

Comparación del rendimiento entre las plataformas para IAAS Open Source: OpenStack y CloudStack

Comparison of performance between platforms for IAAS Open Source: OpenStack and CloudStack

- 1 Valeria Estefanía Illapa Robles  <https://orcid.org/0009-0008-8828-690X>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador, Campus Norte.
villapa.fis@unach.edu.ec
- 2 Jhony Javier Marcatoma Morocho  <https://orcid.org/0009-0009-6869-3978>
Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba, Ecuador, Campus Norte
jmarcatoma.fis@unach.edu.ec
- 3 Paul Xavier Paguay Soxo  <https://orcid.org/0000-0002-0262-9844>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador, Campus Centro
Sede Orellana Av. 9 de octubre entre Quito y Napo. Maestría en Interconectividad en Redes
ppaguay@espoch.edu.ec
- 4 René Alfonso Barragán Torres  <https://orcid.org/0009-0001-9790-0608>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador, Campus Centro
Sede Orellana Av. 9 de octubre entre Quito y Napo. Maestría en Interconectividad en Redes
rene.barragan@espoch.edu.ec
- 5 Joffre Stalin Monar  <https://orcid.org/0000-0002-6534-183X>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador, Campus Centro
Sede Orellana Av. 9 de octubre entre Quito y Napo. Maestría en Seguridad Telemática
jmonar@espoch.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 15/10/2023

Revisado: 10/11/2023

Aceptado: 04/12/2023

Publicado: 30/01/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i1.2877>

Cítese:

Illapa Robles, V. E., Marcatoma Morocho, J. J., Paguay Soxo, P. X., Barragán Torres, R. A., & Monar, J. S. (2024). Comparación del rendimiento entre las plataformas para IAAS Open Source: OpenStack y CloudStack. *Ciencia Digital*, 8(1), 145-172. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v8i1.2877>



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

OpenStack,
CloudStack, IaaS,
rendimiento, Nube
Privada, Cloud
Computing

Keywords:

OpenStack,
CloudStack, IaaS,
rendimiento, Nube
Privada, Cloud
Computing

Resumen

Introducción: La implementación de una plataforma IaaS en la UNACH representa una gran oportunidad para mejorar la infraestructura tecnológica de la institución, fortalecer las capacidades de estudiantes y docentes, y promover la innovación y la competitividad. **Objetivo:** Comparar las plataformas OpenStack y CloudStack mediante el rendimiento en un entorno virtualizado para la implementación de una nube privada en la Universidad Nacional de Chimborazo. **Metodología:** El establecimiento del escenario contó con la instalación de tres nodos: el nodo controlador, el nodo cómputo y un nodo de almacenamiento desplegados sobre Proxmox VE. **Resultados:** Se realizó el análisis de cada dimensión obtenidos del Modelo de FURPS con una muestra de 35 pruebas, un porcentaje de error del 0.05%, verificando en primera instancia la normalidad de los datos y posteriormente las pruebas de contraste correspondientes, obteniendo de esta manera para la dimensión de Tiempo de procesamiento una diferencia de 5.6% de mejor desempeño a favor de OpenStack así también en los indicadores de Uso de RAM con un 0.89%, Uso de CPU con un 2.67% y Tráfico de Red Saliente con un 2.07%. **Conclusión:** Se calculó un resultado general a través de un análisis multicriterio con el método de NAIADDE obteniendo que el desempeño es similar. **Área de estudio general:** Computación. **Área de estudio específica:** Computación en la nube.

Abstract

Introduction: The implementation of an IaaS platform at UNACH represents a great opportunity to improve the technological infrastructure of the institution, strengthen the capacities of students and teachers, and promote innovation and competitiveness. **Objective:** To compare OpenStack and CloudStack platforms through performance in a virtualised environment for the implementation of a private cloud at the National University of Chimborazo. **Methodology:** The establishment of the scenario included the installation of three nodes: the controlling node, the computation node and the storage node deployed on Proxmox VE. **Results:** The analysis of each of the dimensions of the FURPS model was carried out with a sample of 35 tests, an error rate of 0.05%, the first time the normality of the data and the corresponding contrast tests, obtaining this way for the processing time of a

difference of 5.6% The best use of OpenStack The use of RAM with 0.89%, The use of the CPU with 2.67% and Outgoing Network Traffic with a 2.07%. **Conclusion:** a general result was calculated through a multicriteria analysis with the NAIADE method, obtaining that the performance is similar.

Introducción

Según Tam Malaga (2015), la computación en la Nube “es parte de la realidad de este tiempo, como concepto se encuentra en la mente de todos e implica que consideremos, de una manera totalmente distinta, los límites en capacidad de almacenamiento, procesamiento y ancho de banda; distinta de cuando sólo se dispone de las capacidades de la infraestructura propia (ya sea de la persona o de la organización). En otras palabras, muchas iniciativas que serían imposibles de considerar por la alta inversión en infraestructura hoy son posibles gracias a la nube”.

Infraestructura como Servicio (IaaS) es uno de los tipos de computación en la nube que ofrecen varios de las opciones que se encuentran en el mercado, mediante estas soluciones, los usuarios pueden emplear recursos virtuales, como servidores virtuales, redes virtuales, router virtuales bajo demanda (Yamoto, 2018). En el paradigma de la computación en la nube, el proveedor de IaaS puede proporcionar recursos básicos (es decir, CPU, memoria RAM, almacenamiento, redes) como instancias virtuales a los usuarios (estudiantes, docentes) (Zangara et al., 2015), eliminando la necesidad de que los usuarios posean y operen estos recursos, lo que puede conducir a un mejor desempeño en sus actividades (Salam et al., 2015).

OpenStack y CloudStack son las plataformas open source para Cloud más utilizadas en la actualidad y su uso sigue en aumento (Yamoto et al., 2014). OpenStack es un software en la nube que ofrece la capacidad de controlar grandes logros de cómputo, almacenamiento y recursos de red (Sharma, 2015), por otro lado CloudStack es una plataforma de software de código abierto, escrito en Java, diseñado para el desarrollo y la gestión de la Infraestructura de nube como un servicio (IaaS) (Sabharwal & Shankar, 2013).

Debido al auge de las diferentes ofertas para la implementación de servicios IaaS, existen varios estudios que analizan los diferentes parámetros de funcionamiento como el de Yamato et al. (2015) que realiza un estudio de desarrollo del servidor de gestión de recursos permitiendo la producción de servicios en la nube basados en OpenStack,

midiendo el rendimiento de los múltiples usos de las API para demostrar que esta implementación reduce el tiempo de espera por parte de los usuarios.

Badia et al. (2013) presenta mecanismos diseñados para el despliegue automatizado de las principales plataformas IaaS de código abierto: Nimbus, OpenNebula, CloudStack y OpenStack permitiendo a los usuarios comparar cada arquitectura y el rendimiento ofrecido por cada una de ellas para hacer uso de acuerdo con sus necesidades.

Kim et al. (2017) hace una comparación de las plataformas OpenSource: CloudStack y OpenStack proporcionando sus propias interfaces de programación (API) para gestionar los recursos de la nube que cada una de ellas ofrecen. Además, muestra los detalles de implementación de la API integrada y la evaluación del rendimiento. Concluyendo que la sobrecarga impuesta en la interfaz es insignificamente pequeña y puede ser utilizada con éxito para el acceso multi-cloud.

Hahm et al. (2014) hace un análisis de las plataformas OpenSource: OpenStack, CloudStack y OpenNebula, seleccionando CloudStack para comprobar las funcionalidades y el rendimiento que esta plataforma ofrece a través de escenarios de prueba.

La Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH) cuenta con el Centro de Tecnologías Educativas (CTE), en el cual se encuentra una infraestructura tecnológica donde están alojadas, aplicaciones informáticas para los procesos regulares de la institución, tanto académica como administrativa. Dentro de las tareas académicas, varios de los proyectos que se desarrollan requieren de infraestructura tecnológica para su implementación, por lo que una solución iCloud es requerida. Es importante por ello implementar una plataforma IaaS que ofrezca un alto rendimiento, abarcando las diferentes dimensiones como: tiempo de respuesta, tiempo de procesamiento y consumo de recursos, así de esta manera se espera que los estudiantes y docentes de la UNACH puedan realizar soluciones informáticas que les permitan ponerse al día en el creciente auge de la tecnología.

La presente investigación tiene como objetivo realizar la comparación del rendimiento entre las plataformas IaaS Open Source OpenStack y CloudStack para su posterior implementación de un servidor iCloud IaaS en la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para la comparación se llevó a cabo en primera instancia una revisión bibliográfica de las herramientas motivos de la comparación, posteriormente se seleccionó dimensiones e indicadores de comparación obtenidas del modelo FURPS. Posteriormente se realizó la implementación del escenario de pruebas sobre un servidor Proxmox VE donde se obtuvieron las muestras con cada plataforma. A continuación, se aplicaron algoritmos estadísticos para la verificación de diferencias existentes entre las plataformas, así como un análisis multicriterio para un resultado general, al final se detallan las conclusiones del

trabajo donde se muestra una ligera ventaja de OpenStack sobre CloudStack en varios indicadores analizados.

Revisión Bibliográfica

Para Celaya & Sakellariou (2014), Cloud computing se podría definir como un modelo de servicio a través de Internet donde se comparten una amplia gama de recursos TIC: red, aplicaciones, servicios, almacenamiento, infraestructuras, etc. De esta manera las empresas se pueden centrar en su negocio externalizando (outsourcing) determinados servicios. Estos servicios se caracterizan por ser escalables, bajo demanda, flexibles y seguros. Permiten a las empresas focalizarse en sus ventajas competitivas y convertir las inversiones en un gasto variable. Para Clavijo & Ledesma & Duque (2018), el Cloud Computing, se refiere a un conjunto de servicios ofrecidos a través de internet, mediante aplicaciones configuradas por medio de la convergencia de hardware y software en centros de datos alrededor del mundo.

La base de las soluciones de Cloud Computing es la virtualización. La virtualización es un marco o metodología de dividir los recursos de una computadora en múltiples Entornos de ejecución, aplicando uno o más conceptos o tecnologías tales como partición de hardware y software, tiempo compartido, simulación parcial o completa de la máquina, emulación, calidad de servicio, y muchos otros. El software de virtualización hace posible ejecutar múltiples sistemas operativos y múltiples aplicaciones en el mismo servidor al mismo tiempo (Sharma, 2015).

Para Portnoy (2012), la virtualización es el motor que impulsará la computación en la nube al convertir el centro de datos, que solía ser un proceso práctico e intensivo para las personas, en un “autogestionable”, altamente escalable, altamente disponible, pilas de recursos fácilmente consumibles. Antes de la virtualización, los administradores de sistemas gastaban el 70 por ciento o más de su tiempo en funciones de rutina y reaccionar a los problemas, que dejaron poco tiempo para la innovación o el crecimiento. La virtualización y, por extensión, la computación en la nube brinda mayores oportunidades de automatización que reducen los costos administrativos y aumentar la capacidad de una empresa para implementar soluciones dinámicamente.

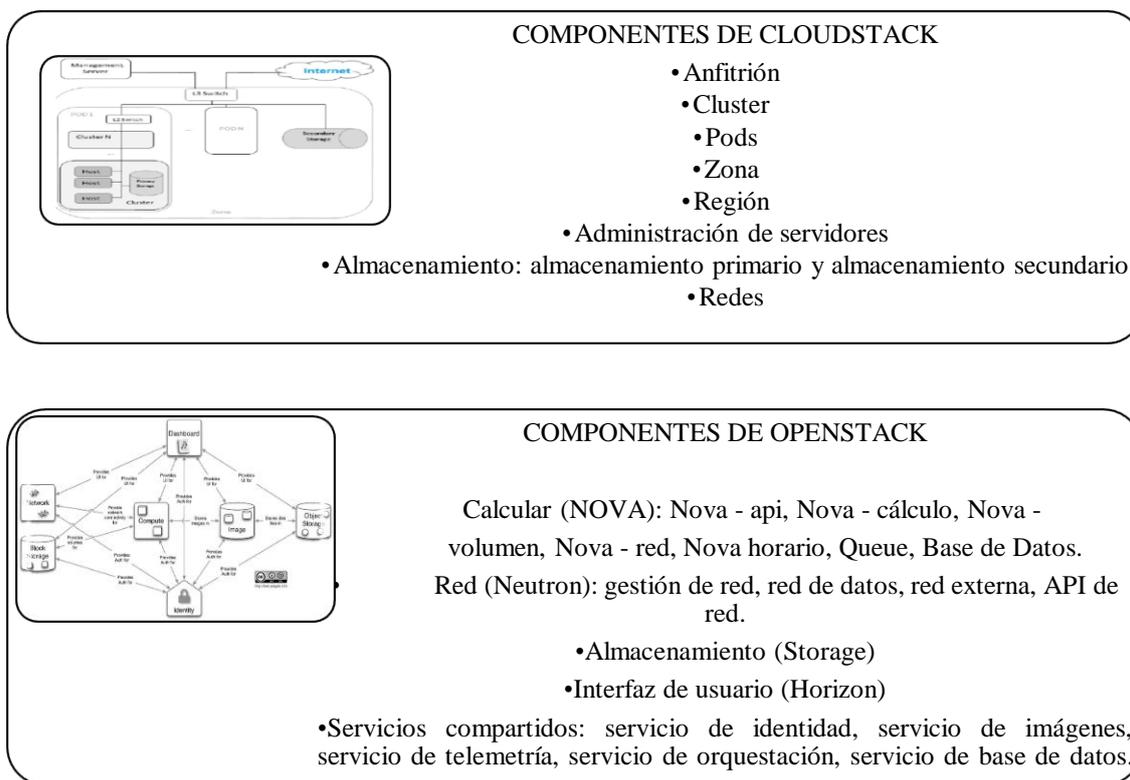
IAAS significa *Infrastructure as a Service* o Infraestructura como servicio. Es un modelo de distribución de infraestructura de computación como un servicio, normalmente mediante una plataforma de virtualización. En vez de adquirir servidores, espacio en un centro de datos o equipamiento de redes, los clientes compran todos estos recursos a un proveedor de servicios externo. Dicho de otra forma, lo que ofrece el proveedor en este caso son máquinas virtuales, ya sean Linux, Windows u otros sistemas operativos. El cliente instala sus aplicaciones en ellas, así como la arquitectura necesaria, etc.

Entre los diferentes proveedores IAAS públicos que se encuentran en el mercado destacan *Amazon Web Services (AWS)* e *IBM SmarthCloud*, Entre las opciones para la implementación de IAAS privados se tienen a *OpenStack* y *CloudStack*.

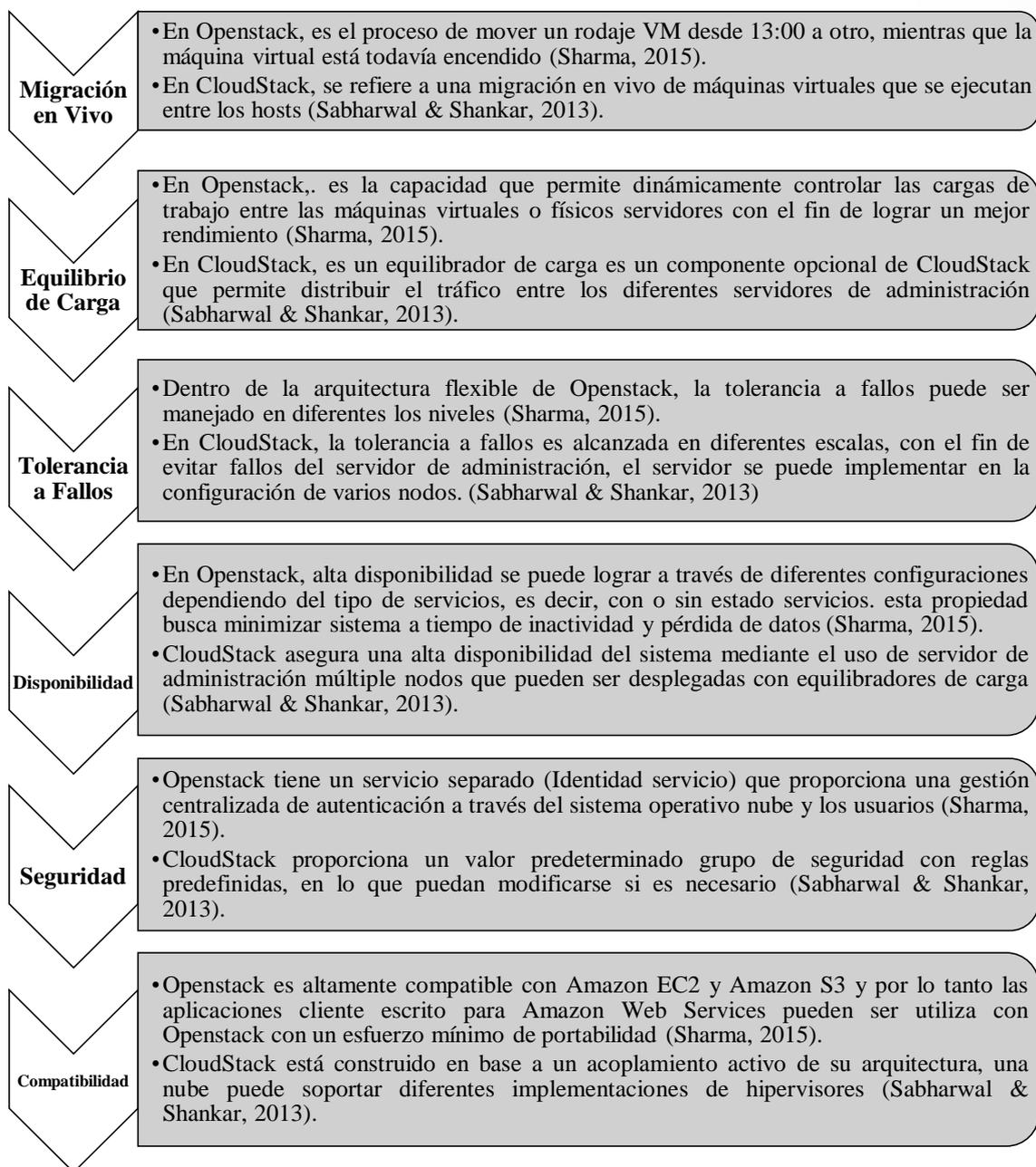
Los componentes que conforman la arquitectura de las plataformas *Open Source: OpenStack* y *CloudStack* donde se puede observar que *OpenStack* brinda la posibilidad de dividirse en 3 nodos al momento de su implementación (*CloudStack.apache.org*, 2016; *OpenStack.org*, s.f.; *European Commission*, 2010), como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Arquitectura de CloudStack y OpenStack



Se plantea un análisis comparativo de las propiedades (Sabharwal & Shankar, 2013; Sharma, 2015), que ofrecen las plataformas Open Source: *OpenStack* y *CloudStack* al momento de ser implementadas, como se muestra en la figura 2.

Figura 2
Propiedades de las Plataformas OpenStack y CloudStack

Metodología

La investigación, de acuerdo con Tamayo (2006), se define como “un esfuerzo que se emprende para resolver un problema claro está, un problema de conocimiento”, por su

lado, Ibarra & Onofre (2022), la definen como “una actividad encaminada a la solución de problemas. Su objetivo consiste en hallar respuesta a preguntas mediante el empleo de procesos científicos”. En la tabla 1 se observa los resultados de la búsqueda bibliográfica del tema motivo de investigación

Tabla 1
Metodología Research

CRITERIO	DETALLE			
FOCALIZACIÓN	En el siguiente proyecto de investigación se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuál de las dos plataformas: OpenStack y CloudStack ofrecen un mejor rendimiento en la implementación de la nube privada de la Universidad Nacional de Chimborazo?			
ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA:	ÁREA: OpenStack y CloudStack, medición del rendimiento de las plataformas Open Source OpenStack y CloudStack en la implementación de una nube privada. PROPÓSITO DE LA BÚSQUEDA: Analizar las características y funcionalidades de las plataformas Open Source: OpenStack y CloudStack, para seleccionar la más adecuada e implementar una nube privada.			
FUENTES DE INFORMACIÓN	DE	Books, Journal, Technical Report, PhD thesis, Handbook.		
MOTORES DE BÚSQUEDA	DE	ProQuest, Scopus		
CRITERIOS DE BÚSQUEDA	DE	“Performance” Openstack AND Cloudstack "OpenStack" AND "CloudStack" “Private Cloud” “Cloud Computing iaas”		
CRITERIOS DE SELECCIÓN	DE	Documentos que contengan información sobre las características y funcionalidades de las plataformas Open Source: OpenStack y CloudStack que nos permitan medir el rendimiento en la implementación de una nube privada.		
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	DE	✓ Se excluyen documentos que analicen otras características diferentes al rendimiento como: la portabilidad, seguridad, disponibilidad, integridad, fiabilidad. ✓ Información que se encuentre inferior al 2013. ✓ Todas las plataformas que no sean Open Source.		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CONTENIDO	DE	Exactitud, objetividad, cobertura, vigencia, relevancia en función a la pregunta de investigación. Se investiga en autores que han hecho aportes a los artículos consultados.		
ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	DE	Se proporciona una visión general para medir el rendimiento en la implantación de una nube privada, para lo cual se analizará dos plataformas Open Source: OpenStack y CloudStack, determinando la óptima ya que no existe un estudio comparativo entre estas dos plataformas acerca del rendimiento que ofrecen las mismas.		
	QUERY	PROQUEST	SCOPUS	TOTAL
	“Performance” Openstack AND Cloudstack	153	14	167
	"OpenStack" AND "CloudStack"	343	38	381
	“Private Cloud” “Cloud Computing iaas”	7	1	8
	TOTAL:	503	53	556

Tipo De Estudio

Según el objeto de estudio la presente investigación es del tipo aplicada, la cual tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo. Este tipo de estudios presenta un gran valor agregado por la utilización del conocimiento que proviene de la investigación básica. (Lozada, 2014). Según el nivel de medición y análisis de la información, es una investigación descriptiva, la cual consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican con un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.

Población y Muestra

Para el análisis de los indicadores la muestra utilizada es 35 pruebas, para cada una de las dimensiones con sus diferentes indicadores.

Procedimientos

Al trabajar directamente con equipos, el procedimiento que se adoptan es la investigación documental de las plataformas Open Source propuestas, que permitan implementar y verificar su código, a través de su documentación que se encuentra alojadas en las páginas web de las comunidades de software libre, utilizando el método científico el cual contiene los siguientes pasos:

- Planteamiento del problema, que es objeto principal de estudio.
- El apoyo del proceso previo a la formulación de la hipótesis.
- Levantamiento de la información necesaria.
- Análisis e interpretación de Resultados.
- Proceso de la Comprobación de la Hipótesis.
- Difusión de resultados.

Procesamiento y Análisis

La información relacionada a la investigación es analizada y presentada en figuras, con los análisis estadísticos de Shapiro-Wilk para las pruebas de normalidad cuya aplicación es apropiada en tamaño de muestras inferiores a 50 (Razali & Wah, 2011). Por otra parte, para las pruebas de normalidad en grupos de muestras mayores o igual a 50 como fue el caso del tiempo de procesamiento con 385 pruebas, se utilizó el análisis estadístico de Kolmogorov-Smirnov, apropiado para este tipo de conjunto de datos.

Una vez realizada la prueba de normalidad, puede resultar dos escenarios, el primero correspondiente a datos sin una distribución normal (Nachar, 2008), y el segundo a datos

con una distribución normal, en ambos casos se procederá con las pruebas de análisis de significación, que para el primer escenario (datos no normales) se utilizó la fórmula de U de Mann-Whitney mientras que para el segundo escenario (datos normales) se utilizó la prueba t.

Para los casos en las que existió una diferencia significativa, la fórmula de variación porcentual fue utilizada para encontrar la diferencia expresada en porcentaje entre ambas plataformas, la fórmula es la siguiente:

$$VP = \frac{V_{mayor} - V_{menor}}{V_{mayor}} \quad (1)$$

Donde:

- VP es la variación porcentual expresada en porcentaje
- VMayor es el valor mayor de entre los datos a comparar
- VMenor es el valor menor de entre los datos a comparar

Indicadores de evaluación del rendimiento

La evaluación del rendimiento de sistemas informáticos ha sido abordada en diferentes trabajos de investigación, cada uno de ellos proponiendo una cantidad de variables e indicadores, para el presente trabajo se ha seleccionado los indicadores que proponen tanto el modelo FURPS (Constanzo, 2014), así como el propuesto por Comas & Nogueira & Medina (2014), entre las que se mencionan las siguientes dimensiones e indicadores:

- Tiempo de respuesta: Tiempo en milisegundos que tarda en completar una tarea, desde el momento que se invoca hasta que se recibe la respuesta, este indicador será realizado mediante pruebas de ping al servidor.
- Tiempo de procesamiento: Tiempo en milisegundos que se tarda en completar una tarea, este indicador se llevará a cabo con tareas como: crear, eliminar, bloquear, suspender, reiniciar y acceder a una instancia (máquina virtual).
- Consumo de recursos: El consumo de recursos se divide a su vez en 3 subcriterios como son: Uso de CPU expresado en porcentaje, Uso de Memoria RAM expresado en MegaBytes, Lectura de Disco expresado en KiloBytes y Tráfico de Red tanto de entrada y salida expresado en KiloBytes.
- Eficacia: Número de tareas completadas sin errores.

Importante indicar que, para la presente investigación con excepción del indicador de eficacia, en todos los demás el objetivo es minimizar los tiempos y consumo de recursos.

Herramientas de Análisis

La herramienta para el análisis de datos es el paquete informático IBM SPSS *Statistics*, que es un conjunto de herramientas de análisis predictivo y de datos completo, enfocado para usuarios empresariales, analistas y programadores estadísticos (IBM SPSS Statistics Family, 2015). Existen versiones comerciales, así como versiones estudiantiles para el aprendizaje. Para la generación de los gráficos estadísticos se utilizó el programa de hoja de cálculo Excel.

Las dimensiones propuestas para el análisis del rendimiento miden diferentes aspectos que inciden en el resultado final, sin embargo, contienen unidades de medidas diferentes, para la consolidación de los datos obtenidos de las pruebas, en este caso las medias estadísticas de cada dimensión, se utilizó el método conocido como NAIADE (Munda, 2006). NAIADE (Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments) es un método multicriterio discreto, cuya matriz de impacto (o evaluación) puede incluir medidas claras, estocásticas o indefinidas del desempeño de una alternativa con respecto al criterio de evaluación, por tanto este método es muy flexible para aplicaciones del mundo real. NAIADE ha sido creado y desarrollado en varias versiones por el profesor Giuseppe Munda (Falconí & Burbano, 2004).

Para la implementación de las pruebas se utilizó el hipervisor Proxmox VE que es una plataforma completa de código abierto para la virtualización empresarial. Con la interfaz web integrada, puede administrar fácilmente máquinas virtuales y contenedores, almacenamiento y conexión definidos por software, agrupación de alta disponibilidad y múltiples herramientas listas para usarse en una sola solución (Proxmox Server Solutions GmbH, 2004-2017), además permite obtener datos sobre el rendimiento, porcentaje de RAM utilizada, CPU, velocidad de procesamiento, tráfico de red de las instancias, que permitió la obtención de indicadores para la investigación.

Escenario

Para la realización de la solución se propone el siguiente escenario aplicado en la instalación de las plataformas OpenStack y CloudStack (ver tabla 2).

Tabla 2

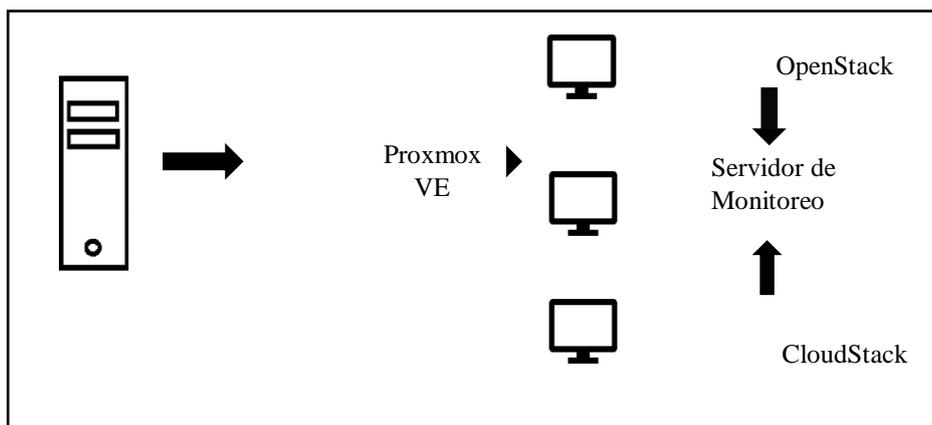
Hardware del Servidor

Plataforma de virtualización	Proxmox VE 4.2-2
RAM	78..63 GB
CPU	12 x Intel(R) Xeon(E) CPU E5-2620 2GHz (1 Socket)
Disco Duro	300 GB

Para la implementación del escenario de pruebas se lo realizó sobre un servidor Proxmox VE en la cual de un modo anidado se instaló las plataformas OpenStack y CloudStack, así como el servidor para el monitoreo de la utilización de recursos, cuya disposición se observa en la figura 3.

Figura 3

Escenario de despliegue de las pruebas



El Hardware de las máquinas virtuales para cada plataforma, así como del servidor utilizado para el monitoreo se detallan en las tablas 3 y 4.

Tabla 3

Hardware virtualizado para Openstack y Cloudstack

Sistema Operativo	Ubuntu 15.04
Memoria RAM	15 GB
CPU	8 CPUs
Disco Duro	150 GB

Tabla 4

Hardware virtualizado del servidor de monitoreo

Herramienta	Nagios3, Cacti
Sistema Operativo	Ubuntu 15.04
RAM	2 GB
CPU	4 CPUs
Disco Duro	15 GB

La arquitectura de implementación para cada plataforma se utilizó la denominada “Todo en Uno”, que se observan en las figuras 4 y 5.

Figura 4

Arquitectura de Cloudstack Todo en Uno

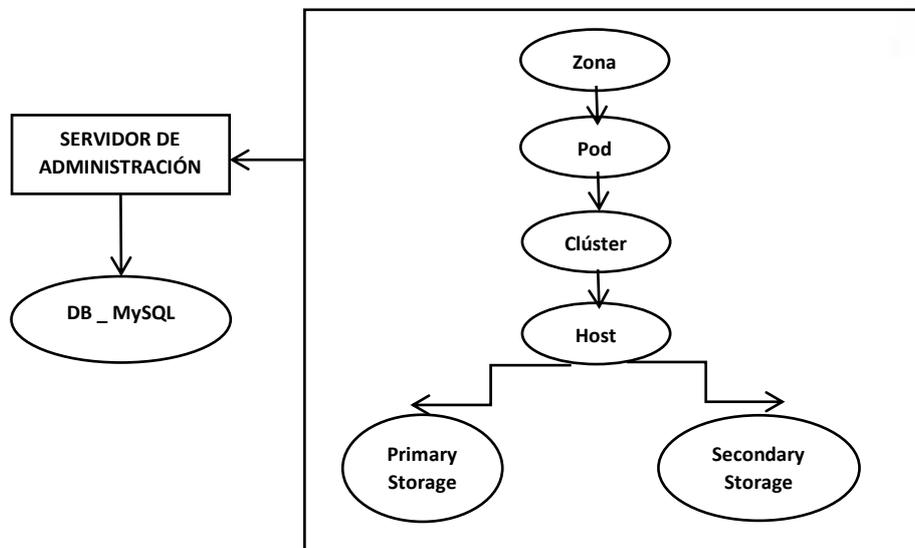
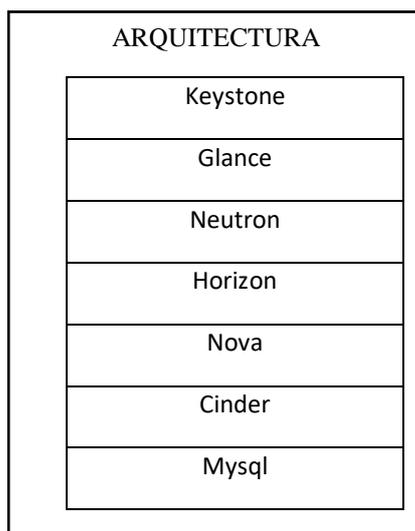


Figura 5

Arquitectura Opencloud "Todo en Uno"



Resultados

Se destacan los resultados relevantes sin incurrir en repeticiones de información.

En el presente apartado se muestran los resultados de la evaluación del rendimiento de cada plataforma en cada una de sus dimensiones como tiempo de respuesta, tiempo de procesamiento y consumo de recursos.

Dimensión Tiempo de respuesta

Con las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, se observa que con un nivel de significancia de 0.00 tanto para OpenStack como para CloudStack, los datos no son normales, como se observa en la tabla 5.

Tabla 5

Prueba de normalidad de datos del tiempo de respuesta

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
OpenStack	,848	35	,000
CloudStac	,847	35	,000

Realizando la prueba de contraste se observa un valor de U de Mann-Whitney de 570 y una significancia asintótica (bilateral) de 0.618 mayor a 0.5, por lo tanto, se evidencia que NO existe una diferencia significativa en cuanto al tiempo de respuesta entre ambas plataformas (ver tabla 6).

Tabla 6

Prueba de contraste del tiempo de respuesta

	Tiempo de Respuesta (ms)
U de Mann-Whitney	570,000
W de Wilcoxon	1200,000
Z	-,499
Sig. asintótica (bilateral)	,618

Dimensión Tiempo de procesamiento

Para la dimensión del tiempo de procesamiento se han llevado a cabo las siguientes tareas: crear, eliminar, apagar, encender, reiniciar, suspender, reanudar, bloquear, desbloquear, snapshot y de ingreso a la consola de una instancia, para cada tarea se ha analizado la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk, donde como resultado se obtuvo que los datos no son normales en todos los casos de prueba como se observa en la tabla 7.

Tabla 7*Pruebas de normalidad del tiempo de procesamiento*

	Tipo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de Proc. Creación (ms)	OpenStack	0,931	35	0,03
	CloudStack	0,927	35	0,022
Tiempo de Proc. Eliminación (ms)	OpenStack	0,811	35	0
	CloudStack	0,694	35	0
Tiempo de Proc. Snapshot (ms)	OpenStack	0,495	35	0
	CloudStack	0,696	35	0
Tiempo de Proc. Iniciar (ms)	OpenStack	0,639	35	0
	CloudStack	0,582	35	0
Tiempo de Proc. Apagar (ms)	OpenStack	0,627	35	0
	CloudStack	0,854	35	0
Tiempo de Proc. Reiniciar (ms)	OpenStack	0,74	35	0
	CloudStack	0,673	35	0
Tiempo de Proc. Suspender (ms)	OpenStack	0,855	35	0
	CloudStack	0,87	35	0,001
Tiempo de Proc. Reanudar (ms)	OpenStack	0,855	35	0
	CloudStack	0,698	35	0
Tiempo de Proc. Bloquear (ms)	OpenStack	0,326	35	0
	CloudStack	0,635	35	0
Tiempo de Proc. DesBloquear (ms)	OpenStack	0,937	35	0,046
	CloudStack	0,634	35	0
Tiempo de Proc. Ingreso (ms)	OpenStack	0,625	35	0
	CloudStack	0,705	35	0

A continuación, se procede con el análisis de los datos aplicando la prueba de U de Mann-Whitney, donde se observa en la tabla 8 que el nivel de significancia asintótica es menor a 0.05 en todos los casos por lo cual se acepta la hipótesis nula, la cual establece que si existe una diferencia significativa entre las plataformas en cada una de las tareas llevadas a cabo.

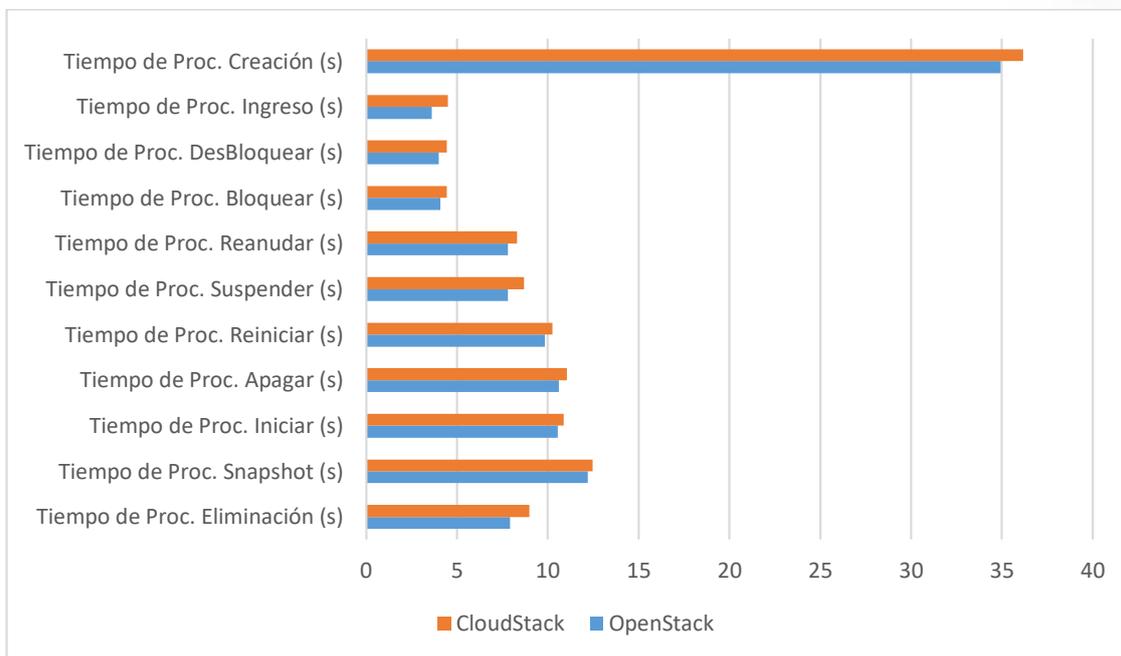
Tabla 8*Prueba de contraste del tiempo de procesamiento*

	U de Mann-Whitney	W de Wilcoxon	Z	Sig. asintótica (bilateral)
Tiempo de Proc. Creación (ms)	440	1070	-2,027	0,043
Tiempo de Proc. Eliminación (ms)	83,5	713,5	-6,225	0
Tiempo de Proc. Snapshot (ms)	436,5	1066,5	-2,081	0,037
Tiempo de Proc. Iniciar (ms)	355,5	985,5	-3,028	0,002
Tiempo de Proc. Apagar (ms)	407	1037	-2,426	0,015
Tiempo de Proc. Reiniciar (ms)	394,5	1024,5	-2,571	0,01
Tiempo de Proc. Suspender (ms)	265,5	895,5	-4,085	0
Tiempo de Proc. Reanudar (ms)	372,5	1002,5	-2,827	0,005
Tiempo de Proc. Bloquear (ms)	414	1044	-2,34	0,019
Tiempo de Proc. DesBloquear (ms)	357,5	987,5	-3,013	0,003
Tiempo de Proc. Ingreso (ms)	121,5	751,5	-5,835	0

En la figura 6 se observa la comparación de las medias estadísticas de cada tarea de la dimensión Tiempo de Procesamiento, en la que se observa que OpenStack obtiene un mejor desempeño ya que requiere de menos tiempo en segundos para ejecutar las tareas.

Figura 6

Comparación de las medias del tiempo de procesamiento por tarea



Consolidando los datos del tiempo de procesamiento se realiza un análisis de todas las tareas, procediendo a la prueba de normalidad, como en este caso la cantidad de datos supera las 50 pruebas, por lo que se utiliza la fórmula de Kolmogorov-Smirnov, donde se evidencia con un nivel de significancia de 0, que los datos NO poseen una distribución normal como se observa en la tabla 9.

Tabla 9

Prueba de normalidad del Tiempo de procesamiento

Tipo Plataforma	Kolmogorov-Smirnova		
	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de Procesamiento (ms.)			
OpenStack	,310	385	,000
CloudStack	,317	385	,000

Realizando la prueba de contraste se observa que el valor de la significancia asintótica es menor a 0.05 por lo tanto se evidencia que, SI existe una diferencia significativa en cuanto al tiempo de procesamiento entre las dos plataformas motivo del estudio, con lo cual se corrobora el análisis previo con cada tarea de la dimensión del tiempo de procesamiento (ver tabla 10).

Tabla 10

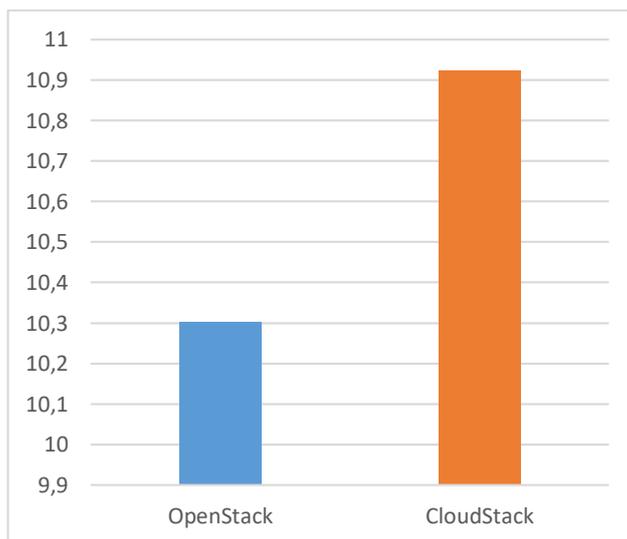
Prueba de contraste del consolidado del tiempo de procesamiento

		Tiempo de Procesamiento (ms.)
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,117
	Positivo	,117
	Negativo	0,000
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,622
Sig. asintótica (bilateral)		,010

En la figura 7 se observa la comparación del tiempo de procesamiento entre las dos plataformas, donde OpenStack obtiene un mejor rendimiento al requerir un promedio de 10.3 segundos, frente a los 10.9 segundos de CloudStack para completar las tareas.

Figura 7

Comparación del tiempo de procesamiento



Dimensión Consumo de recursos

Para la dimensión del consumo de recursos se ha dividido en 4 indicadores:

- Uso de memoria RAM, expresado en Giga Bytes de utilización.
- Uso de CPU, expresado en porcentaje de utilización.
- Lectura de Disco, expresado Kilo Bytes de utilización y,

- Tráfico de red entrante y saliente expresados en Kilo Bytes.

Para la recolección de los datos de cada indicador se utilizó la consola de rendimiento de Proxmox como se observa en la figura 8, 9, 10 y 11.

Figura 8

Consola de rendimiento (uso de RAM)

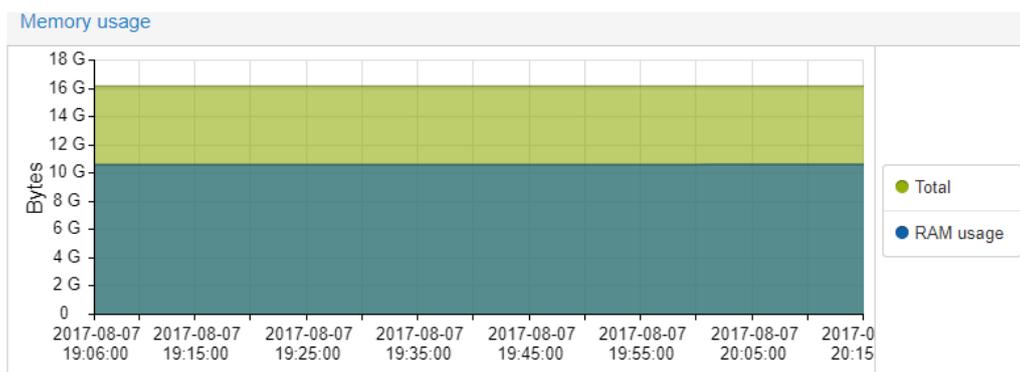


Figura 9

Consola de rendimiento (uso de CPU)

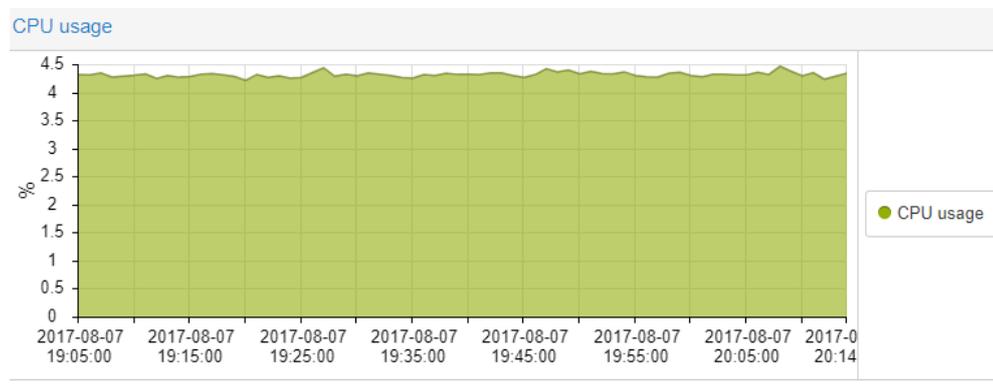
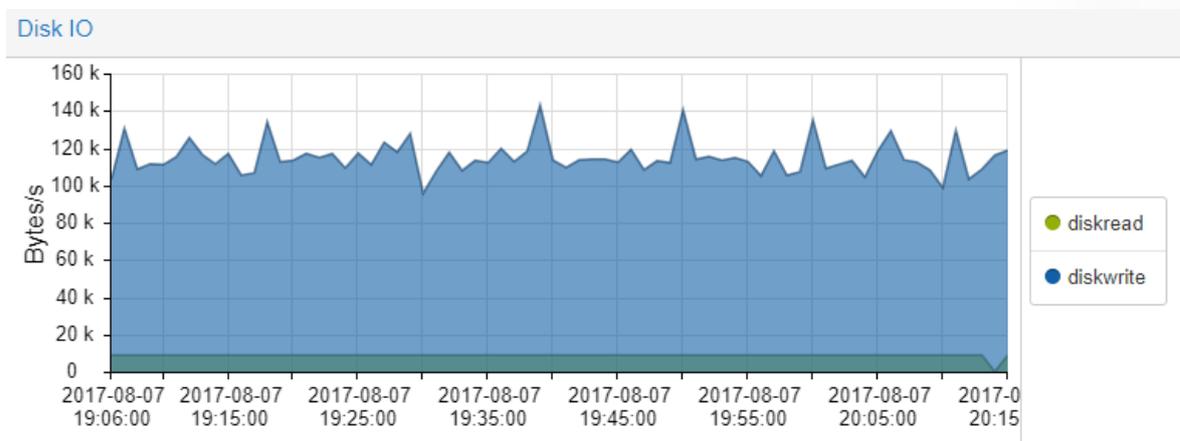
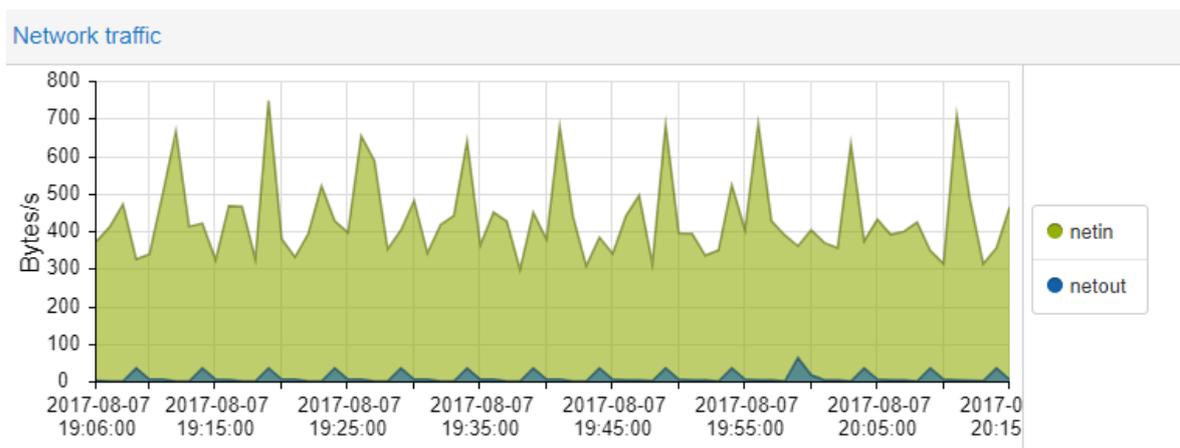


Figura 10
Consola de rendimiento (Lectura de disco)

Figura 11
Consola de rendimiento (Tráfico de red)


En la tabla 11 se observan los resultados de las pruebas de normalidad para cada indicador, donde se evidencia que únicamente los datos del indicador “Lectura de disco” (en ambas plataformas) y “Tráfico de Red Entrante” de Cloud Stack presentan un comportamiento normal, por lo tanto para el análisis de contraste de los indicadores RAM, CPU y Tráficos de Red se utilizó la prueba de U de Man-Whitney mientras que para la Lectura de Disco mediante la prueba t.

Tabla 11*Prueba de normalidad de datos de consumo de recursos*

Tipo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
RAM	OpenStack	,780	35	,000
	CloudStack	,928	35	,024
CPU	OpenStack	,205	35	,000
	CloudStack	,305	35	,000
DISCO	OpenStack	,964	35	,293
	CloudStack	,965	35	,314
Tráfico de Red Entrante	OpenStack	,915	35	,010
	CloudStack	,948	35	,098
Tráfico de Red Saliente	OpenStack	,511	35	,000
	CloudStack	,580	35	,000

En la tabla 12 se observa los resultados de las pruebas de contraste para los datos no normales correspondientes a la utilización de RAM, CPU y Tráfico de Red (Entrante y Saliente), donde se evidencia que el nivel de significancia tanto para la RAM, CPU y Tráfico Saliente es menor a 0,05, por lo tanto, SI existe una diferencia significativa, mientras que para el Tráfico Entrante el valor es 0.391 mayor a 0,05 por lo tanto NO existe una diferencia significativa entre las plataformas.

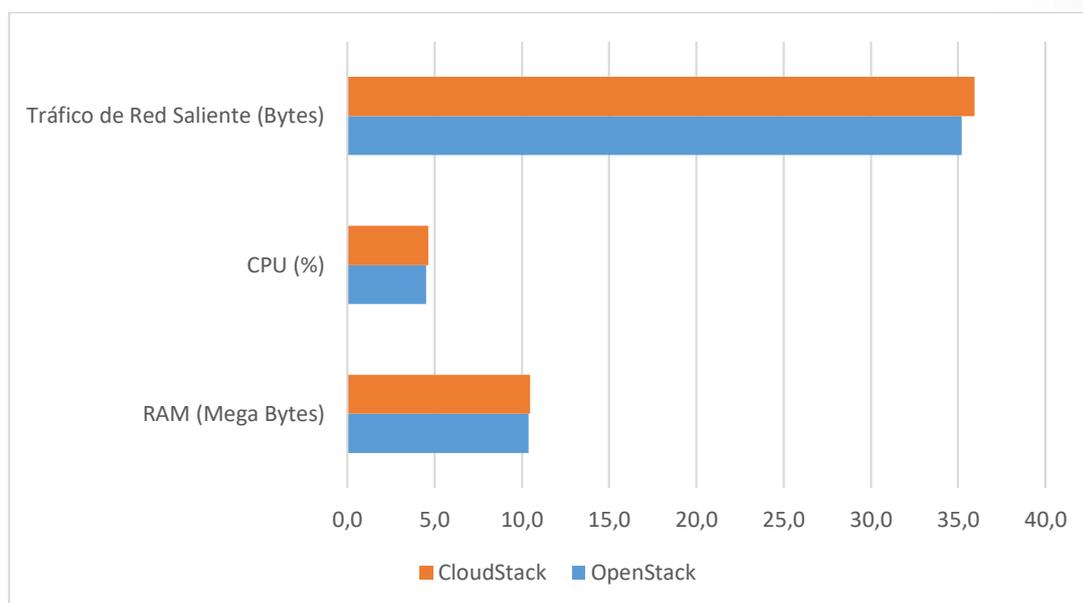
Tabla 12*Pruebas de contraste de las subdimensiones Uso de Memoria RAM, Uso de CPU y Tráfico de Red*

	RAM	CPU	Tráfico de Red Entrante	Tráfico de Red Saliente
U de Mann-Whitney	389,500	306,500	539,500	310,500
W de Wilcoxon	1019,500	936,500	1169,500	940,500
Z	-2,627	-3,600	-,858	-3,567
Sig. asintótica (bilateral)	,009	,000	,391	,000

En la figura 11 se muestran las comparaciones de las medias estadísticas de los indicadores donde si existe una diferencia significativa, como son los casos de Uso de RAM, CPU y Tráfico Saliente, se observa que de igual manera OpenStack tiene una ligera ventaja al requerir menor cantidad de recursos para llevar a cabo el trabajo.

Figura 12

Comparación de las medias estadísticas de las dimensiones con diferencia significativa



La tabla 13 muestra los resultados de la prueba de contraste de los datos normales correspondientes a la Lectura de disco, utilizando la prueba t se obtiene un nivel de significancia de 0.186, cuyo valor es mayor a 0.05, con lo cual se evidencia que no existe una diferencia significativa entre las plataformas en esta dimensión.

Tabla 13

Prueba de contraste de la subdimensión Lectura de Disco

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	107,409	1	107,409	1,788	,186
Dentro de grupos	4084,206	68	60,062		
Total	4191,615	69			

Dimensión de Eficacia

Para la dimensión de eficacia se tomó en cuenta las tareas llevadas a cabo sin errores, que en ambas plataformas se completaron satisfactoriamente.

Datos consolidados

Una vez obtenidos los resultados del análisis de todas las dimensiones, se obtiene la tabla de medias estadísticas de cada dimensión como se observa en la tabla 14.

Tabla 14*Matriz de Impacto del Análisis Multicriterio con NAIADE*

Dimensiones y Variables	Unidad de Medida	Tipo	Objetivo	OpenStack	CloudStack
Tiempo de Respuesta	Milisegundos	Cuantitativa	Minimizar	467.74	473
Tiempo de Procesamiento	Milisegundos	Cuantitativa	Minimizar	10303.1	10923.8
Uso de RAM	MegaBytes	Cuantitativa	Minimizar	10.3817	10.4751
%Uso de CPU	Porcentaje	Cuantitativa	Minimizar	4.5206	4.6449
Lectura de Disco	Kilobytes	Cuantitativa	Minimizar	123.639	126.117
Tráfico Red Entrante	Kilobytes	Cuantitativa	Minimizar	2.5657	2.606
Tráfico Red Saliente	Kilobytes	Cuantitativa	Minimizar	35.2003	35.9477

Aplicando la fórmula de variación porcentual (Fórmula 1) especificada en el apartado 3.4 (Procesamiento y Análisis), se obtiene la tabla 15 con los datos consolidados donde se muestra la diferencia porcentual en los casos donde hubo una diferencia significativa como son: el tiempo de procesamiento, y consumo de recursos (utilización de memoria RAM, utilización de CPU y Tráfico de Salida).

Tabla 15*Datos consolidados del análisis de las dimensiones.*

Dimensión	Diferencia Significativa	Mejor Plataforma	Diferencia Porcentual
Tiempo de respuesta	NO	-	-
Tiempo de procesamiento	SI	OpenStack	5.68%
Consumo de Recursos: RAM	SI	OpenStack	0.89%
Consumo de Recursos: CPU	SI	OpenStack	2.67%
Consumo de Recursos: Lectura de Disco	NO	-	-
Consumo de Recursos: Tráfico de Red de Entrada	NO	-	-
Consumo de Recursos: Tráfico de Red de Salida	SI	OpenStack	2.07%

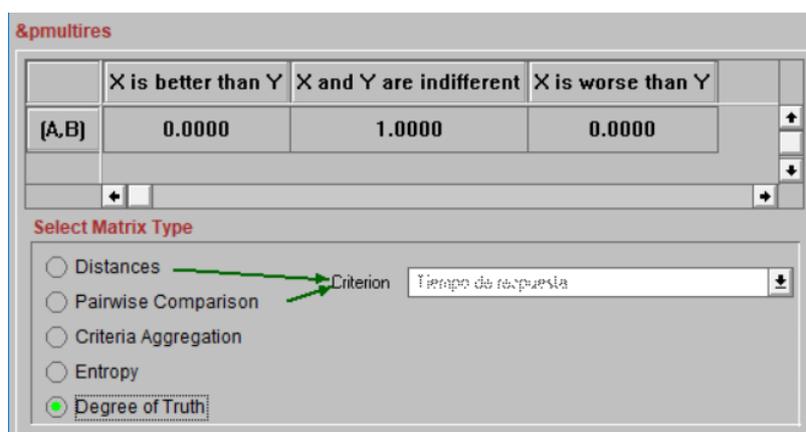
Análisis multicriterio

Adicionalmente, para obtener un resultado general se utilizó el análisis multicriterio con el método NAIADE propuesto por Munda (2006), en la tabla 12 se muestran la matriz de impacto con las medias estadísticas obtenidas por cada dimensión e indicador la cual fue ingresada en el programa informático.

Como resultado de la prueba de verdad se obtiene que, tomando en cuenta los diferentes criterios NO se evidencia que exista una diferencia entre ambas plataformas, como se observa en la figura 13.

Figura 13

Prueba de verdad del análisis Multicriterio con NAIADE



The screenshot shows the NAIADE software interface. At the top, there is a table titled "&pmultires" with three columns: "X is better than Y", "X and Y are indifferent", and "X is worse than Y". The first row of the table is labeled "[A,B]" and contains the values 0.0000, 1.0000, and 0.0000. Below the table, there is a section titled "Select Matrix Type" with four radio button options: "Distances", "Pairwise Comparison", "Criteria Aggregation", and "Entropy". The "Degree of Truth" option is selected. A green arrow points from the "Criteria" label to a dropdown menu that currently displays "Tiempo de respuesta".

Conclusiones

- Las plataformas OpenStack y CloudStack son en la actualidad alternativas ampliamente utilizadas para la implementación de soluciones iCloud, permitiendo el ahorro de costos de licenciamiento en las organizaciones que requieren de estos servicios.
- Mediante el análisis multicriterio de NAIADE se constató que no existe una diferencia marcada entre las plataformas OpenStack y CloudStack en los diferentes criterios, mientras que realizando un análisis estadístico más detallado e individual por cada dimensión, se evidenció que existe una diferencia significativa a favor de OpenStack en la dimensión de tiempo de procesamiento con un 5.68% de mejora así como en los indicadores de uso de RAM 0.89%, uso de CPU 2.67% y Tráfico de Red Saliente 2.07%.
- El utilizar la virtualización anidada permitió simular escenarios reales para las pruebas tanto para Openstack y Cloudstack. En la implementación de la plataforma Openstack utilizando la arquitectura por Nodos Separados se obtuvo un mejor resultado en cuanto al rendimiento frente a la arquitectura Todo en Uno.

Conflicto de intereses

Los autores declaramos no tener ningún tipo de conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

Referencias Bibliográficas

- Badia, S., Carpen, A., Lébre, A., & Nussbaum, L. (2013). Enabling Large-Scale Testing of IaaS Cloud Platforms on the Grid'5000 Testbed. *TTC 2013 Proceedings of the 2013 International Workshop on Testing the Cloud*, 7-12.
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2489295.2489298>
- Celaya, J., & Sakellariou, R. (2014, December). An adaptive policy to minimize energy and sla violations of parallel jobs on the cloud. In *2014 IEEE/ACM 7th International Conference on Utility and Cloud Computing* (pp. 507-508). IEEE.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7027541>
- Clavijo, L. F. O., Ledesma, J. D. F., Nieto, S. C., & Duque, C. J. G. (2018). Computación en la nube: estudio de herramientas orientadas a la industria 4.0. *Lámpsakos*, (20), 68-75.
<https://www.redalyc.org/journal/6139/613964507007/613964507007.pdf>
- CloudStack.apache.org. (2016). *Apache CloudStack™*. (T. A. Foundation, Editor). Open Source Cloud Computing™. <https://cloudstack.apache.org/>
- Comas-Rodríguez, R., Nogueira-Rivera, D., & Medina-León, A. (2014). El control de gestión y los sistemas de información: propuesta de herramientas de apoyo. *Ingeniería Industrial*, 35(2), 214-228.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362014000200009&script=sci_arttext
- Constanzo, M. (2014). Modelos de Calidad de Software. Obtenido de <http://clases3gingsof.wikifoundry.com/page/FURPS>
- European Commission. (2010). *The Future of Cloud Computing*. The Future of Cloud Computing. <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/ssai/docs/cloud-report-final.pdf>
- Falconí, F., & Burbano, R. (2004). Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. *REVIBEC-Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 11-20.
<https://redibec.org/ojs/index.php/revibec/article/view/341/211>
- Hahm, J., Lim, S. B., Li, G., Cho, H., Shin, S. C., Yeom, J., & Lee, J. (2014). Function and Performance Test of Open Source CloudStack Platform for HPC Service. *Journal of Next Generation Information Technology*, 5(2), 56.
https://www.researchgate.net/publication/297948824_Function_and_performance_test_of_open_source_cloudstack_platform_for_HPC_service

- IBM SPSS Statistics Family. (2015). *IBM SPSS Statistics Family*.
[.http://www.spss.com.hk/software/statistics/](http://www.spss.com.hk/software/statistics/)
- Ibarra, H. M. E., & Onofre, M. A. F. (2022). CONCEPCIONES DE ESTUDIANTES SOBRE INVESTIGACIÓN-ALGUNOS AVANCES. *Revista Huellas*, 8(2), 65-68. <https://dspace.itsjapon.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/235/1/Mitos-y-errores-en-la-elaboracion-tesis.pdf>
- Ismaeel, S., Miri, A., Chourishi, D., & Dibaj, S. R. (2015, November). Open source cloud management platforms: A review. In *2015 IEEE 2nd International Conference on Cyber Security and Cloud Computing* (pp. 470-475). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7371524/>
- Jacobs, D. B. (2013). *OpenStack vs. CloudStack: What's the best approach?*
<http://searchnetworking.techtarget.com/tip/OpenStack-vs-CloudStack-Whats-the-best-approach>
- Kim, H., Kim, H., Chun, K., & Chung, Y. (2017). Experience in Practical Implementation of Abstraction Interface for Integrated Cloud Resource Management on Multi-Clouds. *KSII transactions on internet & information systems*, 11(1). <https://itiis.org/journals/tiis/digital-library/manuscript/file/21318/TIISVol11No1-2.pdf>
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Munda, G. (2006). A NAIADE based approach for sustainability benchmarking. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 6(1-2), 65-78.
<https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJETM.2006.008253>
- Nachar, N. (2008). The Mann-Whitney U: A test for assessing whether two independent samples come from the same distribution. *Tutorials in quantitative Methods for Psychology*, 4(1), 13-20.
<https://pdfs.semanticscholar.org/007b/c0936646c34abd369ceda930000c3d142228.pdf>
- OpenStack.org. (s.f.). *OpenStack*, 2.0. <https://www.openstack.org/>
- Portnoy, M. (2012). *Virtualization essentials* (Vol. 19). John Wiley & Sons.
<https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=0kgBf8UUsa8C&oi=fnd&pg=PR15&dq=Virtualization+Essentials,+PORTNOY+Matthew,+Unique+Edition,>

+Serious+Skills,+Canada,+2012&ots=52fiNbwPHN&sig=318AiRNZOoGA29R
QqwCoPrI WV9Q

Proxmox Server Solutions GmbH. (2004-2017). *Proxmox*.

<https://www.proxmox.com/en/>

Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1), 21-33.

https://www.nbi.dk/~petersen/Teaching/Stat2017/Power_Comparisons_of_Shapiro-Wilk_Kolmogorov-Smirn.pdf

Sabharwal, N., & Shankar, R. (2013). *Apache CloudStack cloud computing*. Packt Publishing. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/2531530>

Tamayo, F. (2006). *Marco Metodológico*. Obtenido de <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0088963/cap03.pdf>.

Sharma, R. (2015). *Learning OpenStack High Availability*. Packt Publishing Ltd.

<https://www.perlego.com/book/4295/learning-openstack-high-availability-pdf>

Tam Malaga, J. (2015). *TICAL. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación potenciando la Universidad del Siglo XXI*. RedClara.

https://cudi.edu.mx/sites/default/files/2022-01/TICAL2015_Las_TIC_Potenciando_la_Universidad_Del_SXXI.pdf

Yamato, Y., Nishizawa, Y., Muroi, M., & Tanaka, K. (2015). Development of resource management server for production IaaS services based on OpenStack. *Journal of Information Processing*, 23(1), 58-66.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/ipsjjip/23/1/23_58/_article/-char/ja/

Yamato, Y. (2018). Server selection, configuration and reconfiguration technology for IaaS cloud with multiple server types. *Journal of Network and Systems Management*, 26, 339-360. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10922-017-9418-z>

Yamato, Y., Muroi, M., Tanaka, K., & Uchimura, M. (2014). Development of template management technology for easy deployment of virtual resources on OpenStack. *Journal of Cloud Computing*, 3, 1-12.

<https://link.springer.com/article/10.1186/s13677-014-0007-3>

Zangara, G., Terrana, D., Corso, P. P., Ughetti, M., & Montalbano, G. (2015, November). A cloud federation architecture. In *2015 10th International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing*

(3PGCIC) (pp. 498-503). IEEE.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7424617/>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.



Indexaciones

