

Análisis comparativo de marcos de trabajo para el desarrollo de servicios (Cloud Services) y aplicaciones en la nube (Cloud Computing)

Rafael Antonio Fernández Domínguez, Giner Alor Hernández

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Instituto Tecnológico de Orizaba

rafafallo1@gmail.com, galor@itorizaba.edu.mx

Resumen. Hoy en día, las tecnologías para la Internet aumentan a pasos agigantados, provocando la existencia de un gran número de proveedores de servicios en la nube como: Google AppEngine, Zoho, Amazon E2C, entre otros; esto a su vez hace que las empresas adoptantes sean más exigentes al adquirir un servicio. En este sentido, este trabajo propone un análisis comparativo entre los diferentes marcos de trabajo para el desarrollo de servicios y aplicaciones en la nube, considerando aspectos de calidad como: multi-tenencia, confiabilidad, escalabilidad, costo, rendimiento e interfaces de programación de aplicaciones.

Palabras clave: Cloud computing, PaaS, SaaS, IaaS, quality attributes, frameworks.

1. Introducción

La computación en la nube (Cloud Computing) se define como un modelo que permite el acceso de red conveniente y bajo demanda, de un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que son rápidamente aprovisionados y liberados con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción de servicios [1,2]. Es una tecnología orientada a la Web, y surge para combinar ciertos aspectos para la mejora en el almacenamiento y ventajas de las empresas, como la reducción de costos, de producción y de mantenimiento. Se confunde fácilmente con el Grid Computing que surge a mediados de 1990, se deriva de la red de energía eléctrica para destacar sus características como la capacidad de penetración, sencillez y fiabilidad. La demanda a gran escala de aplicaciones científicas requieren más poder de cómputo que un grupo dentro de un mismo dominio (por ejemplo, un instituto) podría proporcionar; y debido a la interconexión rápida por Internet, institutos científicos fueron capaces de compartir y agregar recursos geográficamente distribuidos, incluidos los sistemas de racimo, las instalaciones de almacenamiento de datos y fuentes de datos pertenecientes a diferentes organizaciones [3]. Grandes empresas de Software forman parte de esta tecnología brindando

diversos servicios a los usuarios, estos servicios se clasifican en tres tipos diferentes: PAAS, SAAS e IAAS [1, 2].

Plataforma como servicio (PaaS): Ofrece un entorno de desarrollo como un servicio, donde las aplicaciones se desarrollan utilizando un conjunto de lenguajes de programación y herramientas. Estos servicios incluyen almacenamiento de desarrollo, integración, pruebas o recursos para completar el ciclo de vida de servicios [1]. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de nube subyacente, incluyendo la red, servidores, sistemas operativos, o el almacenamiento, pero tiene el control sobre las aplicaciones implementadas y posiblemente de alojamiento de aplicaciones configuraciones de entorno [2]. Por otra parte, el Software como servicio (SaaS) es el uso de las aplicaciones del proveedor que se ejecutan en una nube de infraestructura. Las aplicaciones son accesibles desde diferentes dispositivos cliente a través de una interfaz de cliente ligero como un browser. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de nube subyacente, servidores, sistemas operativos, almacenamiento o incluso capacidades de aplicaciones individuales [2]. Finalmente, la Infraestructura como servicio (IaaS) permite gestionar un gran conjunto de recursos de computación, tales como el almacenamiento y la capacidad de procesamiento y ejecución de aplicaciones dentro de las máquinas virtuales, donde el consumidor es capaz de instalar y ejecutar software arbitrario, que incluye sistemas operativos y aplicaciones [1]. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de nube subyacente pero tiene el control de los sistemas operativos, almacenamiento, aplicaciones desplegadas, y el control posiblemente limitado de componentes de red seleccionados (por ejemplo, firewalls de host) [2].

Desafortunadamente para los usuarios, día a día aumenta la existencia de una gran cantidad de marcos de trabajo para desarrollar aplicaciones y servicios en la nube. Esto conlleva al aumento en la exigencia de los usuarios al seleccionar el marco deseado y buscan la mejor opción basándose en el uso de atributos que demuestren la calidad de cada marco y así dar seguridad a su selección. Sin embargo, para esto se requiere de un arduo y agotador trabajo ya que no existe material que auxilie o proporcione apoyo y soporte para hacer este trabajo de una manera más rápida y sencilla. Al respecto, existen algunos análisis comparativos orientados a este tema [1, 3], sin embargo, son escasos de información referente a los diversos marcos de trabajo basados en aspectos de calidad. Por lo tanto, este trabajo se enfoca en el análisis comparativo de marcos de trabajo basado en aspectos de calidad para el desarrollo de aplicaciones y servicios en la nube aportando la facilidad en la selección de un marco de trabajo para los usuarios que así lo requieran y que se adapte a las necesidades del mismo.

2. Trabajos relacionados

En años recientes se han propuesto diversos trabajos enfocados a la computación en la nube, a continuación se presentan algunos de ellos.

En [4] se presenta un estudio de diversos servicios en la nube. Se identifican y explican sus principales características, posteriormente se organizan estas características y se propone una taxonomía con estructura de árbol basándose en taxonomías y en tablas de comparación existentes. Esta taxonomía permite clasificaciones rápidas de los diferentes servicios de Computación en la Nube y hace que sea más fácil su comparación dando solución a la falta de estandarización. En [5] se plantea el desarrollo de un marco de trabajo llamado (SMI) Service Measure Index, que consiste en la aplicación de medidas coherentes y significativas que se diseñaron para permitir la comparación de los actuales servicios basados en la nube o proveedores de servicios disponibles. Este marco de trabajo se propuso por el Cloud Services Measurement Initiative Consortium (CSMIC) el cual nace para hacer frente a la necesidad de que toda la industria a nivel mundial tenga la posibilidad de calcular los beneficios y riesgos de los servicios de computación en la nube. En [6] se presenta de manera general el concepto, la historia, las ventajas y desventajas de la computación en la nube, así como el esfuerzo para crear una normalización de la misma. La computación en nube se introdujo por primera vez por Eric Schmidt en su intervención en las conferencias Search Engine Strategies en 2006 y existen muchas definiciones y metáforas de la computación en la nube. Según el autor de este artículo, la computación en la nube es un tipo de técnica de computación donde los servicios de TI (Tecnologías de la Información) son provistos por grandes unidades de computadoras de bajo costo conectados en red.

En [7] se examinan algunas perspectivas de Computación en la nube así como algunas características esenciales de la misma, basado en definiciones dadas por el NIST (National Institute of Standard and Technology) como lo son los SPI (Software as a Service, Platform as a Service e Infrastructure as a Service) que son los tres modelos de servicio en la nube, los 4 modelos de prestación de la nube (Pública, Privada, Híbrida y de Comunidad) y la relación que tiene un cliente con dichos modelos. En [8] se propone un marco de trabajo y un mecanismo que mida la calidad y dé prioridad a servicios en la nube, ya que debido a la gran diversidad de servicios en la nube disponibles es difícil decidir qué servicio utilizar y en qué se basa para su selección, puesto que hoy en día no existe algún marco de trabajo que permita evaluar dichos servicios. Por lo tanto, se presenta el primer marco de trabajo SMICloud, que permite medir de forma sistemática todos los atributos de QoS (Quality of Service) propuestos por CSMIC y clasificar los servicios en la nube. En [9] se propone una arquitectura para la asignación de recursos orientada a la alta calidad del servicio y el cumplimiento del Service Level Agreements (SLA), para ello se definen los requisitos de arquitectura en la nube asegurando la calidad de servicio basado en las métricas definidas por CSMIC, quien define algunos Service Measure Index (SMI). En [10] se proporciona información a detalle de criterios de seguridad que los próximos clientes de los servicios en la nube considerarán para seleccionar de manera eficiente una nube pública o un Cloud Service Provider (CSP) que satisfaga sus necesidades, ya que para la selección de una nube se requiere considerar los riesgos potenciales que puedan afectar la integridad de la misma afectando al cliente. Algunos de los criterios mencionados en el artículo están basados en la norma ISO 27000 e ISO 27002, de igual manera se mencionan certificaciones que son utilizados por los CSPs en base a la seguridad. En [11] se plantea el objetivo de dar una mejor comprensión del tema identificando y clasificando las principales preocupaciones y soluciones de seguridad en la

nube, de igual manera, se propone una taxonomía dando una visión general de lo que es la seguridad actualmente en la computación en la nube. Debido al creciente interés en el tema de la seguridad, hay un esfuerzo constante para evaluar las tendencias actuales de seguridad para la Computación en la nube. Algunas organizaciones que se identifican para abarcar este tema son: ENISA, CSA y NIST que se denominan marcos de seguridad.

En [12] se revisan los desafíos relacionados con los conceptos de confianza y gestión de Service Level Agreements (SLA) y se analizan los marcos existentes de los acuerdos de nivel de servicio en diferentes ámbitos, como los servicios Web y la red. Se ponen de relieve muchas cuestiones, tanto en el desarrollo de los Service Level Agreements (SLA) y los modelos de rendimiento para computación en nube, que constituyen los ricos campos de investigación futura. En [13] se propone un marco de trabajo de comparación que contiene las características de Computación en la nube. Este marco de trabajo se aplica en cuatro modelos de procesos establecidos para la ingeniería de requerimientos que son RUP, XP, Volere y VModel, con el fin de estudiar a qué grado se aplican a los requisitos específicos de las soluciones basadas en la nube. El marco de comparación se desarrolló sobre 16 características en cuatro categorías, y representa una oportunidad para base de un estudio de la literatura disponible.

En [14] se presenta una selección de temas de Computación en la nube centrándose más en cuestión de seguridad ya que es muy importante tener en cuenta la seguridad y privacidad a la hora de diseñar y utilizar servicios en la nube. En [15] se presenta un estudio exhaustivo acerca de los mecanismos de elasticidad disponibles en la actualidad, con el objetivo de proporcionar una mejor comprensión de los temas actuales de investigación en este campo, mediante la realización de una encuesta la cual se divide en tres partes. En la primera, se presenta una clasificación de las soluciones de elasticidad; en la segunda se describen y clasifican las soluciones desarrolladas y por último, algunas cuestiones pendientes y desafíos relacionados con el uso de la función de elasticidad en la computación en nube.

3. Atributos de calidad aplicables a servicios en la nube

Los atributos de calidad son aquellos puntos que brindan a los usuarios la confianza al seleccionar un marco de trabajo para el desarrollo en la nube. En la tabla 1 se presentan los criterios de calidad que presentó el “Cloud Service Measurement Initiative Consortium” (CSMIC) en su marco de trabajo SMI para medir la calidad de los marcos de trabajo en la nube [16].

Tabla 1. Criterios de Calidad

CATEGORIA	CRITERIO
Responsabilidad ¿Contamos también con la organización de proveedor?	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Conformidad ➢ Contratación de experiencia ➢ Propiedad de los datos ➢ Facilidad para hacer negocios ➢ Gobernanza ➢ Propiedad ➢ Proveedor de la estabilidad del negocio ➢ Certificaciones de proveedores ➢ Contrato de prestación/verificación de SLA ➢ Proveedor de ética ➢ Requisitos personal del proveedor ➢ Proveedor de la cadena de suministro ➢ Capacidades de seguridad
Agilidad ¿Es fácil ser cambiado y qué tan rápido?	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Adaptabilidad ➢ Capacidad ➢ Elasticidad ➢ Extensibilidad ➢ Flexibilidad ➢ Portabilidad ➢ Escalabilidad
Garantía ¿Qué tan probable es que el servicio funcionará como se esperaba?	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Disponibilidad ➢ Datos geográficos / políticos ➢ Mantenimiento ➢ Recuperación ➢ Confiabilidad ➢ Resistencia / tolerancia a fallos ➢ Servicio de estabilidad ➢ Utilidad
Financiero ¿Cuánto es?	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Adquisición y la costa transición ➢ Costo en curso ➢ Beneficios o costos compartidos
Rendimiento ¿Hace lo que necesitamos?	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Precisión ➢ Funcionalidad ➢ Interoperabilidad ➢ Servicio de tiempo de respuesta
Seguridad y privacidad ¿Es el servicio seguro y protege la privacidad?	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Control de acceso y gestión de privilegios ➢ Datos geográficos / políticos ➢ Integridad de los datos ➢ Privacidad de los datos y la pérdida de Datos ➢ Seguridad física y ambiental ➢ Proactiva de amenazas y gestión

CATEGORIA	CRITERIO
	de vulnerabilidades ➤ Retención / disposición
Usabilidad ¿Es fácil de prender y de usar?	➤ Accesibilidad ➤ Requerimientos personales del cliente ➤ Capacidad de instalación ➤ Facilidad de aprendizaje ➤ Operatividad ➤ Idoneidad ➤ Transparencia ➤ Comprensibilidad

Al identificar los atributos de calidad, se llevó a cabo la selección de los más relevantes, los cuales se muestran a continuación:

1. Adaptabilidad
2. Capacidad
3. Elasticidad
4. Extensibilidad
5. Flexibilidad
6. Portabilidad
7. Escalabilidad
8. Accesibilidad

Estos elementos se seleccionaron porque son los atributos que brindan la confianza al usuario en cuanto a la agilidad y la usabilidad del servicio en la nube requerido, y forman parte de la misma clasificación.

4. Marcos de trabajo para el desarrollo de servicios y aplicaciones para la computación en la nube PAAS

Los marcos de trabajo orientados al desarrollo de aplicaciones para la nube permiten la creación de aplicaciones capaces de desplegarse en las mismas. Existe gran variedad de marcos de trabajo, a continuación se presentan algunos de los más importantes con una breve descripción:

- **Google App Engine:** Es una oferta PaaS, que proporciona soporte para Python y Java. AppEngine permite crear aplicaciones Web escalables, sin necesidad de hardware complejo subyacente y capas de software. Google abstrae esas capas y permite concentrarse plenamente en la aplicación [17].

- **Aneka:** Es una red basada en la plataforma-como-un-Servicio de desarrollo de aplicaciones (PaaS), que ofrece un entorno de ejecución y un conjunto de APIs que permiten a los desarrolladores crear aplicaciones personalizadas, mediante el uso de múltiples modelos de programación como la programación de tareas, Thread y programación MapReduce [18].
- **Force:** Es una plataforma de computación en la nube empresarial ofrecido por Salesforce. Permite a los vendedores de servicios el desarrollo y distribución de aplicaciones estables, seguras y escalables. Dos tecnologías clave de Force.com son multi-tenencia y metadatos [19].
- **Microsoft Azure:** La plataforma de servicios Azure es la oferta PaaS de Microsoft. Azure tiene una API específica para almacenar y recuperar datos llamados Services de SQL. El sistema subyacente para estos servicios SQL es Microsoft SQL Server. Aunque no todas las funcionalidades de Microsoft SQL Server están expuestas a través de la API, el usuario ejecuta las operaciones y el uso de un lenguaje de consulta SQL restringido [20].
- **Heroku:** Es una muy poderosa plataforma basada en Web que proporciona soporte para Ruby, JavaScript y Java Web. Se despliega directamente en un entorno PaaS, permite la migración rápida desde el desarrollo a la etapa de implementación. También contiene un editor de colaboración en tiempo real para su uso con un máximo de cinco personas [21].
- **Amazon Elastic MapReduce:** Es un servicio Web de Amazon (AWS), que utiliza Hadoop para ofrecer una funcionalidad MapReduce. En el fondo sí se basa principalmente en otros dos servicios AWS: Elastic Compute Cloud (EC2) y Simple Storage Service (S3) [22].
- **CloudFoundry:** Es una plataforma de código abierto como un servicio. Entorno ofrecido por VMware, proporciona el entorno para albergar múltiples lenguajes y marcos en una pila abierta de aplicaciones de software que se ejecutan tanto fuera como dentro del firewall. Las principales características de CloudFoundry son: Elección de los marcos de desarrollo, elección de servicios de infraestructura de aplicaciones, y la elección de las nubes [23].
- **OrangeScape:** OrangeScape permite construir completas aplicaciones de negocio utilizando una interfaz de estilo de modelado visual en un entorno 5GL. Esto se hace a través de Studio OrangeScape directamente en el browser de preferencia. Las aplicaciones desarrolladas con la plataforma OrangeScape proporcionan las mejores capacidades de escalabilidad, administración y control de los gastos que se adapte a cualquier proveedor como Google App Engine, Azure de Microsoft, IBM Smart Cloud, y Amazon EC2 [24].
- **OpenShift:** Es la plataforma de Red Hat Cloud Computing as a Service (PaaS) que ofrecen. OpenShift es una plataforma de aplicaciones en la nube, donde los desarrolladores de aplicaciones y los equipos tienen la opción de crear, probar, implementar y ejecutar sus aplicaciones. OpenShift se encarga de toda la infraestructura, middleware, y la gestión y permite a los desarrolladores centrarse en lo que mejor saben hacer: el diseño y la codificación de aplicaciones [25].
- **Mendix:** La Plataforma Mendix App permite a las empresas crear rápidamente aplicaciones Web y móviles, integrar a la perfección, desplegar al instante, gestionar de forma centralizada, y mantener sin esfuerzo sobre una base continua. Las empresas utilizan la Plataforma Mendix para crear aplicaciones, implementar e in-

tegrar aplicaciones Web y empresariales móviles más rápido y mejor que nunca. [26].

- **Engine Yard:** Engine Yard es la plataforma líder como servicio (PaaS) para una amplia gama de aplicaciones en Ruby on Rails, PHP y Node.js. Tiene la flexibilidad y la transparencia de una plataforma altamente configurable y abierta. Una variedad de opciones de personalización están disponibles para la configuración, despliegue y gestión de su entorno de aplicación [27].
- **Oracle Cloud:** Oracle Cloud ofrece un amplio portafolio de software como un servicio de aplicaciones, la plataforma como servicio, y capacidades sociales, todo en una base de suscripción. Oracle Cloud ofrece un valor inmediato y la productividad de los usuarios finales, administradores y desarrolladores por igual a través de ricas e integradas funcionalidades [28].

En la tabla 2 se muestra una comparación de los marcos de trabajo para el desarrollo de aplicaciones y servicios en la nube mencionados anteriormente, presentando los diferentes lenguajes de programación que soporta cada uno y los IDE's que ofrecen un entorno de desarrollo para los mismos.

Tabla 2. Tabla Comparativa de los Marcos de Trabajo

MARCOS DE TRABAJO	LENGUAJES DE PROGRAMACION	IDE's
Google App Engine	Python, Java	Eclipse
Aneka	.NET	Aneka Cloud Management Studio
Force	Apex	Eclipse
Microsoft Azure	.NET, PHP, Java	Eclipse Visual Studio
Heroku	Ruby, Java, Python, Node.js	Toolbelt heroku
Amazon EC2	Java, Ruby, Perl, Python, PHP, C++	Eclipse Visual Studio
CloudFoundry	Java, Ruby, Scala, Python, PHP, Node.js	Spring Tool Suite (STS) Eclipse
OrangeScape	Python, java, JQuery, JSTL, Spring, hibernate, bigtable, c#, entre otras.	OrangeScape Studio
OpenShift	Java, Ruby, PHP, Perl, Python, Node.js.	Eclipse, JBoss Developer Studio
Mendix	Java.	Eclipse
Engine Yard	Ruby, PHP, Node.JS	...
Oracle Cloud	Java	Eclipse Oracle Developer NetBeans IDE

Después de analizar los diferentes marcos de trabajo para el desarrollo de aplicaciones en la nube se consideraron 8 de ellos que son los más importantes, ya que contienen mayor soporte, documentación y renombre y se mencionan a continuación:

1. Google App Engine
2. Force
3. Microsoft Azure
4. Amazon EC2
5. CloudFoundry
6. Oracle Cloud
7. Engine Yard
8. Mendix

5. Resultados del análisis comparativo

En esta sección se presentan los resultados de las pruebas parcialmente realizadas a los diferentes marcos de trabajo para el desarrollo de aplicaciones y servicios en la nube. Estas pruebas consisten en construir pequeñas aplicaciones que demuestren la accesibilidad, ya que este atributo asegura que el marco de trabajo puede ser accedido, comprendido, aprendido y utilizado por el usuario, de tal modo que se llevó a cabo el desarrollo y el despliegue en cada nube de una pequeña aplicación dando lugar al resultado que determinará si este atributo de calidad es aplicable a dicho marco.

La aplicación realizada es una simple aplicación que tiene lugar siempre al comienzo en la vida del desarrollador de software, un simple y sencillo “Hola mundo” en cada plataforma.

Cabe mencionar que en cada marco de trabajo, la aplicación desarrollada se adaptó a la estructura y lenguaje requerido por los mismos utilizando los componentes que brindan con el fin de realizar una evaluación completa.

Un factor importante en el análisis de la accesibilidad es la verificación de licencias en cada marco de trabajo ya que esto puede ser un impedimento para ciertos usuarios. En la tabla 3, se muestra un análisis de los marcos de trabajo que presentan una licencia que es de pago para su uso y una licencia que es una versión gratuita.

Tabla 3. Tabla Comparativa de licencias en los marcos de trabajo

MARCOS DE TRABAJO	LICENCIA DE PAGO	VERSIÓN GRATUITA
Google App Engine	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Force	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Microsoft Azure	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Amazon EC2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CloudFoundry	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Engine Yard	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mendix	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Oracle Cloud	<input checked="" type="checkbox"/>	

Es importante mencionar que las Licencias tanto de pago como las gratuitas varían en sus características y costos.

Otros factores importantes en el análisis de la accesibilidad es la forma de navegación en cada plataforma ya que cada una posee una arquitectura diferente para gestionar las aplicaciones generadas, de la misma manera el acceso a sus herramientas para desarrollar, depurar y desplegar las aplicaciones en la nube.

Los resultados obtenidos en cada prueba realizada con respecto a la accesibilidad tomando en consideración los factores importantes mencionados anteriormente, se ven reflejados en la tabla 4. En esta tabla se puede observar en qué nivel de accesibilidad se considera cada marco de trabajo, dichos niveles se encuentran clasificados como:

- 1) “Alto” el cual significa que cuenta con sencillez en el proceso de navegación, fácil acceso a las herramientas para desarrollo, depuración y despliegue, documentación abundante para comprender y aprender cómo funciona dicho marco, y permite el acceso a ella mediante una licencia gratuita delimitada por tiempo o por capacidad.
- 2) “Medio” el cual es el nivel que contempla una navegación sencilla, se pueden obtener las herramientas proporcionadas fácilmente pero no cuenta con la documentación apta para principiantes, lo que provoca la dificultad para acceder a ella y brindar un buen servicio al desarrollar aplicaciones; además, la licencia gratuita proporcionada es demasiado limitada.

3) “Bajo”, en este nivel se encuentran los marcos de trabajo más complejos ya que su navegación es agotadora, las herramientas que proporciona son demasiado complejas para utilizarlas si no se tiene capacitación previa, la documentación proporcionada es compleja para su comprensión y la licencia proporcionada es limitada totalmente, o en algunos casos nula, solo admitiendo pagos por ella. Esto hace complejo el aprendizaje para desarrollo de aplicaciones en esta plataforma.

Tabla 4. Tabla de resultados con base en la accesibilidad.

NIVEL DE ACCESIBILIDAD	BAJO	MEDIO	ALTO
MARCOS DE TRABAJO URL de Prueba.			
Google App Engine Maestriaensistemascomp.appspot.com			■
Force No aplica		■	
Microsoft Azure No aplica		■	
Amazon EC2 http://miprimerappenv-exwa4zmepl.elasticbeanstalk.com/			■
CloudFoundry miappcloudfoundry1.cloudfoundry.com			■
Engine yard http://holamundoito.elasticbeanstalk.com		■	
Mendix https://rafaelfernandez100.mendixcloud.com/		■	
Oracle Cloud No aplica	■		

Después del análisis realizado se observa que la accesibilidad se encuentra presente en todas las plataformas en la nube, pero por desgracia para los usuarios varía en cada una de ellas haciéndose muy complejo su manejo.

6. Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro se considera la inclusión de marcos de trabajo adicionales como Aneka, Open Shift, heroku y orangeScape para realizar un análisis más completo. Así también, la inclusión en este análisis de nuevos atributos de calidad como lo son: Capacidad, Elasticidad, Extensibilidad, Flexibilidad, Portabilidad y Escalabilidad, desarrollando y desplegando en los diferentes marcos pequeñas aplicaciones, las cuales permitan obtener resultados que nos muestren a qué grado estos atributos de calidad son aplicados en cada plataforma en la nube.

7. Conclusiones

La computación en la nube es una tecnología que ha mostrado gran crecimiento con el paso de los años, y a la cual muchas empresas se han incorporado para prestar servicios. Esto incita un gran interés a las personas y las empresas por su uso pero es compleja la selección del servicio al desear adoptarla, ya que existen en la actualidad gran cantidad de servicios PAAS, como lo son Google App Engine, Amazon, Windows Azure, por mencionar algunas, cada uno ofreciendo sus ventajas y desventajas.

El análisis realizado a los trabajos relacionados permite ratificar la relevancia de la propuesta planteada en este trabajo. A pesar de que hay contribuciones al respecto de los marcos de trabajo para el desarrollo de aplicaciones para la nube, esta propuesta aborda aspectos que por lo menos aún no se reportan en otros trabajos. De igual manera, el análisis realizado a los trabajos relacionados revela las características que ofrecen los diferentes marcos de trabajo para el desarrollo de aplicaciones en la nube y de la misma manera se revelan los principales atributos que reflejan la calidad del software.

En este trabajo, el análisis realizado parcialmente a los marcos de trabajo, refleja la complejidad de algunos de ellos, así como la facilidad de otros para su manipulación y acceso, demostrando que el atributo de calidad “Accesibilidad” en todos los marcos es existente y tiene una función primordial pero con diferente grado de dificultad. Así también, se presenta la capacidad de tener acceso al marco de trabajo, la cantidad de información brindada, la facilidad de aprendizaje y la facilidad en el manejo de los componentes brindados, como lo son los plugins con los cuales se permiten desarrollar las aplicaciones.

Agradecimientos

Este trabajo fue patrocinado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)

Referencias

1. María del Pilar Salas, Luis Omar Colombo. Cloud Computing: A Review of PaaS, IaaS, SaaS Services and Providers. Lámpsakos No. 7, Medellin, Colombia. 2012 Pp. 47-57.
2. Mark Lee Badger, Timothy Grance, Robert Patt-Corner, Jeffery M, Voas. Cloud Computing Synopsis and Recommendations. Technical Report. NIST Gaithersburg, MD, United States, 2012, pp 0-81.

3. Christof Weinhardt, Arun Anandasivam, Benjamin Blau, et al. Cloud Computing – A Classification, Business Models, and Research Directions. *Business & Information Systems Engineering* volumen 5, 2009. Karlsruhe, Germany. pp 392-399.
4. C.N. Höfer, G. Karagiannis. Cloud computing services: taxonomy and comparison. *Proceeding of the GLOBECOM Workshops (GC Wkshps)*, 2010 IEEE, Springer. Enschede, the Netherlands. pp 81-94.
5. Jane Sigel, Jeff Perdue. Cloud Services Measures For Global Use, The Service Measure Index (SMI). *Proceedings of the Service Research and Innovation Institute Global Conference*, IEEE. Mountain View, CA, USA, 2012 pp. 411-415.
6. Ling Qian, Zhiguo Luo, Yujian Du, Leitao Guo. Cloud Computing: An Overview. *Proceeding of the Cloud Computing, First International Conference, CloudCom 2009*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Beijing, China. pp. 626-631.
7. Vic (J.R.) Winkler. Chapter 2- Cloud Computing Architecture. *Securing the Cloud, Cloud Computer Security Techniques and Tactics 2011*, Elsevier. Waltham, Massachusetts, USA, pp 29–53.
8. Saurabh Kumar, Steve Versteeg , Rajkumar Buyya. A framework for ranking of cloud computing services. *Future Generation Computer Systems* 2012 Volume 29, Elsevier. Melbourne, Australia. pp 1012–1023.
9. Kouassi Arafat Sagbo, Pélagie Houngue. Quality architecture for resource allocation in cloud computing. *Proceedings of the First European conference on Service-Oriented and Cloud Computing (ESOCC'12)*.
10. Vic (J.R.) Winkler. Chapter 8 – Security Criteria: Selecting an External Cloud Provider. *Securing the Cloud, Cloud Computer Security Techniques and Tactics 2011*, Elsevier. Waltham, Massachusetts, USA. pp 211–232.
11. Nelson Gonzalez, Charles Miers, Fernando Redigolo, Marcos Simplicio, Tereza Carvalho, Mats Naslund, Makani Pourzandi. A quantitative analysis of current security concerns and solutions for cloud computing. *Proceedings of the IEEE Third International Conference on Cloud Computing Technology and Science CLOUDCOM '11*. Washington, DC, USA, Pp 231-238.
12. Mohammed Alhamad, Tharam Dillon, Elizabeth Chang. A Survey on SLA and Performance Measurement in Cloud Computing. *Processing of the On the Move to Meaningful Internet System (OTM2011)*. Springer, Australia, pp. 469–477.
13. Stefan Wind, Schrödl. Requirements Engineering for Cloud Computing: A Comparison Framework. *Proceedings of Workshop on Information Systems Economics (WISE2010)*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Augsburg, Germany, pp. 404-415.
14. Ainul Azila Che Fauzi, A. Noraziah, Tutut Herawan, Noriyani Mohd. Zin. On cloud computing security issues. In *Proceedings of the 4th Asian conference on Intelligent Information and Database Systems (ACIIDS'12)*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2012. pp 560-569.
15. Guilherme Galante, Luis Carlos E. de Bona. A Survey on Cloud Computing Elasticity. *Proceedings of the IEEE/ACM Fifth International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC '12)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 2012, pp. 263-270.
16. Jane Sigel, Jeff Perdue. A Cloud Services Measures for Global Use, The Service Measure Index (SMI). *Proceedings of the Service Research and Innovation Institute Global Conference*, IEEE. Mountain View, CA, USA, 2012, pp. 411-415.
17. Google team. 26-mar-2012. Google App Engine. 23-Feb-2013, <https://developers.google.com/appengine/?hl=es>.
18. Manjrasoft Pty Ltd. 18-Jun-2012 http://www.manjrasoft.com/aneka_architecture.html

19. Salesforce.com team. 23-Feb-2013. Force.com Cloud Computing Platform. 23-Feb-2013, <http://www.salesforce.com/platform/cloud-platform/>.
20. Microsoft team. 23-Feb-2013. Windows Azure: Plataforma en la nube de Microsoft. <http://www.windowsazure.com/es-es/>.
21. Heroku team. 23-Feb-2013. Heroku Cloud Application Platform. <http://www.heroku.com/>.
22. Amazon Web Services team. 23-Dic-2011 Amazon Elastic MapReduce (Amazon EMR). <http://aws.amazon.com/elasticmapreduce/>.
23. VMware team. 24-Ene-2013. Cloud Foundry. <http://www.cloudfoundry.com/>.
24. OrangeScape team 23-Feb-2013. OrangeScape. <http://www.orangescape.com/paas/platform-as-a-service/>.
25. OpenShift team. 23-Mar-2012. OpenShift.. <https://www.openshift.com/paas>
26. Mendix team. Mendix. 23-Feb-2013. <http://www.mendix.com/application-platform-as-a-service/>.
27. EngineYard team. 23-Feb-2013. EngineYard. <https://www.Engineyard.com/products/cloud>.
28. Oracle team. 23-Feb-2013. Oracle Cloud. https://cloud.oracle.com/mycloud/?p=service:developer_service_features.