


# Software libre para implementar soluciones de almacenamiento privado en la nube

## Free Software to Implement Private Cloud Storage Solutions

DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.14.2.2018.07>


Artículo de Investigación Científica. Fecha de Recepción:02/05/2018. Fecha de Aceptación:13/08/2018.

**Martha Liliana Quevedo** 

Universidad Autónoma de Bucaramanga. Bucaramanga (Colombia)  
marticalq@gmail.com

**Julián Santiago Santoyo Díaz** 

Universidad Autónoma de Bucaramanga. Bucaramanga (Colombia)  
jsdiaz@unab.edu.co

**Nancy Edith Ochoa Guevara** 

Corporación Universitaria Minuto de Dios. Bogotá (Colombia)  
nochoagueva@uniminuto.edu.co

Para citar este artículo:

M.L. Quevedo, J.S. Santoyo Díaz, N.E. Ochoa Guevara, "Software libre para implementar soluciones de almacenamiento privado en la nube," *INGE CUC*, vol. 14, no. 2, pp. 71-80, 2018. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.14.2.2018.07>

### Resumen

**Introducción**– En este artículo se plantea la creación de un prototipo de almacenamiento de datos sobre Cloud Computing, mediante el uso de herramientas de software libre, para pequeñas y medianas empresas (PyMes); el cual contribuirá en mejorar la capacidad de almacenamiento de información, incorporando al proceso una herramienta de Cloud Storage, que permita crear, guardar y actualizar los datos de forma sincronizada desde cualquier ubicación geográfica, reduciendo los riesgos de mantener varias versiones de un documento y pérdida de información temporal o definitiva. De esta forma se propone evidenciar que las herramientas libres de código abierto son de bajo costo y colaborativas para pequeñas empresas.

**Objetivo**– Evaluar la pertinencia, viabilidad e impacto de las herramientas de Cloud Storage sobre software libre, a fin de implementar un prototipo de almacenamiento de datos para ser usado por las pequeñas y medianas empresas, logrando establecer esquemas de organización y toma de decisiones acorde a sus objetivos empresariales.

**Metodología**– Se basa en un método espiral por etapas. En la primera etapa se aplicó el modelo de comparación de productos de software libre Qualification and Selection of Opensource Software (QSOS) para identificar la mejor herramienta Cloud Storage. Para la segunda etapa se realizó el diseño e implementación del prototipo para el almacenamiento sobre Cloud Computing, y en la última etapa se efectuaron pruebas y ajustes en la validación de dicho prototipo para su puesta en marcha.

**Resultados**– Estructura de un prototipo funcional terminado, para el almacenamiento de datos sobre Cloud Computing mediante el uso de herramientas de software libre, dirigido a las pequeñas y medianas empresas; evidenciando su fácil manejo, control y toma de decisiones en la gestión de sus datos y despliegue en la organización, convirtiéndose en una herramienta que beneficia a este tipo de sector productivo.

**Conclusiones**– La construcción de sistemas de almacenamiento de datos sobre Cloud Computing, basados o guiados en el prototipo logrado, se constituye como una herramienta de bajo costo en su implementación y mantenimiento, lo que contribuye a la sostenibilidad de la solución, junto con la posibilidad de escalamiento de nuevas funciones y/o módulos, por parte de pequeñas y medianas empresas, que no poseen recursos financieros para la inversión en tecnología de la información y servicios de conectividad y almacenamiento.

**Palabras clave**– prototipo, arquitectura, servidor, redes, innovación, código abierto.

### Abstract

**Introduction**– In this article proposes the creation of a prototype of storage of data on Cloud Computing using free software tools, for small and medium enterprises (SMEs), which will contribute in improving the storage capacity of information, incorporating to the process a Cloud Storage tool, which allows to create, save and update the data in a synchronized way from any geographic location, reducing the risks of maintaining several versions of a document and losing temporary or definitive information. In this way it is proposed to show that free open source tools are low cost and collaborative for small businesses.

**Objective**– Evaluate the relevance, feasibility and impact of Cloud Storage tools on free software in order to implement a data storage prototype to be used by small and medium enterprises, establishing organizational and decision-making schemes according to their objectives business.

**Methodology**– It is based on a spiral method by stages. In the first stage the model of comparison of free software products Qualification and Selection of Opensource Software (QSOS) applied to identify the best Cloud Storage tool. Second stage, the design and implementation of the prototype was carried out for storage over Cloud Computing. The last stage, tests and adjustments were made in the validation of said prototype for its start-up.

**Results**– Structure of a finished functional prototype for the storage of data on Cloud Computing through the use of free software tools, aimed at small and medium enterprises, evidencing its easy handling, control and decision making in the management of their data and deployment in the organization becoming a tool that benefits this type of productive sector.

**Conclusions**– The construction of data storage systems on Cloud Computing, based or guided on the achieved prototype, constitutes a low cost tool in its implementation and maintenance, which contributes to the sustainability of the solution together with the possibility of scaling new functions and / or modules, by small and medium-sized companies, that do not have financial resources for investment in information technology and connectivity and storage services.

**Keywords**– Prototype, architecture, server, networks, innovation, open source.



## I. INTRODUCCIÓN

El uso de los servicios de Internet a nivel corporativo es concebido hoy en día como una ventaja competitiva, que ha permitido que las empresas puedan realizar operaciones sin importar su ubicación geográfica. De igual forma, las infraestructuras de red y los servicios que se presta sobre las mismas han venido evolucionando permitiendo el uso de los beneficios de Internet y otras redes, desde la simple red de datos, pasando por la virtualización de servicios y actualmente integrando sistemas en la nube. En este sentido, el uso de Cloud Computing podría representar para muchas Pymes el aprovechamiento de recursos tecnológicos modernos con una disminución de costos en la implantación y funcionamiento. Con la utilización de la infraestructura Cloud Computing, las empresas pueden llegar a reducir el espacio físico que requieren las redes de datos, disminuyendo así los costos asociados a estas, igualmente, la facilidad de gestión y administración se puede dar, bien sea directamente o con terceros, lo que permite que el personal de la empresa dedique más tiempo a labores propias de la misión del negocio y no a la operación del área informática.

El Cloud Computing es un modelo de ingeniería verde, dado que permite satisfacer las necesidades energéticas de un modo más eficiente [1]. También el Cloud Computing se ha convertido en un sistema atractivo para los propietarios de las empresas que hacen uso de las TIC, al permitir mayor libertad a la hora de tomar decisiones en cuanto a inversión tecnología y personal se refiere, ya que pueden aumentar los recursos sólo cuando hay un aumento de la demanda de servicios [2]; sin embargo, y teniendo en cuenta las oportunidades que ofrece el Cloud Computing para el sector TIC, el desarrollo de esta tecnología se encuentra en sus inicios. La implementación de una infraestructura Cloud Computing plantea grandes retos y oportunidades para las empresas, por lo anterior se hace necesario identificar la mejor forma de adoptar estos servicios y los riesgos que se pueden presentar al migrar las aplicaciones y el hardware a este nuevo entorno, tales como la seguridad [3], integridad de los datos, privacidad, recuperación de datos o rendimiento y el costo de implementación y funcionamiento.

A nivel mundial el uso de los servicios sobre Cloud Computing ha venido tomando fuerza, según el informe de la IDC [4] el crecimiento anual es del 19,4%, impulsando la industria con el uso de la nube SaaS, a tal punto que las grandes empresas piensan en seguir invirtiendo en esta tecnología y las pequeñas y medianas empresas desean ajustaran su inversión en un 40% anual.

Por su parte, Cisco Global Cloud Index (CGCI) [5] pronóstica que los consumidores de almacenamiento en la nube aumentaran el tráfico de 8 EB (exabytes) a 48 EB entre 2015 a 2020, con una tasa de crecimiento del 42% anual como se observa en la Fig 1.

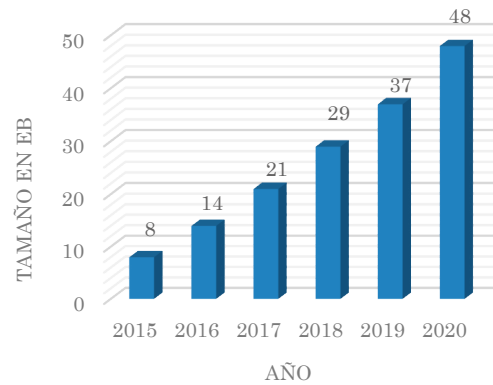


Fig. 1. Consumidores de almacenamiento en la nube. Fuente: Adaptación de White Paper Cisco Global Cloud Index [5]

A pesar de que Colombia ha demostrado un nivel competitivo en el uso de Internet, las comunicaciones móviles, el acceso a banda ancha y los sistemas de información, entre otros, permitiendo significativos cambios en el ámbito educativo, social, cultural y económico; no ha sido suficiente en lo concerniente a la adopción de nuevas tecnológicas como el Cloud Computing, que no ha sido tratado como un tema fundamental, evidenciando un grado de subdesarrollo tecnológico en relación con otros países latinoamericanos y el resto del mundo [6].

Por su parte, el almacenamiento en la nube o Cloud Storage, es un concepto derivado de Cloud Computing, y específicamente se refiere al servicio unificado de varios dispositivos de almacenamiento y servidores, que brindan el acceso a los datos online o a través de la nube de forma descentralizada, con el propósito de gestionar el almacenamiento de forma independiente a las aplicaciones y redes de datos.

En concordancia con la exposición anterior, se requiere concientizar a las empresas sobre los beneficios que podrían obtener al hacer uso de esta nueva tecnología; lo cual se puede lograr si se plantean estrategias y modelos que hagan alcanzable estos recursos a nivel financiero y humano, hablando del nivel de conocimiento que requieren las personas que operan los sistemas de información y redes. La Tabla 1 muestra las causas y consecuencias del problema de investigación.

De acuerdo a lo anterior la propuesta de investigación se centra en la creación de un prototipo de almacenamiento de datos sobre Cloud Computing mediante el uso de herramientas de software libre, para pequeñas y medianas empresas (PyMes), el cual contribuirá en mejorar la capacidad de almacenamiento de información, incorporando al proceso una herramienta de almacenamiento Cloud Computing, que permita crear, guardar y actualizar los datos de forma sincronizada desde cualquier ubicación geográfica, reduciendo los riesgos de mantener varias versiones de un documento y pérdida de información temporal o definitiva.

Tabla 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

<b>PROBLEMA:</b> La ausencia de repositorios de información y sistemas que permitan compartir y realizar tareas de tipo colaborativo puede llegar a representar una seria desventaja competitiva en el mundo de las PYMES, toda vez que en una sociedad cada vez más digital, una de las principales ventajas competitivas que puede explotar una empresa en crecimiento, es el eficiente y oportuno manejo de sus activos de información.	
CAUSAS	CONSECUENCIAS
Falta de apropiación tecnológica. Gestión centralizada. Almacenamiento localizado. Puntos únicos de fallo. Ausente o bajos recursos de inversión en tecnología. Necesidad de mano de obra calificada y dedicada a la administración de TI.	Ausencias de herramientas tecnológicas potencializadores de competencias. Toma de decisiones con información imprecisa o no actualizada. Deficiente capacidad de recuperación de desastres. Pérdida de información sensible a la continuidad del negocio. Pérdida de imagen corporativa. Pérdida de activos de información. Fortalecimiento de la competencia Desvío misional.

Fuente: Autores.

En este artículo, primero se contextualiza sobre el objeto del proyecto, para posteriormente, caracterizar las metodologías de evaluación, incluyendo las herramientas que existen de software libre, requerimientos de hardware y métodos necesarios para la implementación del proyecto. Una vez se definen las características más importantes, se plantea una topología y arquitectura del prototipo. Y finalmente, en los resultados se evidencia la evaluación de las alternativas de las herramientas de software libre para Cloud Storage y se concluye que, en el caso de pequeñas y medianas empresas las herramientas de uso libre permiten el soporte en la gestión de los datos y despliegue de los mismo a bajo costos con un beneficio e impacto para este sector de la producción.

## II. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolla por fases, en la primera se revisó la aplicación del modelo de comparación de productos de software libre QSOS para identificar la mejor herramienta Cloud Storage; en la segunda se diseña e implementa el prototipo funcional de almacenamiento sobre Cloud Computing y por último se efectúan pruebas y la validación de dicho prototipo para su puesta en marcha, a través de un instrumento de evaluación llamado encuesta dirigida a las PyMes voluntarias que participaron en el estudio y del modelo propuesto por la ISO/IEC 9126-1, con algunas métricas adaptadas en las características y subcaracterísticas aplicando los criterios de usabilidad, acceso, gestión de la infraestructura, fiabilidad, seguridad y eficiencia.

### A. Metodologías de Evaluación de Software Libre

El prototipo funcional de almacenamiento sobre Cloud Computing para pequeñas y medianas empresas (PyMeS), requiere de la identificación y selección de una herramienta Cloud de almacenamiento que se adapte a las necesidades de las PyMes, haciendo necesario para ello el análisis de diferentes metodologías de evaluación de software libre.

Existen varias metodologías para evaluar el software libre, según el marco de referencia para la comparación de los métodos de evaluación de software de código abierto [7] donde se analizan criterios relacionados con antigüedad, autores o comunidad, licencia, modelo de evaluación, calificación y comparación que aplicada el método.

Las metodologías revisadas fueron: C-OSMM - Open Source Maturity Model from Capgemini, N-OSMM - Open Source Maturity Model from Navica, BRR - Business Readiness Rating, RRL - NASA's Reuse Readiness Levels, QSOS - Methodology of Qualification and Selection of Open Source software [10], [11], [12].

Esta revisión se establece bajo el enfoque de proponer la metodología de calificación y selección de software libre QSOS más apropiada para escoger la herramienta de almacenamiento de datos sobre Cloud Computing con mejores prestaciones para las PyMes. La metodología QSOS consiste en realizar la selección del software aplicando cuatro pasos [13], como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. PASOS EN QSOS

PASO	OBJETIVO
Definir	Definir tipo de software, tipo de licencia y comunidad
Evaluar	Evaluar utilizando plantillas para determinar la madurez del software y el nivel de riesgo para el usuario
Calificar	Ponderación de criterios divididos en los tres ejes, modelando el contexto (requerimientos de los usuarios y/o estrategias establecidas por el proveedor de servicios).
Seleccionar	Aplicación del filtro creado en la Etapa 3, "Calificación" en datos proporcionados por las dos primeras etapas, con el fin de continuar las consultas, comparaciones y selecciones de productos.

Fuente: [13].

### B. Herramientas de Software

Se identificaron los requerimientos esenciales que debe tener la herramienta de almacenamiento de Cloud Computing. Teniendo en cuenta que en esta etapa de la metodología QSOS se debe definir: tipo de software, tipo de licencia y comunidad, y adicionalmente, se definen los siguientes requerimientos principales:

- Código abierto: cuando se ha establecido la definición de una arquitectura que cumpla entre otras características la de estar basada en soluciones Open Source, dadas las posibilidades de inclusión y por ende reducción de la brecha digital. Aspecto que garantiza el mayor impacto posible en el sector de estudio elegido.
- Sincronización de archivos: característica deseable toda vez que se concibe como parte de la solución en el uso de repositorios digitales en momentos fuera de línea, según se desprende de las muestras del sector.
- Instalación en Sitio: el cliente puede mantener en su sistema los contenidos y actualizarlos.
- Monitoreo del estado y el rendimiento del sistema.
- Seguridad: cifrado de extremo a extremo.
- Multiplataforma: soporta todos los sistemas operativos.
- Auditoría de cambios: control de carpetas y archivos.
- Gestión de la Identidad: existencia de usuarios por roles en el sistema.
- Funciones adicionales: agenda y video llamadas, entre otras.

Con base en los requerimientos mencionados, se crean filtros que permiten descartar herramientas que no cumplan con los requerimientos esenciales, como por ejemplo, no disponer de código abierto. En la Tabla 3 se presenta la lista de filtros basados en los requerimientos iniciales, donde F# representa el número de filtros.

TABLA 3. LISTA DE FILTROS SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS.

Código	Filtro
F1	Código Abierto
F2	Sincronización de archivos
F3	Instalación en sitio
F4	Monitoreo del sistema
F5	Seguridad
F6	Multiplataforma
F7	Auditoría de cambios
F8	Gestión de la Identidad
F9	Funciones adicionales

Fuente: Autores.

Se hizo una revisión de software existente que permitiera usar Cloud Computing con herramientas que tuvieran licenciamiento de propietario y OpenSource. Las herramientas obtenidas fueron: OwnCloud, NexCloud, Dropbox, Synbox, OneDrive, Google Drive y SugarSync.

En la Tabla 4 se observa los resultados de la valoración de las plataformas usando una escala numérica de 0 a 2 para la ponderación, que describe el nivel de cumplimiento del filtro como; muy aceptable = 2, aceptable = 1 y no aceptable = 0, donde F# corresponde al número de filtro descrito en la Tabla 3.

TABLA 4. CALIFICACIÓN POR FILTROS DE LAS PLATAFORMAS

Plataformas Cloud Storage											
Plataforma	Código del Filtro									Cal.	Características
	<sup>1</sup> <sub>F</sub>	<sup>2</sup> <sub>F</sub>	<sup>3</sup> <sub>F</sub>	<sup>4</sup> <sub>F</sub>	<sup>5</sup> <sub>F</sub>	<sup>6</sup> <sub>F</sub>	<sup>7</sup> <sub>F</sub>	<sup>8</sup> <sub>F</sub>	<sup>9</sup> <sub>F</sub>		
OwnCloud	1	2	2	2	1	2	2	1	1	14	Intercambio de archivos desde Outlook. Autenticación de usuarios por contraseña y token. Calendario / Contacto.
NextCloud	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18	Llamadas privadas, grupales y públicas. Administración de archivos eliminados. Video Conferencia. Llamadas de Audio. Compartir Pantalla. Calendario / Contacto / Integración x Correo.
Dropbox	0	2	0	2	1	2	1	1	1	10	Borrado remoto de archivos. Cifrado AES de 256 bits y SSL/TLS. Carga de fotos y video desde móviles. Grupos administrados por la empresa.
Synbox	0	2	0	0	1	0	1	1	1	6	Streaming de contenido en video. El usuario controla su servicio.
OneDrive	0	2	0	1	1	0	1	1	1	7	Extensible con aplicaciones de Microsoft.
Google Drive	0	2	0	1	1	0	1	1	1	7	Ficheros y directorios colaborativos. Oficina en línea.
SugarSync	0	2	0	0	1	0	1	1	1	6	Ficheros y directorios colaborativos.

Fuente: Autores.

A partir de la Tabla 4, se identificaron las dos herramientas más aptas con mayor calificación: NextCloud con 18 puntos y OwnCloud con 14 puntos para efectuar la la evaluación con la matriz de comparación QSOS.

Para determinar que plataforma será seleccionada para la implementación del prototipo se realizan los pasos de evaluación y calificación que propone la metodología QSOS y al final se comparan las calificaciones. En la Tabla 5 se observa que NextCloud obtuvo la mejor calificación 0,87/1.00 aproximándose a la meta planteada, por lo tanto, será la plataforma a instalar, configurar y parametrizar para el desarrollo de proyecto.

TABLA 5. SELECCIÓN PLATAFORMA PARA IMPLEMENTAR EL PROTOTIPO

Criterios	OwnCloud	NextCloud	Limite
Seguridad	0,65	0,83	1
Características Funcionales	0,76	0,84	1
Fortaleza de la Comunidad	0,80	0,94	1
Total	0,74	<b>0,87</b>	1

Fuente: Autores.

En la Fig. 2 se visualiza la selección de la plataforma en un diagrama radial que permite visualizar los resultados obtenidos, donde NextCloud se acerca a la meta planteada.

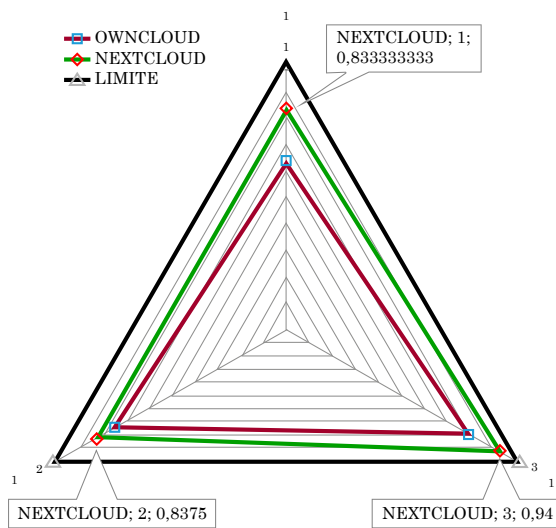


Fig. 2. Selección plataforma para implementar el prototipo  
Fuente: Autores.

### C. Requerimientos de Hardware y software

El prototipo de almacenamiento de datos sobre Cloud Computing, permite a las pequeñas empresas la gestión de sus datos sin importar la ubicación geográfica. El usuario que acceda al prototipo, puede crear

sus propios directorios, archivos y contactos; los archivos creados permiten la colaboración con otros usuarios y la compartición de los mismos. Cuando un usuario no tenga acceso a internet o la red interna de las empresas, poder editar, crear, eliminar, compartir o sugerir archivos, sincronizándolos automáticamente cuando exista el acceso a red. El prototipo posee nodos PI, que le permite a los usuarios implementar pequeños servidores locales de almacenamiento a muy bajo costo. Estos pequeños servidores se muestran como una extensión del servidor central y se sincronizan periódicamente para la actualización y comprobación de datos; donde se logra una caracterización de la herramienta como un punto a favor en el concepto de la implementación, con bajos recursos económicos y cortos intervalos de tiempo, convirtiéndose en una motivación para la migración a servicios Cloud Computing por parte de los pequeños empresarios.

Para la elaboración del prototipo se definieron los siguientes componentes:

- **Nodo Grueso:** Servidores dedicados que poseen NextCloud y alta capacidad de almacenamiento. Para la implementación del servidor se ha integrado un nodo compuesto por:

Componentes de Software

- Centos 7
- MariaDB
- PHP 7.0
- Apache 2.4

Componentes de hardware

- 64 bit CPU (x86\_64)
- 4 GB of RAM
- 2 TB de espacio en disco
- **Nodo PI:** Se ha denominado nodo PI al dispositivo dedicado que implementa una instancia de NextCloud sobre una tarjeta Raspberry PI. Estos poseen baja capacidad de almacenamiento de manera directa. Para efectos de la implementación del prototipo se ha integrado un nodo compuesto por:
  - Tarjeta Raspberry PI 3.
  - Micro SD 16 Gb o superior.
  - Interfaz de Red (Ethernet y/o Wifi).
  - Disco duro Externo 500 Gb o superior.
- **Nodo Sumidero:** Es el encargado de recolectar datos generados por los otros tipos de nodos, y puede ser tanto un nodo grueso como uno PI.
- **Redes Clúster:** Conjunto de pequeñas redes que comparten nodos de datos mediante diferentes topologías que abarca desde conexiones Wireless con infraestructura hasta redes tipo Mesh.
- **Plataforma Cloud Storage:** Dispositivo de datos del tipo file Sync and shared sobre el cual se implementan recursos de administración del storage con características como la sincronización de datos, gestión de la identidad, versión auditoría y capacidad de gestión de diferentes fuentes de almacenamiento entre otras.

#### D. Topología y arquitectura del prototipo

Se plantea una topología de red de tres capas, que recoge el modelo de cinco capas planteado por la SNIA (Storage Networking Industry Association), motivado en la identificación de componentes con bajo acoplamiento, lo que se podría denominar volatilidad por ser la presencia de múltiples interfaces y medios de almacenamiento [8].

En la topología se tiene un nodo central convergente ubicado en la capa Cloud Layer que posee todos los elementos propios para el despliegue de Cloud Storage, además de convertirse en la capa que permite la sincronización de múltiple clúster de área local sobre 802.11s Wireless Mesh Network (WMN), que se conectan a este haciendo las veces de clientes autónomos de la misma.

La siguiente capa Routing Layer está destinada al enrutamiento de redes de clúster y en la capa inferior denominada como Mesh Layer, se caracteriza para poder realizar conexiones dinámicas en forma de malla con todos los nodos que se soliciten conexión.

Finalmente, la capa Cloud y la capa Mesh poseen la capacidad de ser autónomas y observar el comportamiento esperado por una plataforma Cloud Storage y su interacción se podría entender como de tipo federado, es decir, cada nube podría intercambiar datos y recursos informáticos a través de su interfaz, como se puede observar en la Fig. 3.

En la capa Mesh Layer propuesta en la topología, se pueden visualizar los nodos PI, ubicados con el propósito de facilitar la conexión en espacios rurales o sitios con dificultad de acceso a Internet. Los nodos PI son dispositivos dedicados que implementan una instancia de NextCloud sobre una tarjeta Raspberry

PI 3, formando una red con los otros nodos de la red (celulares, portátiles, computadores, tables, etc) que se conectan en el caso de no contar con internet a través de una Red Ad Hoc, a fin de recibir los datos que estos usuarios desean almacenar, consultar, modificar, etc. Como ejemplo en la Fig. 4 se observa un nodo PI como dispositivo central con acceso a Internet permitiendo que otros dispositivos se conecten a él para usar NextCloud.

El almacenamiento en la nube o Cloud Storage, es un concepto derivado de Cloud Computing, y específicamente se refiere al servicio unificado de varios dispositivos de almacenamiento y servidores, que brindan el acceso a los datos online o a través de la nube de forma descentralizada, con el propósito de gestionar el almacenamiento de forma independiente a las aplicaciones y redes de datos.

Basado en el concepto de Cloud Storage y en modelo de la SNIA, se propone la arquitectura del prototipo de almacenamiento de datos sobre Cloud Computing (ver Fig. 5).

### III. RESULTADOS

#### A. Población Objetivo

La población objetivo fue un factor determinante al momento de diseñar, desarrollar e implementar el prototipo, ya que un proyecto de renovación tecnológica va sujeto a la lógica del negocio y la disponibilidad financiera para su implementación. Razón por la cual se trabajó con las pequeñas y medianas empresas (PyMeS) como población objetivo para la implementación de este prototipo. Las PyMes que permitieron la instalación de las herramientas y equipos fueron voluntarias y

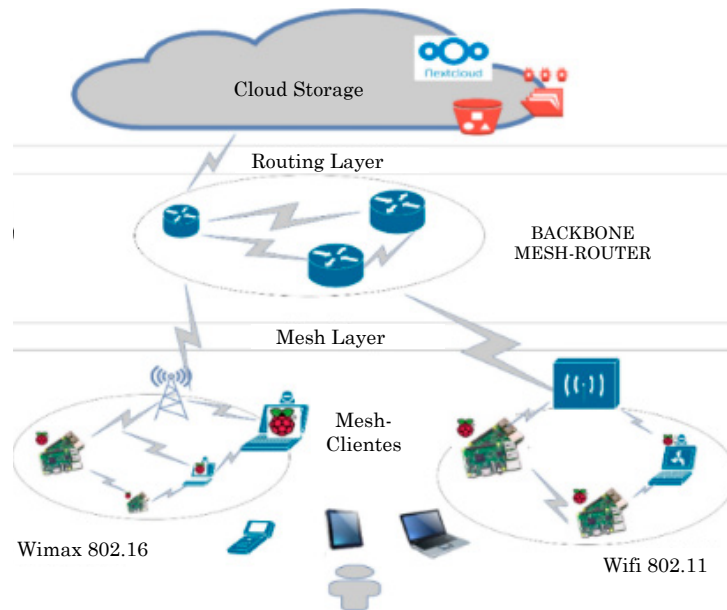


Fig. 3. Topología planteada.  
Fuente: Autores.

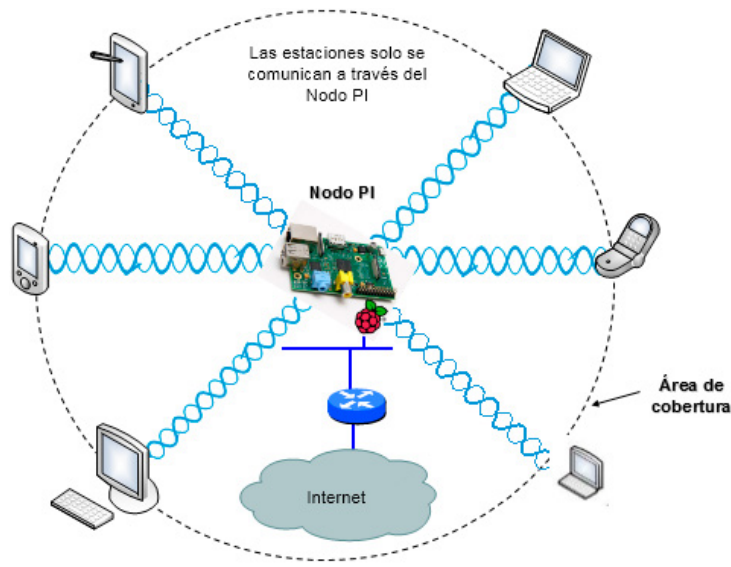


Fig. 4. Nodo PI como dispositivo central.  
Fuente: Autores.

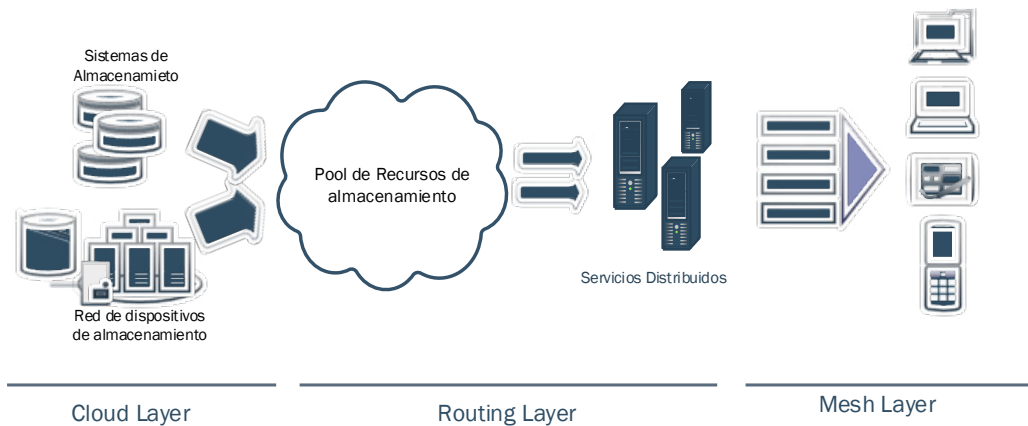


Fig 5. Arquitectura del prototipo.  
Fuente: Autores.

corresponden al sector de tecnología en la ciudad de Bogotá (Colombia). El trabajo de campo tuvo como eje central las siguientes acciones:

- Análisis de áreas.
- Análisis de conectividad.
- Implantación local de los nodos PI.
- Integración del prototipo.
- Capacitación en el uso.
- Pruebas.

Para evaluar el prototipo una vez implementado, se hace uso del modelo propuesto por la ISO/IEC 9126-1 [9], a través de algunas métricas adaptadas en las características y subcaracterísticas, tomando como base seis criterios o aspectos fundamentales: 1) usabilidad, 2) acceso, 3) gestión de la infraestructura, 4) fiabilidad, 5) seguridad y 6) eficiencia (ver tabla 6).

El prototipo se procedió a evaluar con la aplicación de encuestas realizadas a PyMes que voluntariamen-

te aceptaron participar, verificando el cumplimiento de las características propuestas al utilizar el prototipo de almacenamiento implementado.

El puntaje asignado para la calificación del prototipo implementado se estableció con una puntuación de 0 a 2, acorde a:

- (2) Nivel alto: cumple con los requerimientos, soportados con documentación de ellos.
- (1) Nivel medio: existe definición explícita de la mayoría de las especificaciones en documentos reverenciados, pero no existe un plan que asegure el conocimiento, la aplicación o la evaluación de que así sea conocido o aplicado. No se puede asegurar en todos los casos que se haya producido formación específica ni evaluación del grado de cumplimiento.
- (0) Nivel bajo: no se puede constatar o referenciar lo señalado en los niveles anteriores (medio o alto). Cumplimiento bajo de los requerimientos.

TABLA 6. PLANTILLA EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO.

Características/ subcaracterísticas	Puntuación		
	0 - Nivel bajo	1- Nivel medio	2- Nivel alto
<b>Usabilidad</b>	¿La plataforma, es fácil de usar y aprender?		
Entendimiento	No se entiende	Se entiende pero su estructura es compleja y poco aplicable.	Es fácil de entender y reconocer su estructura y aplicabilidad
Aprendizaje	No se aprende a usar fácil	Es fácil aprender a usar	Es muy fácil de aprender a usar
Operabilidad	No es fácil de operar y controlar	Es fácil de operar y controlar	es muy fácil de operar y controlar
Atracción	La interfaz no es atractiva	La interfaz es atractiva	La interfaz es muy atractiva
<b>Acceso</b>	¿Es fácil de acceder en diferentes ambientes?		
Despliegue	No se despliega correctamente	Optimizado para un navegador específico	Despliegue correcto multinavegador
Adaptabilidad	No se adapta a todos los entorno	Se adapta a casi todos los entornos	Se adapta muy bien a cualquier entorno
Interoperabilidad	No interactúa con otros sistemas	Interactúa con algunos sistemas	Interactúa con muchos sistemas específicos
<b>Gestión de infraestructura</b>	¿Es fácil de modificar y gestionar?		
Adecuación	No se puede adecuar	Algunas funciones para las tareas específicas	Conjunto de funciones apropiadas para las tareas específicas
Conformidad	No aplica leyes, normas ni estándares	Conforme con algunas leyes y estándares	Esta conforme a las leyes y estándares
Facilidad de Pruebas	No permite validar modificaciones		Muy fácil de validar las modificaciones
<b>Fiabilidad</b>	¿Puede mantener un nivel de rendimiento?		
Madurez	Fallos y errores mayor a 10% respecto al uso	Fallos y errores entre 5% y 10% respecto al uso	Fallos y errores por debajo del 5% respecto al uso
Tolerancia a fallos	No se detecta las fallas	Se detecta las fallas y se recuperan cerca al performance especificado	Se detecta las fallas y se recupera acorde al performance especificado
Capacidad de recuperación	No recupera datos en caso de fallos	Es capaz de recuperar datos en caso de fallos	Recupera muy fácilmente datos en caso de fallos
<b>Seguridad</b>	¿Garantiza confidencialidad e integridad en el alojamiento y transferencia de datos?		
Autenticación	Los usuarios no requieren autenticación	Los usuarios con contraseñas validas pueden acceder a la cuenta	Únicamente los usuarios con certificados correctamente configurados pueden acceder a la cuenta.
Cifrado	sin cifrado	En un extremo	Extremo a extremo
<b>Eficiencia</b>	¿Es rápido y consume bajos recursos?		
Utilización de recursos	Poca capacidad de almacenamiento	Capacidad promedio de almacenamiento	Gran capacidad de almacenamiento
Tiempo de carga	Más de 6 segundos	Entre 3 y 6 segundos	Menos de 3 segundos

Fuente: Adaptación de Applying the ISO 9126 quality model to test specifications [9].

Con los resultados obtenidos de cada característica evaluada, se pudo determinar que existe un gran número de aplicaciones y desarrollos de almacenamiento sobre Cloud Computing para llegar a una implementación donde se puede contar con un número de aplicaciones y herramientas, pero no todas de ellas ofrecen las mismas funcionalidades y/o beneficios, como tampoco poseen limitantes dependiendo de las necesidades del cliente. Las principales ventajas del prototipo implementado se desglosan a continuación:

- El bajo monto de recursos de inversión en equipos.
- La versatilidad y alcance logrado por los nodos PI.
- La inocuidad de la información de las empresas.
- El establecimiento de posibles redes Mesh.
- Herramientas de uso libre y código abierto.
- El acceso desde diferentes sistemas operativos.
- Sincronización local periódica.

Las actuales soluciones Cloud que existen en el mercado están dadas de alguna forma genérica pero no específicas y adaptadas para las pequeñas empresas, razón por la cual, los costos de estas mismas son elevados. Es por esta razón que la implementación de un prototipo de almacenamiento de datos sobre Cloud Computing usando herramientas de software libre, para pequeñas y medianas empresas, puede ser una solución de bajo costo y acorde con los presupuestos y expectativas de las pequeñas empresas.



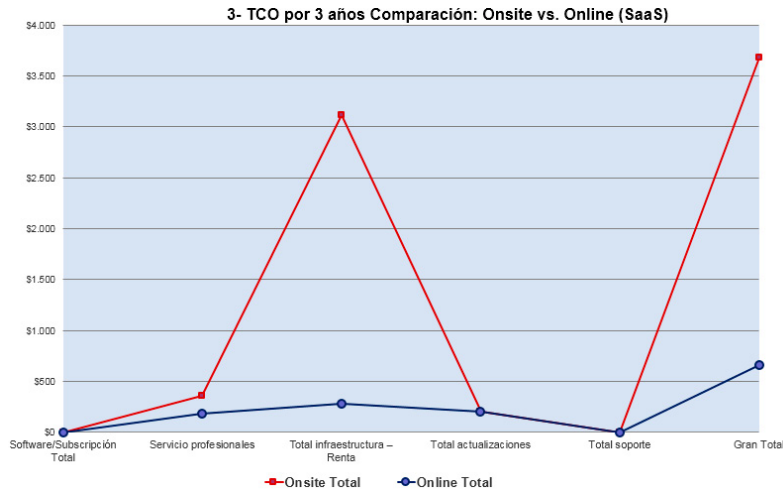


Fig. 6. TCO por 3 años comparación: Onsite vs. Online (SAAS).  
Fuente: Autores.

### B. Costo de propiedad en sitio vs en la nube

Las bondades de la nube como plataforma de despliegue de recursos computacionales son innegables; no obstante, es un ejercicio válido su confrontación versus su despliegue, haciendo uso de recursos propios cuando se usa en local. Como es apenas lógico este escenario puede favorecer a empresas que ya posean los recursos tecnológicos y humanos necesarios, toda vez que una infraestructura local implica desde administradores de red, de aplicación y personal de seguridad, hasta la garantía de condiciones medioambientales como lo es el respaldo de infraestructura, fuentes de energía ininterrumpida (UPS) y plantas eléctricas entre otros.

En la Fig. 6 se puede vislumbrar las diferencias entre ambos modelos (Onsite vs nube). Y se tiene en cuenta la operación para 20 usuarios concurrentes y 160 horas de trabajo mensual durante tres (3) años. Los variables más relevantes para el cálculo de costos son:

- Customización: correspondiente al tiempo empleado para la adaptación o modificación de las herramientas usadas de acuerdo a las preferencias personales de la empresa. Para el ejercicio se toma un valor de USD \$36 por hora.
- Servidores: representa el dispositivo de almacenamiento en físico o virtual implementado con NFS.
- Renta: se tiene en cuenta el valor de los arriendos para alojar el servidor.
- Backup: para respaldar la información en caso de pérdida o siniestro y mantener copias de seguridad.
- Recuperación de desastres: se calcula mantener un valor reservado para casos de siniestros, y solo sera usado si ocurre algún imprevisto para arrendar los servicios de un proveedor y alojar la información por corto tiempo.

- UPS: mantener un sistema de alimentación ininterrumpido puede ayudar proporcionando energía eléctrica por un tiempo limitado y durante un apagón eléctrico para que el servidor y los dispositivos que lo conectan a la red esten disponibles.
- Servicios profesionales: pagados en caso mantenimiento o actualización de la plataforma.

De los hitos más representativos se puede destacar que el servicio profesional tiende a ser más económico en la opción Online debido al tiempo de uso,;para el total en infraestructura es superior en la opción en Onsite porque se adquieren los activos durante el primer año, y en actualizaciones las dos opciones se comportan igual en el tercer año.

De tal modo que mantener los servicios de un proveedor de Cloud Computing como AWS para soportar el sistema de almacenamiento Online tiene un menor costo que implementar el sistema en sitio. Por lo tanto, el sistema Online representa una buena opción para las PyMes al adquirir el servicio adicional tengan posibilidad de actualizar la capacidad según se requiera.

### IV. CONCLUSIONES

La construcción de sistemas de almacenamiento de datos sobre Cloud Computing, basados en el prototipo del proyecto, es una herramienta de bajo costo de implementación y mantenimiento, y son útiles para las pequeñas y medianas empresas, que no poseen suficientes recursos financieros de inversión en tecnologías de la información y servicios de conectividad y almacenamiento.

La aplicación y seguimiento de la metodología de evaluación y selección de herramientas para el diseño e implementación del prototipo de almacenamiento garantiza el mayor número de prestaciones y grado de calidad de la integración, con otras funciones, herramientas, plataformas y dispositivos que puedan ser necesarios.

Con base a lo expuesto, se puede afirmar que el prototipo de almacenamiento de datos sobre Cloud Computing mediante el uso de herramientas de software libre, para pequeñas y medianas empresas propuesto, es una herramienta de soporte en la gestión de los datos de bajo costo y de despliegue, de fácil implementación, confiable, útil, estable, e intuitivo que puede beneficiar la operación de este segmento del sector productivo

## V. TRABAJO FUTURO

Como trabajo futuro se propone la implementación del prototipo en un número mayor de pequeñas empresas, incluyendo algunas funcionalidades no descritas en el prototipo inicial como:

- Funciones asociadas con gestión de tráfico y calidad de servicio desde los nodos PI.
- Módulos de control horario
- Módulos de gestión logística y trazabilidad de envíos y suministros
- Módulos de control de inventarios
- Módulos de supervisión de proyectos

Adicional a lo anterior se propone el posterior diseño de nodos PI, con case o hosting de tipo IP65, para uso exterior, para todas estas pequeñas empresas o agrupaciones de índole rural, donde este prototipo, puede manejarse en exteriores y alimentarse por medio de energía solar.

## FINANCIAMIENTO

Artículo de investigación científica derivado del proyecto de investigación titulado: "Prototipo de Almacenamiento de Datos Sobre Cloud Computing Mediante el Uso de Herramientas de Software Libre, Para Pequeñas y Medianas Empresas (PyMes)".

## REFERENCIAS

- [1] I. Foster, Y. Zhao, I. Raicu and S. Lu, "Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared" in *2008 Grid Computing Environments Workshop*, Austin, TX, USA, 2008, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1109/GCE.2008.4738445>
- [2] Q. Zhang, L. Cheng and R. Boutab, "Cloud computing: state-of-the-art and research challenges", *Journal of Internet Services and Applications*, vol. 1, no. 1, pp. 7-18, april. 2010. <https://doi.org/10.1007/s13174-010-0007-6>
- [3] F. B. Shaikh and S. Haider, "Security threats in cloud computing", in *2011 International Conference for Internet Technology and Secured Transactions*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2011, pp. 214-219.
- [4] International Data Corporation (IDC), (2016, jan.) "Worldwide Semiannual Public Cloud Services". [Online]. Available: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS40960516>
- [5] T. Barnett, A. Sumits, S. Jain, U. Andra and T. Khurana, "Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2015-2020", *Cisco Public*, 2016. [Online]. Available: [https://www.cisco.com/c/dam/m/en\\_us/service-provider/ciscoknowledgenetwork/files/622\\_11\\_15-16-Cisco\\_GCI\\_CKN\\_2015-2020\\_AMER\\_EMEAR\\_NOV2016.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/service-provider/ciscoknowledgenetwork/files/622_11_15-16-Cisco_GCI_CKN_2015-2020_AMER_EMEAR_NOV2016.pdf)
- [6] A. Cabarcas, M. Puello y R. Rodriguez, "Conceptualización de la Cloud Computing en el entorno Colombiano". *Revista Virtual Ingeniator*, vol. 2, no. 3, pp. 22-39, 2011.
- [7] K.-J. Stol and M. Babar, "A Comparison Framework for Open Source Software Evaluation Methods", in *Open Source Software: New Horizons. OSS 2010. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Notre Dame, USA. Springer, 2010, pp. 389-394. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-13244-5\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-642-13244-5_36)
- [8] A. Rajan and S. Shanmugapriya, "Evolution of Cloud Storage as Cloud Computing Infrastructure Service", *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSRJCE)*, vol. 1, no. 1, pp. 38-45, may. 2012. <https://doi.org/10.9790/0661-0113845>
- [9] B. Zeiss, D. Vega, I. Schieferdecker, H. Neukirchen and J. Grabowski, "Applying the ISO 9126 quality model to test specifications", *Software Engineering*, vol. 15, n. 6, pp. 231-242. Jan. 2007.
- [10] F. Duijnhouwer and C. Widdows, "Open Source Maturity Model", Capgemini Expert Letter, 2003.
- [11] NASA Earth Science Data Systems Software Reuse Working Group (2010, April 30). Reuse Readiness Levels (RRLs), Version 1.0. [Online]. Available: [https://cdn.earthdata.nasa.gov/conduit/upload/2004/RRLs\\_v1.0.pdf](https://cdn.earthdata.nasa.gov/conduit/upload/2004/RRLs_v1.0.pdf)
- [12] Spike Source, CarnegieMellonWest, Intel. (2005, november 24). Business Readiness Rating for Open Source. [Online]. Available: [https://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/CMU\\_US/C050728W.pdf](https://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/GENERAL/CMU_US/C050728W.pdf)
- [13]. QSOS (2013, jan. 19). Qualification and Selection of Open-source Software. [Online]. Available: [http://dist.qsos.org/qsos-2.0\\_en.pdf](http://dist.qsos.org/qsos-2.0_en.pdf)

**Martha Liliana Quevedo.** Ingeniera en Telemática de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Especialista en Seguridad Informática de la Escuela de Comunicaciones Militares. Magister en Software Libre de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB). Instructora Certificada CCNA, Certificaciones Microsoft MTA (Networking Fundamentals, Security Fundamentals, Windows Server Administration Fundamentals). Diplomados en Docencia Universitaria, Seguridad Informática, Seguridad Física y Seguridad Electrónica. Auditora Interna en ISO 9001 y NTCGP 100:2009. Interés y experiencia profesional en el área Telemática, diseño y administración de redes de datos y Configuración y Administración de servidores Linux. <https://orcid.org/0000-0001-6822-4893>

**Julián Santiago Santoyo Díaz.** Ingeniero de Sistemas de la UNAB. Especialista en Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo de Software. Magister en Sistemas y Servicios en la Sociedad de la información TICs de la Universidad de Valencia. Especialista en gestión y desarrollo de servicios y aplicaciones web. Estudiante de Doctorado en Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Computación de la Universidad de Valencia. Asesor tecnológico de UNAB Virtual y profesor hora cátedra de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. <https://orcid.org/0000-0001-9947-1109>

**Nancy Edith Ochoa Guevara.** Ingeniera de Sistemas. Especialista en Redes y Soluciones Telemáticas. Especialista en Ingeniería de Software. Magister en Educación Online Virtual. Doctora en Tecnología Especial. Directora de la red de investigación RedVida. Miembro del equipo de la Red Metropolitana de Universidades Colombiana-Rumbo. Editora de revistas científicas, líder del grupo de investigación Investigación -It Uniminuto, Visibilidad y Gerente de proyecto de I+D+I. <https://orcid.org/0000-0002-4533-4990>