10.4316/AECE.2021.01002>
- Espinosa Tigre, R. M., Veloz Remache, G. del R., Ramos Valencia, M. V., & Guaiña, J. (2022). Análisis de hipervisores nativo propietario vs libre como alternativa para el almacenamiento de datos. *Revista Científica de FAREM-Esteli*, 42, 144–158. <https://doi.org/10.5377/farem.v11i42.14695>
- Hamdi, H., Amri, S., & Brahmi, Z. (2019). Managing Performance Interference Effects for Intelligent and Efficient Virtual Machines Placement based on GWO Approach in Cloud. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 8(4), 317–332. <https://doi.org/10.12785/ijcds/080401>
- Huber, N., Von Quast, M., Hauck, M., & Kounev, S. (2011). Evaluating and modeling virtualization performance overhead for cloud environments. *CLOSER 2011–Proceedings of the 1st International Conference on Cloud Computing and Services Science*, 563–573. <https://doi.org/10.5220/0003388905630573>
- Juiz, C., & Bermejo, B. (2024). On the scalability of the speedup considering the overhead of consolidating virtual machines in servers for data centers. *Journal of Supercomputing*, 80(9), 12463–12511. <https://doi.org/10.1007/s11227-024-05943-y>
- Khaji, F. A., Potluri, S. V., & Kakelli, A. K. (2021). A performance analysis of virtual mail server on type-2 hypervisors. *Walailak Journal of Science and Technology*, 18(13). <https://doi.org/10.48048/wjst.2021.9845>
- Kolahi, S. S., Hora, V. S., Singh, A. P., Bhatti, S., & Yeeda, S. R. (2020, February 1). Performance comparison of cloud computing/IoT virtualization software, hyper-v vs vsphere. *2020 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET 2020*. <https://doi.org/10.1109/ASET48392.2020.9118185>
- Kommeri, J., Niemi, T., & Helin, O. (2020). *Energy Efficiency of Server Virtualization*. <http://www.roylongbottom.org.uk>
- Korniichuk, M., Karpov, K., Fedotova, I., Kirova, V., Mareev, N., Syzov, D., & Siemens, E. (2018). Impact of Xen and Virtual Box Virtualization Environments on Timing Precision under Stressful Conditions. *MATEC Web of Conferences*, 208. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201820802006>
- Lakhno, V., Alimseitova, Z., Kalaman, Y., Kryvoruchko, O., Desiatko, A., & Kaminskyi, S. (2023). Development of an Information Security System Based on Modeling Distributed Computer Network Vulnerability Indicators of an Informatization Object. *International Journal of Electronics and Telecommunications*, 69(3), 475–483. <https://doi.org/10.24425/ijet.2023.146495>
- Leite, R., Solis, P., & Alchieri, E. (2019a). Performance analysis of an hyperconverged infrastructure using docker containers and GlusterFS. *CLOSER 2019–Proceedings of the 9th International Conference on Cloud Computing and Services Science*, 339–346. <https://doi.org/10.5220/0007718003390346>
- Leite, R., Solis, P., & Alchieri, E. (2019b). Performance analysis of an hyperconverged infrastructure using docker containers and GlusterFS. *CLOSER 2019–Proceedings of the 9th International Conference on Cloud Computing and Services Science*, 339–346. <https://doi.org/10.5220/0007718003390346>
- Livise Aguilar, R. E. (2022). Implementación de una plataforma de virtualización aplicando la metodología OPV para el proceso de gestión de laboratorios académicos en SENATI-contexto COVID-19. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/6098>



- Manandhar, R., & Sharma, G. (2021). Virtualization in Distributed System: A Brief Overview. *BOHR International Journal of Intelligent Instrumentation and Computing*, 1(1), 34–38. <https://doi.org/10.54646/BIJIAC.006>
- Mochalov, V., Linets, G., & Palkanov, I. (2021). Server Infrastructure Virtualization for Data Centers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 678(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/678/1/012014>
- Perumal, K., Mohan, S., Frnda, J., & Divakarachari, P. B. (2022). Dynamic resource provisioning and secured file sharing using virtualization in cloud azure. *Journal of Cloud Computing*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00326-1>
- Petrov, A. A., Nikiforov, I. V., & Ustinov, S. M. (2022). Algorithm of ESXi cluster migration between different vCenter servers with the ability to rollback. *Informatsionno-Upravliaiushchie Sistemy*, 2, 20–31. <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2022-2-20-31>
- Sharma, P., Chaufournier, L., Shenoy, P., & Tay, Y. C. (2016, November 28). Containers and virtual machines at scale: A comparative study. *Proceedings of the 17th International Middleware Conference, Middleware 2016*. <https://doi.org/10.1145/2988336.2988337>
- Uddin, M., Hamdi, M., Alghamdi, A., Alrizq, M., Memon, M. S., Abdelhaq, M., & Alsaqour, R. (2021). Server consolidation: A technique to enhance cloud data center power efficiency and overall cost of ownership. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 17(3). <https://doi.org/10.1177/1550147721997218>
- Uddin, M., Shah, A., Abubakar, A., & Adeleke, I. (2021). *Journal of Power Technologies* 94 (2) (2014) 1-10 Implementation of Server virtualization to Build Energy Efficient Data Centers.
- Yactayo Sanchez, A. D., Cano Lengua, M. A., & Andrade-Arenas, L. (2023). Server Virtualization: Success Story in a Peruvian Company. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 71(1), 293–304. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V71I1P226>
- Yaqub, N. (2012). *Comparison of Virtualization Performance: VMWare and KVM*.

