

SOLUCIÓN DE SOFTWARE COMO SERVICIO PARA EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL PETRÓLEO

Ing. Dayron Albeirus Padrón

¹e-mail: <mailto:adayron36@gmail.com>

¹Centro de Investigación del Petróleo, Unidad Científico Tecnológica de Base de Geofísica, Calle 23 No 105, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba

RESUMEN

El Centro de Investigación del Petróleo está inmerso en numerosos proyectos de gran impacto para el país. Muchos de sus trabajadores laboran en varios proyectos al mismo tiempo y se encuentran en ocasiones en lugares distantes unos de otros debido al tamaño del centro. También trabajan en colaboración con otras empresas de producción del sector las cuales se encuentran fuera de la provincia. Debido a esto, el centro suele incurrir en gastos considerables en transporte para lograr congregarse en una sola ubicación a los integrantes de determinado proyecto. Por tal motivo, el presente trabajo tuvo como objetivo diseñar e implementar una solución de software como servicio para desarrollar el trabajo colaborativo en tiempo real entre los usuarios y proveerles herramientas de gestión de proyectos que faciliten su planificación y ejecución. A partir del empleo de la plataforma de alojamiento y sincronización de datos en línea Nextcloud, la suite ofimática OnlyOffice, en conjunto con el servicio de correo electrónico Zimbra, herramientas de software libre y código abierto, se obtuvo como resultado una solución integral de software como servicio capaz de controlar y monitorizar los proyectos del centro desde un único sitio. Con esta solución se logró fomentar el trabajo colaborativo en el centro permitiendo el uso simultáneo del sistema por varios usuarios en tiempo real sin importar su localización. Esto provocó un aumento en los índices de productividad del centro y permitió incurrir en ahorros por combustible y por la no contratación de estos servicios a un proveedor externo.

PALABRAS CLAVE: Software como servicio, Computación en la nube, Trabajo colaborativo.

ABSTRACT

The Oil Research Center is immersed in numerous projects of great impact for the country. Many of their workers work on several projects at the same time and sometimes find themselves at distant locations from each other due to the size of the center. They also work in collaboration with other production companies in the sector which are outside the province. Due to this, the center usually incurs considerable expenses in transportation to achieve a single location for the members of a certain

project. For this reason, this work aimed to design and implement a software as a service solution to develop collaborative work in real time among users and provide them with project management tools that facilitate their planning and execution. Starting with the use of the online hosting and data synchronization platform Nextcloud, the office suite OnlyOffice, in conjunction with the Zimbra email service, free software and open source tools, resulted in a comprehensive software as a service solution capable of controlling and monitoring the center's projects from a single site. With this solution it was possible to promote collaborative work in the center allowing the simultaneous use of the system by several users in real time regardless of their location. This caused an increase in the productivity indexes of the center and allowed to incur in fuel savings and by not contracting these services to an external provider.

KEYWORDS: Software as a service, Cloud computing, Collaborative work.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es muy común escuchar el término de Computación en la Nube (CN) cuando se habla de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). El auge de este paradigma se debe a su capacidad para ofrecer movilidad a los usuarios mediante el fácil acceso a las aplicaciones y herramientas informáticas que antes solo era posible acceder desde un ordenador en una localización determinada.

La Computación en la Nube es un modelo para habilitar convenientemente el acceso bajo demanda a través de la red a un conjunto compartido de recursos de cómputo configurables que pueden ser rápidamente aprovisionados y liberados con un mínimo esfuerzo de gestión o de interacción por parte del proveedor de servicios. Este modelo promueve disponibilidad y se encuentra compuesto por cinco características esenciales las cuales son: auto servicio bajo demanda, acceso de red con Banda Ancha, concentración de recursos, elasticidad rápida y servicio contabilizado. Cuenta con tres modelos de servicios denominados Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) y Software as a Service (SaaS) y cuatro modelos de despliegue los cuales son: Nube Pública, Nube Privada, Nube Comunitaria y Nube Híbrida [1].

El centro de investigación se encuentra inmerso en numerosos proyectos de gran impacto para el país. Muchos de sus trabajadores laboran en varios proyectos al mismo tiempo y se encuentran en ocasiones en lugares distantes unos de otros debido al tamaño del centro. Los trabajadores también desarrollan actividades científicas con otros trabajadores pertenecientes al centro, pero ubicados en una sede alejada. También trabajan en colaboración con otras empresas de producción del sector las cuales se encuentran fuera de la provincia. Todos los proyectos de investigación demandan un intercambio incesante de información en formato digital siendo la gran mayoría de estos documentos ofimáticos. El centro invierte muchos recursos en transporte para lograr congregarse en una sola ubicación a los integrantes de determinado proyecto para llevar a cabo reuniones relacionadas con la planificación de las actividades. Esta situación provocada por la ausencia de trabajo colaborativo empleando las TIC da lugar a una insuficiente comunicación en las tareas laborales lo que impacta directamente en la calidad del resultado final.

Por tales motivos se decidió la implementación de una plataforma de SaaS la cual diera solución a la situación del centro de investigación y permitiera elevar la comunicación e interactividad entre los trabajadores. Esto permitiría proveerles herramientas para aumentar la productividad del trabajo, lo que a su vez conllevaría al aumento de la eficiencia en el cumplimiento de las metas propuestas.

Como resultado de la aplicación de este trabajo se obtuvo una solución eficaz la cual dio al traste con los problemas típicos del centro de investigación para agilizar los proyectos investigativos y optimizar los recursos materiales. La solución ha permitido llevar a cabo los proyectos del centro y los proyectos que involucran a otras empresas de una manera óptima y fluida. Al no tener que depender de medios de transporte para la organización y planificación de ciertas actividades se han incurrido en ingresos por concepto de ahorro de combustibles. La velocidad de cumplimiento de los proyectos investigativos se ha visto incrementada debido al uso de todas las nuevas herramientas proporcionadas a los trabajadores. Los directivos cuentan ahora con un mayor control de todas las actividades productivas en tiempo real. La documentación de cada actividad cuenta con un mayor control ya que la solución es capaz de gestionar los accesos sobre cada recurso de la nube además de mantener una trazabilidad constante de todo lo que sucede.

El artículo se divide en introducción, cuatro secciones, conclusiones y bibliografía. Los acápites se encuentran organizados como se especifica a continuación. Sección 2: Se define el concepto de Software como Servicio, así como su arquitectura general. Sección 3: Se describe toda la solución desarrollada en el trabajo detallando el funcionamiento de cada uno de los bloques que la componen. Sección 4: Se mencionan el conjunto de herramientas que conforma el sistema de gestión que monitoriza y controla la solución. Sección 5: Se describen las pruebas de validación realizadas a la solución.

SOFTWARE COMO SERVICIO

No es más que la capacidad provista al cliente de usar las aplicaciones del proveedor que se ejecutan en una infraestructura en la nube. Se puede acceder a estas aplicaciones desde varios dispositivos ya sea mediante una interfaz de cliente ligero o un navegador web.

La empresa proveedora se ocupa del servicio de mantenimiento, de la operación diaria y del soporte del software usado por el cliente. Regularmente el software puede ser consultado en cualquier computador, se encuentre presente en la empresa o no. Se deduce que la información, el procesamiento, los insumos, y los resultados de la lógica de negocio del software, están hospedados en la compañía de TIC.

Esto permite a los usuarios librarse de todas las labores de instalación, mantenimiento, salvadas de datos y soporte técnico, estas labores pasan a ser responsabilidad de la empresa proveedora del servicio [2]. Esta también se encarga de la actualización continua del software evitándole a los usuarios la compra de licencias para ampliar las funcionalidades del software [3].

Para llevar a cabo el diseño e implementación de una plataforma SaaS se realizó un riguroso estudio del estado del arte. Se analizaron diferentes soluciones realizadas por empresas extranjeras en donde la introducción de este modelo causó un apreciable impacto positivo [4] [5] [6].

En la Figura 1 se observa la arquitectura básica para el despliegue de una aplicación en el modelo SaaS. Como puede observarse el diseño se compone de tres componentes fundamentales. Un corta fuegos para controlar los accesos al servicio por parte de los usuarios, un balanceador de tráfico para lograr una adecuada distribución del tráfico y alcanzar los niveles de disponibilidad esperados por una aplicación en la nube. Por último y no menos importante están los servidores generalmente virtualizados en donde se hospeda la aplicación. Una característica importante a destacar es que todos los componentes necesarios para que opere correctamente el software se instalan modularmente formando uno o varios clústers [7].

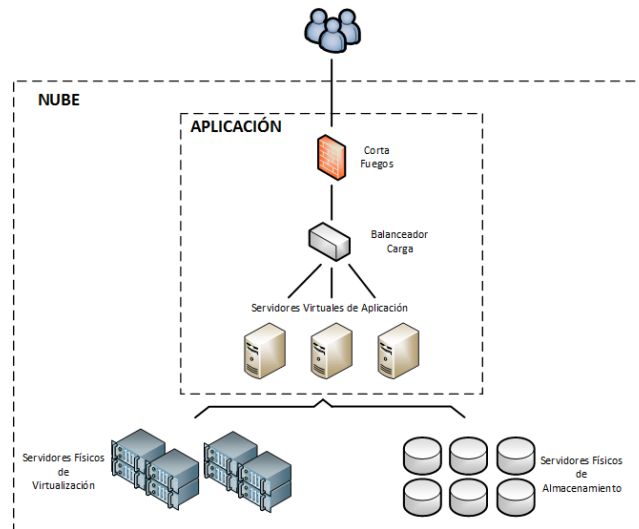


Figura.1: Arquitectura General del modelo SaaS.

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La solución se basó en cuatro bloques funcionales los cuales son el almacenamiento, el servicio ofimático, la gestión de proyectos y el servicio de correo atendiendo a las necesidades de la empresa. Estos bloques fueron los encargados de proveerles los servicios a los usuarios, cada uno fue implementado por medio de diferentes softwares que brindaron la funcionalidad de los bloques, a excepción de los bloques de gestión de proyectos y ofimática en los cuales se empleó el mismo software. Los cuatro bloques funcionales se encuentran relacionados debido al vínculo que existe entre las diferentes herramientas utilizadas, lo que garantiza una mayor interoperabilidad entre las aplicaciones que componen la solución. En la Figura 2 se observa la arquitectura general de la solución desplegada. Todos los servidores empleados fueron virtualizados usando el hipervisor Kernel Based Virtual Machine (KVM) [8]. El servicio es brindado a los usuarios vía web mediante el Protocolo de Transferencia de Hipertexto Seguro (HTTPS) para las conexiones. Este protocolo también se utilizó en las conexiones web internas de la solución.

En el diseño de la solución se concibió el acceso de los usuarios a través de la Zona Desmilitarizada (DMZ) debido a que el sistema será empleado tanto por los usuarios internos del centro como por otros usuarios pertenecientes a otras empresas. Por motivos de seguridad se prefirió que todos los usuarios accedieran a través de los balanceadores de carga ubicados en la DMZ a los servicios web ya que estos además realizan la función de proxy inverso. De esta forma en caso de ocurrir un ataque proveniente del exterior, el atacante, luego de haber logrado burlar la seguridad de ambos corta fuegos de diferente

tecnología solo lograría el acceso a una red donde solamente se encuentran servidores que no contienen información de los usuarios ni datos importantes del sistema.

Los sistemas operativos implementados en la solución fueron las distribuciones de Linux Debian 8 para el software de ofimática y proyectos. Debian 9 para el software de almacenamiento mientras que para el Sistema de correo fue Ubuntu 14.04 en su variante para servidores.

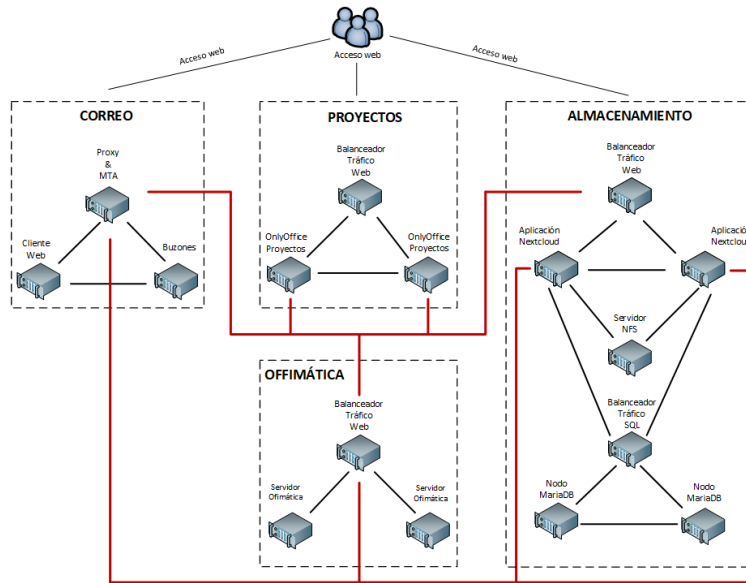


Figura.2: Diagrama general de la solución.

Bloque de almacenamiento

Para el bloque de almacenamiento se analizaron diversos softwares disponibles de mayor uso. Las plataformas estudiadas fueron: OwnCloud, NextCloud, Office 365, Google Drive y Dropbox. De estas plataformas solamente NextCloud y OwnCloud pueden ser hospedadas en los servidores del centro por lo que el estudio se profundizó más en estos softwares resultando seleccionado NextCloud. Esta solución de almacenamiento en la nube se derivó del desarrollo de OwnCloud, cuenta con todas las características de la versión libre de esa plataforma y cuenta además con una tienda muy activa donde constantemente se publican aplicaciones para aumentar la funcionalidad de NextCloud. OwnCloud por su parte también cuenta con una tienda de aplicaciones, pero aquellas de mejores prestaciones son de pago. La Tabla 1 muestra una comparación entre las soluciones de almacenamiento estudiadas.

Tabla 1: Comparación entre las plataformas de almacenamiento analizadas.

Capacidad	NextCloud	OwnCloud	Office 365	Google Drive	Dropbox
Licencia	Libre	Propietario	Propietario	Propietario	Propietario
Soporte ficheros grandes	Si	Si	10 GB	Si	20 GB
Extensión con aplicaciones	Si	Si	Si	No	Si
Integración con Outlook	Si	Pago	Si	Si	Si
Buscador de Texto	Si	Si	Si	Pago	Pago

Historial de versiones	Si	Si	limitad o	limitado	limitado
Intercambio entre servidores	Si	Si	No	No	No
Notificaciones en Tiempo Real	Si	No	Si	Si	Si
Encriptación en el cliente	Si	No	No	No	No
Encriptación en el servidor	Si	Si	Si	Si	No

Esta plataforma permitió la sincronización en tiempo real de eventos de calendario e información de contactos de los usuarios. La sincronización se logró a través de diferentes tipos de conexiones como redes de datos móviles, redes inalámbricas y redes Ethernet empresariales[9].

Para el despliegue de esta plataforma se tuvieron en cuenta disímiles requerimientos no funcionales entre los que se destacaron la cantidad de usuarios que van a hacer uso del servicio, la capacidad de cómputo, el almacenamiento en los servidores de la empresa, la seguridad informática necesaria para este tipo de aplicación, la disponibilidad, flexibilidad, escalabilidad y modularidad [10]. Estos requerimientos determinan las labores de gestión por parte del personal de administración, así como la capacidad de adaptación a los índices futuros de crecimiento de la empresa. La Figura 3 muestra la arquitectura de la plataforma desplegada.

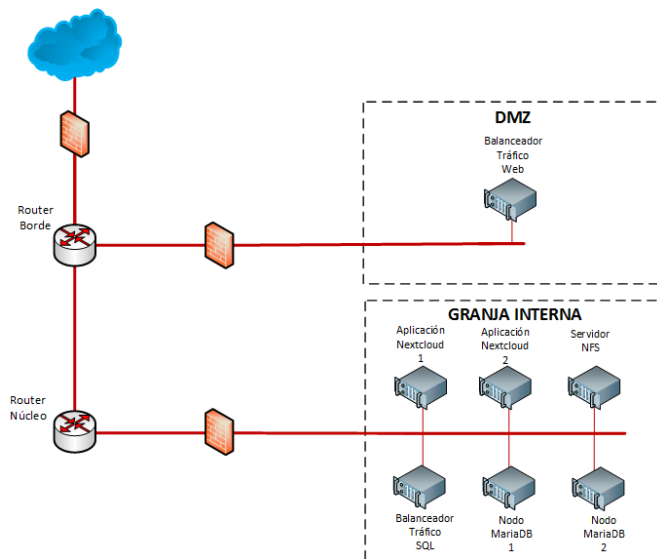


Figura.3: Arquitectura del bloque de almacenamiento.

La arquitectura cuenta con dos servidores de aplicación en los cuales se encuentra el software instalado. Este es accedido por los usuarios a través del balanceador de tráfico principal. Para el balanceador se empleó el software HAProxy, el cual también es software libre. El balanceador permitió distribuir el tráfico entre todos los servidores de aplicación. Este servidor no hospeda el servicio web de la plataforma, solo recibe y distribuye las peticiones web de los usuarios hacia los servidores de aplicación que son los que contienen los portales web. Además, permitió detectar el estado de los servidores para dejar de enviar tráfico a determinado servidor si descubre que no está disponible, esto otorga al servicio una alta disponibilidad [11]. Para almacenar los datos se empleó un servidor de almacenamiento, el cual es usado por ambos servidores de aplicación a través del Sistema de Archivos de Red (NFS). De esta

manera se logró que los datos almacenados por los usuarios estén siempre disponibles sin importar a qué servidor de aplicación se acceda. Para lograr que ambos servidores de aplicación mantengan siempre la misma configuración se utilizó el software SyncThing, de esta forma las modificaciones llevadas a cabo por los usuarios en sus cuentas en un servidor de aplicación son replicadas al otro servidor de aplicación. Esta ventaja también es aprovechada por el personal de administración puesto que solo necesita ajustar las configuraciones en un solo servidor de aplicación en vez de en ambos servidores. Para la base de datos se empleó el software MariaDB y se configuró un clúster galera para poder realizar operaciones de lectura y escritura en los nodos pertenecientes a la base de datos al mismo tiempo. Este clúster también cuenta con un balanceador de tráfico para distribuir las operaciones provenientes de ambos servidores de aplicación de Nextcloud [12]. Este despliegue fue concebido para 400 usuarios, pero es posible escalar individualmente cada elemento en dependencia de las necesidades de la empresa.

Bloque ofimático

Para la selección del software del bloque ofimático se analizaron cinco plataformas las cuales fueron: Microsoft Office Online, Google Docs, Zoho Docs, Collabora Online y OnlyOffice. La plataforma seleccionada fue OnlyOffice debido a las ventajas que posee en comparación con las demás. OnlyOffice ofrece una gama completa de herramientas de formato y características de colaboración para trabajar documentos complejos en línea en tiempo real de forma simultánea por varios usuarios. Es totalmente compatible con los archivos de Microsoft Office, algo muy conveniente para el centro debido a que toda la documentación está creada usando esta plataforma. Es un software de código abierto el cual está publicado en GitHub asegurando su transparencia y confiabilidad. Esto también permite su libre implementación en los servidores del centro. Posee además herramientas especializadas en la gestión de proyectos y un módulo para la administración de la relación con los clientes. En las Tablas 2 y 3 se encuentra una comparación entre todas las plataformas estudiadas para este bloque.

Tabla 2: Comparación en cuanto al trabajo con texto

Capacidad	Only Office	Microso ft Office	Google Docs	Zoho Docs	Collabora Online
Formato de Fuente Avanzado	Si	Si	Si	Si	Si
Formato de Párrafo Avanzado	Si	Si	Si	Si	Limitado
Columnas	Si	No	Si	Si	Si
Salto de Secciones	Si	No	No	No	No
Creación y Edición de Estilos	Si	No	Si	Si	No
Esquemas de Colores	Si	No	No	No	No
Caracteres de no impresión	Si	No	No	Si	Si
Formato de Figuras	Si	Si	Si	Si	No
Pegado Especial	Si	No	Si	Si	Si
Margen de Páginas y Orientación	Si	Si	Si	Si	Limitado
Herramientas de Búsqueda y	Si	Si	Si	Si	Si

Reemplazo					
Revisión de Ortografía	Si	Si	Si	Si	No

Tabla 3: Comparación en cuanto al trabajo colaborativo

Capacidad	Only Office	Microsoft Office	Google Docs	Zoho Docs	Collabora Online
Compartición Ficheros	Si	Si	Si	Si	Si
Acceso por Link	Si	Si	Si	Si	Si
Acceso de Solo Lectura	Si	Si	Si	Si	Si
Acceso de Revisión	Si	No	Si	Si	No
Seguimiento de cambios	Si	No	Si	Si	Si
2 Modos de Co-Edición (A nivel de caracteres y párrafos)	Si	No	No	No	No
Comentarios	Si	Si	Si	Si	Si
Chat Interno	Si	No	Si	No	No
Historial de Versiones	Si	Si	Si	Si	Si
Protección de partes del documento de ser editadas	Si	No	No	Si	No
Operación de la aplicación en página web	Si	Si	Si	Si	No
Fusión con correo electrónico	Si	No	No	Si	No

Para el despliegue de la suite se tomaron en cuenta los mismos requerimientos no funcionales que en el bloque de almacenamiento. La figura 4 muestra la arquitectura instalada en el centro. En esta se puede apreciar que fue empleado un balanceador de tráfico utilizando nuevamente el software HAProxy, el cual distribuye la carga de trabajo entre los dos servidores destinados al alojamiento de la aplicación. Debido a las características de esta aplicación no fue necesario sincronizar los dos servidores. El balanceador de tráfico se ubicó en la DMZ con el propósito de brindar sus servicios a aplicaciones de terceros que la requieran en el futuro.

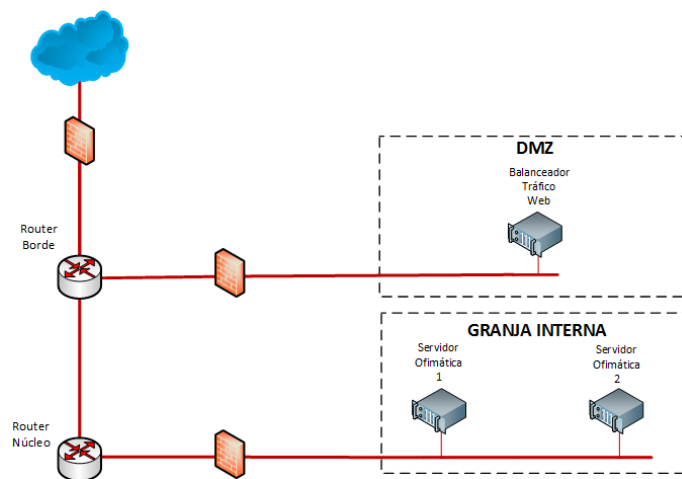


Figura.4: Arquitectura del bloque de ofimático.

Bloque de proyectos

El bloque funcional de proyectos al igual que el de ofimática está compuesto por el software OnlyOffice, pero esta vez empleando otro tipo de servidor llamado Servidor de Comunidad, el cual permite organizar y controlar proyectos, monitorizar las relaciones comerciales del centro mediante un módulo de Gestión de Relaciones hacia el Cliente (CRM), gestionar blogs, marcadores, comentarios y discusiones relacionadas con los proyectos. Cuenta con un chat interno, el cual emplea el Protocolo Extensible de Mensajería y Presencia (XMPP) por lo que permite el uso de clientes que manejen este protocolo de mensajería. La Figura 5 muestra la arquitectura instalada en el centro para este bloque funcional. La arquitectura es igual a la empleada en el bloque ofimático puesto que el servicio presenta las mismas características desde el punto de vista técnico.

Los servidores de aplicación de este bloque realizan la sincronización automáticamente de los cambios al igual que en el bloque funcional de almacenamiento. Este proceso es transparente al usuario, pues este al conectarse indistintamente a los servidores no observa diferencia en su cuenta.

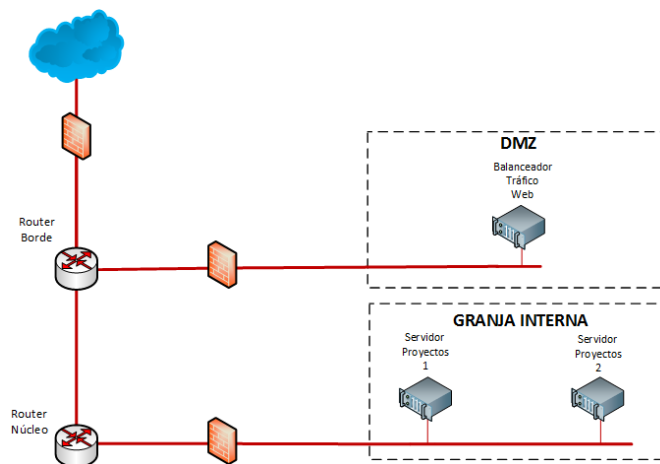


Figura.5 Arquitectura del bloque de proyectos

Bloque de correo

Para la selección del software de correo se analizaron cuatro de las principales plataformas de correo de código abierto existentes, las cuales fueron iRedMail, Open-Xchange, Scalix y Zimbra. De todas estas plataformas se destacó Zimbra por poseer un conjunto completo de herramientas muy útiles en ambientes empresariales como son el calendario, posibilidad para el intercambio de archivos, la gestión de tareas, además de permitir la integración con la plataforma NextCloud. Zimbra es compatible con los clientes de correo más usados y puede ser accedido desde cualquier Sistema Operativo. Esta plataforma es de fácil instalación y administración en comparación con las otras estudiadas. Además, tiene una comunidad inmensa donde los desarrolladores participan activamente resolviendo dudas concretas, haciendo seguimiento de errores conocidos y facilitando soluciones a cualquier tipo de configuración que no esté englobada en las versiones de pago. Esta plataforma es la encargada de recibir todas las

notificaciones generadas por los demás softwares. En la Tabla 4 se encuentra una comparación de las plataformas estudiadas para el bloque de correo.

Tabla 4: Comparación entre las plataformas de correos analizadas.

Capacidad	Zimbra	Scalix	Open-Xchange	iRedMail
Autenticación en envío	Si	Si	Si	Si
Accesibilidad vía web y clientes de terceros	Si	Si	Si	Si
Filtros antispam y virus	Si	Si	Si	Si
Integración de servicios vía WebDAV	Si	Si	Si	No
Cuotas de usuario y carpetas	Si	Si	Si	Si
Monitorización y estadísticas	Si	limitado	Si	Si
Virtualización	Si	Si	Si	Si
Sistema de Ficheros	Si	Si	No	Si
Sincronización de calendarios tareas y contactos	Si	limitado	Si	Si

En el despliegue se utilizó una arquitectura multi-servidor buscando modularidad y escalabilidad en el sistema en vez de utilizar un solo servidor para alojar todos los servicios internos necesarios para el funcionamiento de la aplicación. En la Figura 6 se observa la arquitectura desplegada para el servicio.

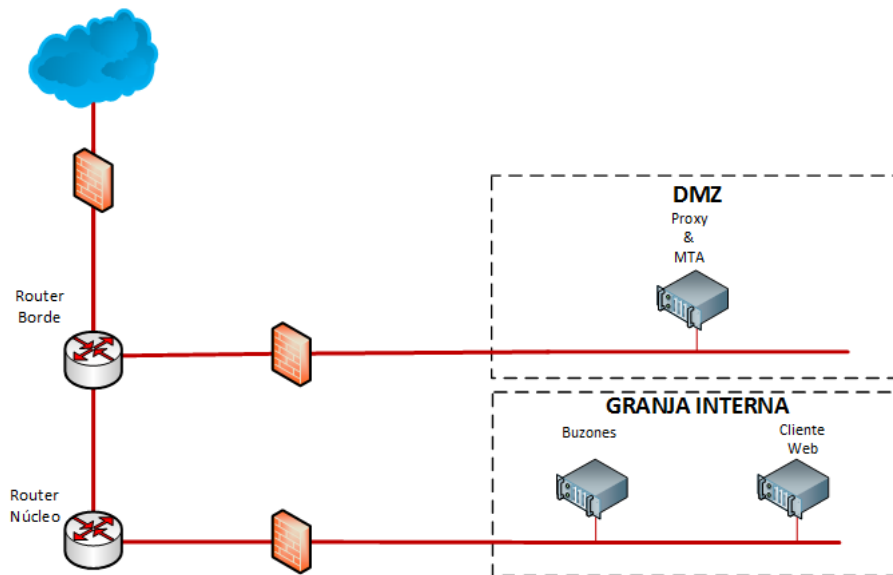


Figura.6: Arquitectura del bloque de correo

Los servicios de Directorio (LDAP), Agente de Transferencia de Correo (MTA) y Proxy Inverso fueron alojados en un servidor en la DMZ mientras que el cliente web y los buzones se hospedaron en servidores aislados en la granja interna de la empresa. De esta forma se aumentó la seguridad del servicio puesto que al aislar los buzones de los usuarios en una red con direccionamiento privado

direccionado internamente se impidió el acceso no deseado a estos servidores desde el exterior [13]. Las peticiones son recibidas por el servidor de la DMZ que actúa como proxy y luego enviadas al servidor que hospeda el servicio web en el caso de que la petición haya sido web o al servidor donde radican los buzones si la petición proviene de un cliente de correo.

GESTIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para la gestión de la solución se utilizaron una serie de softwares, los cuales abarcan las áreas de interés para el centro como son la configuración, prestaciones, fallos y seguridad. Para la gestión de prestaciones y fallos se empleó la herramienta Zabbix, la cual permite monitorizar la disponibilidad de los servicios, así como también el rendimiento de todos los parámetros técnicos de los servidores [14]. El Stack ELK compuesto por los servicios de Elasticsearch, Logstash, y Kibana permitió la monitorización en tiempo real de los parámetros de uso de la solución, tales como los accesos web y la ocurrencia de eventos que pudieran causar funcionamientos no deseados en la infraestructura y por ende afectar la calidad de servicio [15]. Respecto a la gestión de configuración se usaron las propias herramientas disponibles en los softwares en conjunto con el gestor de nube OpenNebula [16] y el sistema de almacenamiento Ceph [17] utilizado para controlar la infraestructura de la red. Para la seguridad se empleó la suite para la detección de amenazas OSSIM. Esto permitió mantener una constante vigilancia en la infraestructura además del establecimiento de políticas de seguridad informáticas en base a las informaciones brindadas por los agentes de detección de intrusos (HIDS) colocados en cada servidor de la solución [18]. Todas estas herramientas facilitaron la realización de una gestión proactiva en los servicios, ya que se han tomado las medidas pertinentes cuando se han detectado comportamientos indebidos en el sistema evitando afectaciones o pérdidas en el sistema en general [19].

VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para la validación de la solución se realizaron varias pruebas para evaluar el comportamiento de los parámetros responsables del rendimiento del sistema y por consecuente de la calidad de experiencia de los usuarios. Fueron evaluados los atributos Latencia y Tolerancia ante Fallos. La forma de análisis de la Latencia se realizó mediante un Acuerdo de Nivel de Servicio (ANS) con la dirección del centro de investigación en donde quedó establecida que esta no puede superar los cuatro segundos de respuesta. De igual manera se estableció un compromiso del 95% de Disponibilidad del sistema. Esto induce que solo puede haber un máximo de 20 conexiones fallidas incluso en el peor escenario donde los 400 usuarios para lo cual fue diseñada la solución se encuentren conectados de forma concurrente.

Para la realización de las pruebas se emplearon tres herramientas para corroborar los resultados obtenidos las cuales fueron Zabbix, Siege y JMeter. En las pruebas se simulaban conexiones concurrentes de forma ascendente hasta 3000 para evaluar los atributos tanto en los balanceadores de carga como directamente en los servidores de aplicación en todos los bloques. En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de validación aplicadas al bloque de almacenamiento.

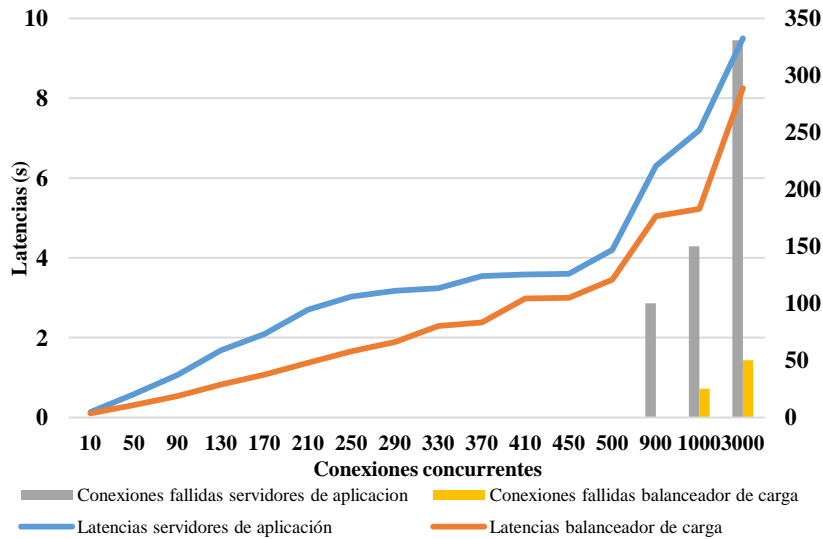


Figura 7: Rendimiento del bloque de almacenamiento.

Los resultados mostrados en la gráfica reflejan como las latencias son inferiores cuando las conexiones son realizadas a través del balanceador de carga. También se constata como el índice de conexiones fallidas es muy inferior cuando se emplean balanceadores de carga. En todos los casos se demuestra como la latencia en este bloque no supera los cuatro segundos ni ocurren conexiones fallidas para 400 conexiones concurrentes. En la Figura 8 se muestran los resultados obtenidos en el bloque de proyectos.

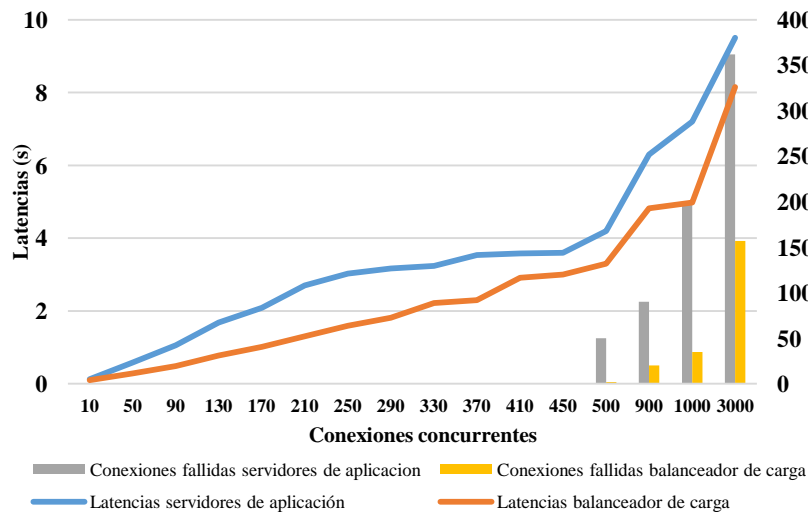


Figura 8: Rendimiento del bloque de proyectos.

En los resultados mostrados en la gráfica se observan un comportamiento similar al bloque de almacenamiento. Nuevamente el sistema cumplió con lo pactado en el ANS con la dirección del centro. En las figuras 9 y 10 se observan los resultados obtenidos en los bloques de ofimática y correos respectivamente. En ambos bloques se obtuvieron resultados satisfactorios y el sistema se comportó de forma similar a los bloques de almacenamiento y proyectos.

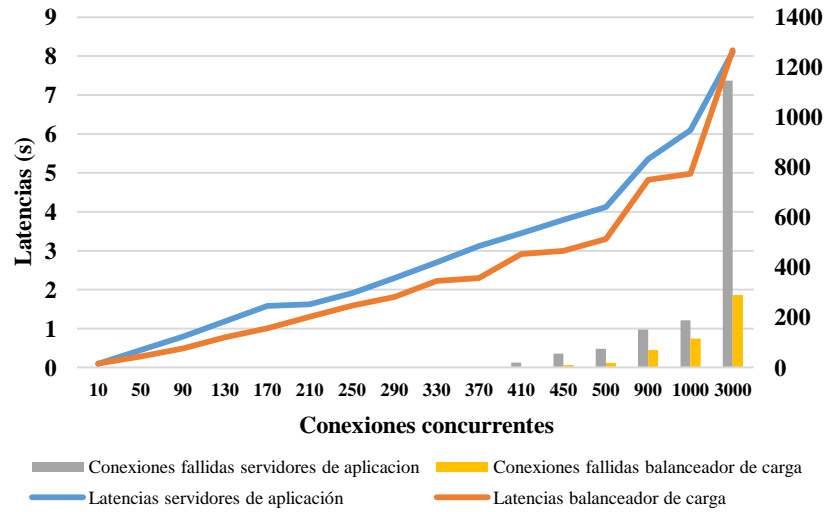


Figura 9: Rendimiento del bloque de ofimática.

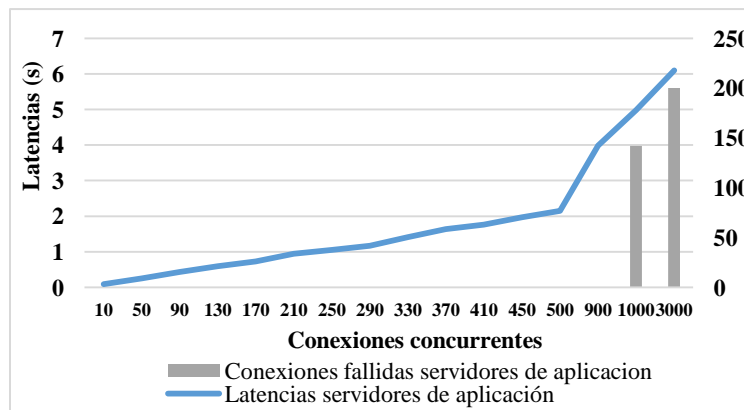


Figura 10: Rendimiento del bloque de correo.

CONCLUSIONES

Mediante la integración de la plataforma para el alojamiento de archivos Nextcloud, la suite ofimática y de proyectos OnlyOffice en conjunto con el sistema de correo Zimbra, se obtuvo una solución perteneciente al modelo de software como servicio del paradigma de computación en la nube. Estos software son todos libres de costo alguno para su adquisición, despliegue y operación. Adicionalmente ofrecen en un mismo servicio todas las funcionalidades de los softwares que la componen. La vinculación de las potencialidades de las plataformas empleadas creó las condiciones necesarias para fomentar el trabajo colaborativo en tiempo real en el centro. Las herramientas brindadas por la solución para gestionar los proyectos de la empresa permitieron agilizar los procesos productivos, aumentar la comunicación entre los usuarios y sobretodo incrementar el control sobre los recursos materiales que el centro dispone para las investigaciones.

REFERENCIAS

- [1] ITU, "Cloud Computing Reference Architecture."
- [2] Agarwal and McCabe, "The TCO Advantages of SaaS-Based Budgeting, Forecasting & Reporting," *Hurwitz*, 2010.
- [3] D. Thomas, "Enabling Application Agility - Software as A Service, Cloud Computing and Dynamic Languages," *Object Technology*, vol. 7, 2016.
- [4] S. Singh and T. Jangwal, "Cost breakdown of Public Cloud Computing and Private Cloud Computing and Security Issues " *International Journal of Computer Science & Information Technology*, vol. 4, p. 15, 2012.
- [5] J. L. L. Presmanes, F. L. Tenorio, and R. G. T. Morales, "Aplicación de la computación en nube en la gestión de la Biblioteca Virtual de la EcuRed," *Ciencias de la Información*, vol. 42, 2011.
- [6] M. Kumar, "Software as a Service for efficient Cloud Computing," *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 3, p. 4, 2014.
- [7] S. Bhardwaj, L. Jain, and S. Jain, "An Approach for Investigating Perspective of Cloud Software-as-a-Service," *International Journal of Computer Applications*, vol. 10, p. 4, 2014.
- [8] H. D. Chiramal, P. Mukhedkar, and A. Vettathu, *Mastering KVM Virtualization*. United Kingdom: Packt Publishing, 2016.
- [9] N. Team. (2018). *Nextcloud 13 Administration Manual*. Available: https://docs.nextcloud.com/server/13/admin_manual/
- [10] P. Oppenheimer, *Top-Down Network Design*, Third Edition ed. United States: Cisco, 2011.
- [11] S. Ali, *Practical Linux Infrastructure*. New York: Apress, 2015.
- [12] T. Nield, *Getting Started with SQL*. United States: O'Reilly Media, 2016.
- [13] Zimbra, *Zimbra Collaboration Multi-Server Installation Guide*, 2015.
- [14] A. D. Vacche and S. K. Lee, *Zabbix Network Monitoring Essentials*. United Kingdom: Packt Publishing, 2015.
- [15] D. Noble, *Monitoring Elasticsearch*. United Kingdom: Packt Publishing, 2016.
- [16] O. Systems, "OpenNebula 5.0 Operation Guide," ed: OpenNebula, 2016, p. 204.
- [17] K. Singh, *Learning Ceph*. United Kingdom: Packt Publishing, 2015.
- [18] OSSIM, "USM Anywhere User Guide," *Alient Vault*, 2018.
- [19] D. Matotek, J. Turnbull, and P. Lieverdink, *Pro Linux System Administration*, Second Edition ed. New York: Apress, 2017.