
Computación en la Nube: Un estudio orientado para el despliegue de arquitecturas de componentes

JESÚS VALLECILLOS

Grupo de Informática Aplicada, Universidad de Almería

Email: jesus.vallecillos@ual.es

La Computación en la Nube es un concepto relativamente reciente en la literatura, que se ha ido consolidando cada vez más en cualquier ámbito y dominio de aplicación de la ingeniería informática, y considerado como un nuevo paradigma tecnológico para gestionar y ofrecer servicios de terceras partes a través de Internet. Aunque hoy día son muchos los trabajos existentes, este paradigma sigue en constante evolución, apareciendo continuamente en el tiempo nuevas metodologías, herramientas, y modelos de computación en la Nube. El presente documento es el resultado de un estudio realizado de la revisión de los trabajos más destacados en la literatura de la Computación en la Nube. La selección de los trabajos se ha realizado en base a aquellos que utilizan la Computación en la Nube como un mecanismo para el despliegue de Sistemas basados en Arquitecturas. El presente estudio pretende establecer las bases para el desarrollo de una metodología que permita el despliegue en la Nube de interfaces de usuario. A lo largo de este estudio se realiza un recorrido por la computación en la nube, cubriendo los conceptos esenciales, las arquitecturas que definen esta tendencia, las características que identifican a este modelo de computación, algunas tecnologías que hacen posible su despliegue. Se estudia y analiza además los dominios de aplicación en los cuales se esta explotando la Computación en la Nube.

Keywords: Computación en la Nube

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha propiciado que en Internet, las técnicas de procesamiento y las técnicas de almacenamiento sean recursos computacionales más baratos, más potentes y estén más disponibles que nunca. Esta tendencia tecnológica ha producido el nacimiento de un nuevo modelo de computación llamado *Computación en la Nube (Cloud Computing)*, en el cuál los recursos (e.g., CPU y almacenamiento) se proporcionan como elementos que pueden tomarse prestados y liberados por los usuarios a través de Internet en un momento determinado. En un entorno de computación en la nube, el rol tradicional de proveedor de servicio se convierte en dos: el *proveedor de infraestructura* que gestiona la plataforma de la nube y lanza los recursos acordes a un modelo de precio basado en uso, y los *proveedores de servicios*, que alquilan recursos a uno o muchos proveedores de infraestructuras para servir a los usuarios finales. También, la aparición de la computación en la nube ha producido un tremendo impacto en la industria de las Tecnologías de la Información (TI), donde grandes compañías tales como Google, Amazon y Microsoft se han esforzado

en proporcionar más potencia, plataformas seguras y eficientes, y donde las empresas han llevado a cabo un cambio en los modelos de negocio para obtener más beneficios. Estas son algunas de las características interesantes que aporta la computación en la nube:

- *Sin inversión inicial:* La computación en la nube usa un modelo de pago por uso. Un proveedor de servicio no necesita invertir en la implantación de una infraestructura para empezar a obtener beneficios de la computación en la nube, es decir, no debe preocuparse de desplegar un hardware y un software que le de soporte. Simplemente reserva recursos de la nube acorde a sus propias necesidades y paga por usarlos.
- *Bajo coste de operación:* Los recursos computacionales en el entorno de la nube pueden ser rápidamente asignados y desasignados bajo demanda. Por tanto, un proveedor de servicios ya no necesita tener recursos ociosos esperando la llegada de cargas de trabajo. Ahora un proveedor, en el caso de la llegada de un gran volumen de trabajo, puede solicitar recursos a otros proveedores por medio de servicios y poder así satisfacer a sus clientes.

- *Altamente escalable*: Los proveedores de infraestructura juntan gran cantidad de recursos en el centro de procesamiento de datos, lugar donde se concentran los recursos para el procesamiento de la información (cluster, sistemas de almacenamiento, refrigeración, etc.), y hacen estos recursos muy accesibles. De esta manera, un proveedor de servicios puede expandir sus servicios rápidamente cuando estos tienen una gran demanda sin tener que preocuparse de elementos relacionados con la infraestructura. Este concepto es a veces nombrado oleada de computación [Fox et al., 2009].
- *Fácil acceso*: Los servicios localizados en la nube son generalmente basados en web. Por lo tanto, son fácilmente accesibles a través de gran variedad de dispositivos con conexión a Internet. Estos dispositivos no sólo incluyen PCs y portátiles, sino también smart phones y PDAs.
- *Reducción de riesgos económicos y mantenimiento*: Instalando la infraestructura en la nube, un proveedor de servicios cambia sus riesgos de negocio (tales como fallos en el hardware) al proveedor de infraestructura que le da soporte. Los proveedores de infraestructura tienen más habilidades y están mejor equipados para gestionar estos riesgos. Además, un proveedor de servicios reduce así el mantenimiento de hardware y el coste de formación de personal.

En el estudio realizado en [Vaquero et al., 2008], destacan sobre todo cómo la computación en la nube se asocia con un nuevo concepto para proporcionar infraestructura de computación que pueda ser ofrecida a través de la red. Por tanto, este concepto cambia la localización de la infraestructura con el objetivo de disminuir el coste asociado con la gestión de recursos hardware y software [Hayes, 2008]. Podemos destacar también que la computación en la nube se centra en las tecnologías de la información y la comunicación, gracias a la aparición de un conjunto de servicios agrupados por niveles, y que son proporcionados todos ellos a través de Internet. Otro elemento a destacar del modelo de computación en la nube es que gran parte de la tecnología se reaprovecha, como es la virtualización, el *grid computing*, SOA, Web 2.0, etc. además de las nociones de acceso transparente a recursos a través de pago por uso, donde se debe confiar en la infraestructura gestionada por terceras partes. La computación en la nube además, es especial por otras muchas cualidades que veremos a lo largo de este trabajo. Uno de los inconvenientes que se le puede detectar al concepto de computación en la nube es que realizar un compendio de tantas tecnologías, ha producido que la computación en la nube genere un panorama de confusión general, al no quedar claro qué elementos tecnológicos constituyen este modelo de computación [Hwang, 2008] [Hayes, 2008].

En el presente trabajo se realiza un estudio de la literatura en “Cloud Computing” (Computación en la Nube) el cual pretende identificar y unificar definiciones, ámbitos de aplicación, tecnologías más frecuentes, y características que los unen. Además, el estudio se ha realizado como interés en el Grupo de Investigación de Informática Aplicada de la Universidad de Almería para aplicar la Computación en la Nube como medio para resolver una metodología para el despliegue de interfaces de usuario basadas en componentes y en tiempo de ejecución. Por tanto, el estudio realizado se ha centrado especialmente en la indagación de bibliografía que en cierta medida usa la Nube como medio para el despliegue de alguna infraestructura. En lo que resta del artículo, para simplificar, usaremos indistintamente el término **Nube** o “Computación en la Nube” para referirnos al segundo.

El trabajo queda estructurado de la siguiente forma. En la Sección 2 se han tratado las definiciones de la nube para dejar claro el marco en el que se mueve este modelo de computación. A continuación vamos a tratar en la Sección 3 las cualidades de la computación en la nube, centrándonos en sus arquitecturas desde el punto de vista de negocio, de su descomposición en capas tecnológicas y los tipos que nos podemos encontrar. Además, en esta sección también veremos las características que hacen especial a este modelo de computación, finalizando la sección con un apartado en el que se tratan las tecnologías que se pueden encontrar para desplegar una nube. En la Sección 4 se hace un estudio sobre los dominios en los cuales se está explotando el modelo de computación en la nube, pudiéndose observar claramente dos grandes campos, como son las aplicaciones científicas y el negocio, y las aplicaciones consumidor. Para finalizar, en la Sección 5 se presentan algunas consideraciones finales como conclusiones del estudio realizado.

2. DEFINICIONES DE LA NUBE

En esta sección pretendemos definir claramente qué se entiende por el concepto de computación en la nube. Tal y como se comenta en [Zhang et al., 2010], la idea principal de la computación en la nube no es algo novedoso. John McCarthy en 1960 ya dijo que los recursos computacionales serían proporcionados para ser publicados como una utilidad [Parkhill, 1966]. El término *nube* ha sido también usado en varios contextos como para describir grandes redes ATM en 1990. Sin embargo cuando Eric Schmidt, siendo CEO de Google en el año 2006, usó el término para describir un modelo de negocio que proporciona servicios a través de Internet. Fue entonces cuando el término empezó a ganar popularidad. Desde entonces, el término de computación en la nube ha sido usado principalmente como un término de marketing en una variedad de contextos para representar muchas ideas diferentes. Concretamente, la falta de una definición

estándar de computación en la nube ha generado no sólo un término de moda, sino también mucho escepticismo y confusión. Por esta razón, ha habido trabajos para estandarizar la definición de computación en la nube. Un ejemplo de estos trabajos se puede observar en [Vaquero et al., 2008], donde además se habla sobre ciertos aspectos de la tecnología basándose en [Hwang, 2008] [McFredries, 2008] [Bégin et al., 2008] [Buyya et al., 2008]. En [Vaquero et al., 2008] se reúnen más de 20 definiciones (ver Tabla 1) diferentes realizadas por expertos con el objetivo de obtener un denominador común y obtener una definición estándar. Por ejemplo, Mark Klems menciona que la *escalabilidad inmediata* y la *optimización de uso de recursos* son elementos claves para la nube. Otros autores no están de acuerdo con que estos requerimientos sean suficientes para que una infraestructura sea considerada como nube. Algunos autores se centran en un *modelo de negocio* (colaboraciones y pago por uso) y la reducción en gastos de capital (Jeff Kaplan y Reuven Cohen). Otro objetivo principal para la nube es aportar facilidades a los usuarios a la hora de usar recursos. Buyya en [Buyya et al., 2008] añadió que la corriente de búsqueda comercial es necesaria para fortalecer el role de Acuerdos por Nivel de Servicio (Service-Level Agreements, SLAs) entre el proveedor de servicio y los consumidores del servicio. Crean que los SLAs deberían ser también establecidos entre el proveedor de servicio y el proveedor de infraestructura para proporcionar certificados de garantía de Calidad de Servicio (Quality of Service, QoS). Muy recientemente, McFredries [McFredries, 2008] describió el centro de procesamiento de datos de la nube como una unidad básica de la nube que ofrece una cantidad enorme de almacenamiento y poder computacional usando recursos de repuesto. Esta definición se relaciona con el concepto de *escalabilidad de datos masivos* propuesto por Hand [Hand, 2007].

Por otra parte, la nube ha sido definida como la *virtualización de hardware y software* previa a la monitorización y provisión de tecnologías (véase Douglas Gourlay y Kirill Sheynkman en [Geelan, 2008]). Otros expertos (véase las definiciones de Reuven Cohen, Praising Gaw, Dawon Edwards, Ben Kepes en [Geelan, 2008]) no insisten en las cualidades de la nube, pero más bien creen que la computación en la nube es un “término de moda” que abarca una amplia variedad de aspectos tales como despliegue, balanceo de carga, almacenamiento de datos y procesamiento externo. En la Tabla 1 podemos ver algunas de las definiciones que han sido recopiladas en [Vaquero et al., 2008].

Continuando con definiciones sobre la computación en la nube, en [Vaquero et al., 2008] hacen una propuesta de definición donde tienen en cuenta a la hora de su elaboración diferentes definiciones desarrolladas por autores importantes. Teniendo en cuenta que el concepto de computación en la nube cambia, dicen que hoy en día se concibe como: “*La nube es un gran conjunto de recursos fácilmente utilizables y*

virtualizados (tales como hardware, plataformas de desarrollo o servicios). Estos recursos pueden ser dinámicamente reconfigurados para ajustarse a una carga variable, permitido también una optimización de la utilización de los recursos. Este conjunto de recursos es normalmente explotado por un modelo de pago por uso, el cual se ofrece de forma segura a través de un proveedor de infraestructura de clientes SLAs”. El amplio término de la computación en la nube es resumido en [Mell and Grance, 2011] de la siguiente manera: “*La computación en la nube es un modelo para habilitar convenientemente, el acceso a redes que contienen un conjunto de recursos configurables que pueden ser rápidamente proporcionados y lanzados con el mínimo esfuerzo de gestión.*” Además, el Instituto Internacional de Estándares y Tecnologías (The National Institute of Standards and Technology, NIST) ha aportado una definición [Mell and Grance, 2011] que dice lo siguiente: “*la computación en la nube es un modelo para proporcionar comodidad, que permite dar acceso a redes que contienen un conjunto de recursos computacionales configurables (e.g., redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios)*”.

Por tanto, haciendo un resumen del conjunto de definiciones tratadas anteriormente podemos decir que “*la computación en la nube es un modelo computacional que reúne un conjunto de tecnologías Web, muchas de las cuales ya existentes, cuyo objetivo es facilitar el uso de recursos en la red y además poder ser ofrecidos bajo pago por demanda en función de las necesidades de los usuarios finales*”. La razón por la cual existen tantas percepciones diferentes de la computación en la nube y lo hace confuso es porque este modelo computacional reúne gran cantidad de recursos técnicos para definir un modelo que permita gestionar negocios tecnológicos de una forma diferente.

3. CUALIDADES DE LA NUBE

Esta sección describe las cualidades del modelo de computación en la Nube. Para ello, existe un apartado dedicado a describir la arquitectura por la cual se define la computación en la nube desde diferentes perspectivas, otro para hablar de las características que hacen especial y único a este modelo de computación, terminando con un apartado que recopila una serie de tecnologías que hacen posible el despliegue de una nube.

3.1. Arquitectura de Nube

Ahora vamos a profundizar en el modelo computacional de la nube tal y como se ve en [Zhang et al., 2010]. Para ello, se va a llevar a cabo un estudio de la arquitectura de computación en la nube vista desde un modelo basado en capas, desde un modelo basado en negocio, y en función del tipo de nube que se puede crear.

CUADRO 1. Definiciones de *NUBE*

Autor/Referencia	Año	Definición-Extracto
M. Klems [Geelan, 2008]	2008	...a través de la computación en la nube puedes escalar tu infraestructura en minutos e incluso segundos, en lugar de días o semanas, así evitas obtener servidores ociosos y sobrecargas en los recursos locales...
R. Buyya [Geelan, 2008]	2008	Una nube es un tipo de sistema paralelo y distribuido que consiste en una colección de interconexión y computadoras virtualizadas que están ofertadas dinámicamente como uno o más recursos computacionales unificados, que han sido distribuidos en niveles de servicios con acuerdos establecidos a través de negociaciones entre proveedores de servicios y consumidores.
R. Cohen [Geelan, 2008]	2008	La computación en la nube es una de esas palabras de moda que intentan abarcar una variedad de aspectos que van desde despliegue, balanceo de carga, aprovisionamiento, modelos de negocio y arquitecturas (como Web 2.0). Es el siguiente paso lógico en el software (software 10.0). Para mí la definición más simple de computación en la nube se describe como <i>software centrado en... Internet...</i>
J. Kaplan [Geelan, 2008]	2008	Un conjunto amplio de servicios basados en web tenían como objetivo permitir a los usuarios obtener un amplio rango de utilidades funcionales en base a un <i>pago por uso</i> que previamente requería tremendas inversiones de hardware/software y la adquisición de habilidades profesionales. La computación en la nube es la idea original de usar procesamiento sin técnicas complejas o sin preocuparse de desplegar compilaciones...
D. Gourlay [Geelan, 2008]	2008	...es el siguiente término de moda... lo definiría como la opción de construir modelos software que habilitan virtualización.
D. Edwards [Geelan, 2008]	2008	La computación en la nube que permite aprovechar la infraestructura web a gran escala en función de la demanda...
B. de Haff [Geelan, 2008]	2008	Hay realmente solo 3 tipos de servicios en los que se basa la nube: SaaS, PaaS, e infraestructuras de computación en la nube.
B. Kepes [Geelan, 2008]	2008	La computación en la nube es simplemente el cambio de paradigma de infraestructura que habilita la posibilidad de hacer uso del SaaS... Es un amplio repertorio de servicios basados en Web cuyo objetivo es permitir a los usuarios obtener un rango amplio de cualidades funcionales en base a un <i>pago por uso</i> que previamente requiere tremendas inversiones de hardware/software y habilidades profesionales para obtenerlo.
K. Sheynkman [Geelan, 2008]	2008	La nube se centra en hacer accesible la capa de hardware para la computación demandada y las necesidades de almacenamiento. Este es un primer paso importante, pero para compañías que manejan el potencial de la nube, la completa infraestructura de aplicación necesita ser fácilmente configurable, desplegable, escalable dinámicamente y gestionada en este entorno hardware de virtualización.
O. Sultan [Geelan, 2008]	2008	En un entorno Data Center 3.0 completamente implementado, se puede decidir que una app se ejecute corra localmente, o en un centro de datos y se puede cambiar la perspectiva rápidamente en el caso de tener una limitación de recursos en el centro de datos. De hecho, con automatización, muchas de estas decisiones pueden ser hechas a través de triggers en tiempo real.
J. Pritzker [Geelan, 2008]	2008	La nube son grandes aglomeraciones de recursos con una localización determinada a partir de la cual se demandan recursos que son virtualizados y valorados como utilidades.
T. Doerksen [Geelan, 2008]	2008	La computación en la nube es la versión amigable para los usuarios del <i>Grid computing</i> .
T. von Eicken [Geelan, 2008]	2008	Localización externa de la computación a través de <i>pago por uso</i> , en demanda, en cualquier lugar de Internet, etc.
T. Sheedan [Geelan, 2008]	2008	<i>Paradigma Nube</i> ayuda a diferenciar las diferentes ofertas de las que dispone la Nube. Estructurada en: SaaS, PaaS, y IaaS.
A. Ricadela [Geelan, 2008]	2008	Los proyectos de computación en la nube son más poderosos y a prueba de fallos que los sistemas <i>Grid Computing</i> recientemente desarrollados.
B. Martin [Geelan, 2008]	2008	La computación en la nube incorpora algunos servicios base de suscripciones o <i>pago por uso</i> que, en tiempo real sobre Internet, extienden de utilidades existentes de la TI.
G. Gruman [Geelan, 2008]	2008	La nube es todo lo relacionado con: SaaS... computación útil... Servicios Web... PaaS... integración en Internet... plataformas comerciales...
P. McFedries [Geelan, 2008]	2008	La computación en la nube, en la cual residen nuestros datos pero nunca sabemos donde reside el software, podemos acceder a ella a través PCs y dispositivos relacionados con la nube, tales como smart phones, PDAs...

3.1.1. Modelo de capas de la Nube

Desde el punto de vista del modelo de capas, la arquitectura del entorno de computación en la nube se puede dividir en 4 capas: la capa hardware/centro de datos, la capa de infraestructura, la capa de plataforma y la capa de aplicación, como muestra la Figura 1.

La Capa hardware es la responsable de gestionar los recursos físicos de la nube, incluyendo servidores físicos, routers, switches, energía y sistemas de refrigeración. En la práctica, la capa hardware se implementa en el centro de procesamiento de datos, lugar donde se concentran los recursos para el procesamiento de la información. Un centro de procesamiento de datos contiene normalmente

miles de servidores organizados. Los problemas típicos en la capa hardware incluye configuración hardware, tolerancia a fallos, gestión del tráfico, gestión de energía y refrigeración.

La Capa de infraestructura, también conocida como capa de virtualización. Esta capa se encarga de crear un conjunto de recursos de almacenamiento y computación para dividir los recursos físicos. Para ello, se usan recursos de virtualización tales como Xen¹ y KVM². La capa de infraestructura es un componente esencial de la

¹<http://www.xensource.com>

²<http://www.linux-kvm.org/page/MainPage>

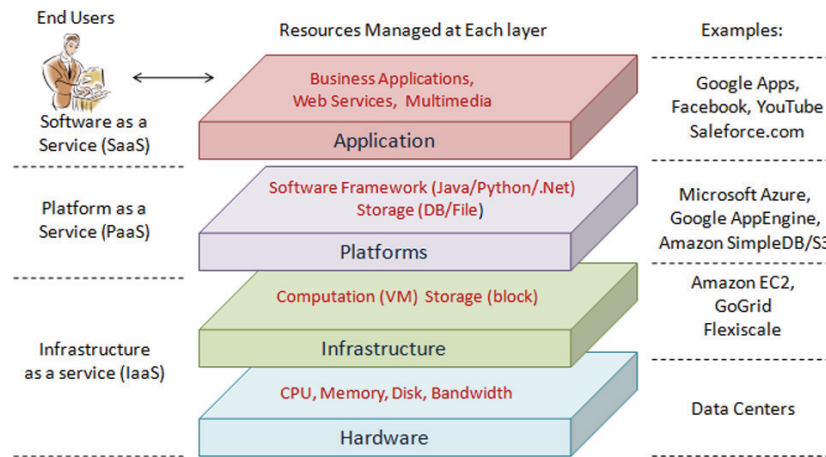


FIGURA 1. Arquitectura de la computación en la nube [Zhang et al., 2010].

computación en la nube, por muchas razones, entre las que se encuentra la asignación de recursos dinámicos, que están solo disponibles a través de tecnologías de virtualización.

Por encima de la capa de infraestructura, está la *Capa de plataforma* formada por sistemas de operación y *framework* de aplicación. El propósito de la capa de plataforma es minimizar la carga para desplegar las aplicaciones directamente en máquinas virtuales. Por ejemplo, Google App Engine opera en la capa de plataforma para dar soporte a través de una API para desplegar almacenamiento, base de datos y lógica de negocio de aplicaciones web típicas.

Por último, la *Capa de aplicación* es el nivel más alto de la jerarquía. Está formada por aplicaciones desplegadas en la nube. A diferencia de las aplicaciones tradicionales, las aplicaciones en la nube se caracterizan por tener un alto nivel de escalabilidad en el desarrollo, una alta disponibilidad y un bajo coste de operación.

Comparado a entornos de almacenamiento de servicios tradicionales tales como granjas de servidores, la arquitectura de la computación en la nube es más modular. Cada capa está acoplada con la de abajo y la de arriba, permitiendo a cada capa evolucionar de forma independiente. Es similar al diseño del modelo OSI para protocolos de red. El modelo arquitectónico permite a la computación en la nube soportar un amplio rango de aplicaciones mientras reduce la sobrecarga.

3.1.2. Modelo de negocio

Tal y como se comenta en [Zhang et al., 2010], la computación en la nube también se puede ver desde un modelo de negocio orientado a servicios. En otras palabras, recursos que se proporcionan como servicios tratados bajo demanda. Conceptualmente, cada capa de la arquitectura descrita en la sección anterior puede ser implementada como un servicio para ser puesta a disposición de otra capa que desee utilizarla. Cada capa puede ser percibida como un cliente que hace uso de los recursos de otra capa, o como proveedor que oferta los

recursos de su capa para que sean usados. De esta forma, los servicios de la nube ofrecidos pueden agruparse en tres categorías: software como un servicio (SaaS), plataforma como un servicio (PaaS), e infraestructura como un servicio (IaaS). En [Vaquero et al., 2008] realizan un breve resumen muy interesante de cada capa en el cual nos hemos basado.

- *Infraestructura como un Servicio (IaaS)*: Los proveedores de infraestructura gestionan un gran conjunto de recursos computacionales que van desde el procesamiento al almacenamiento. A través de este nivel, se puede crear una virtualización donde los proveedores de infraestructura pueden dividir, asignar y redimensionar dinámicamente estos recursos para construir sistemas *ad-hoc* bajo demanda que sean ofertados a los usuarios. Algunos ejemplos de proveedores de IaaS son Amazon EC2³, GoGrid⁴ y Flexiscale⁵.
- *Plataforma como un Servicio (PaaS)*: En la computación en la nube se puede ofrecer un nivel de abstracción adicional situado por encima de la infraestructura. Este nivel, proporciona una plataforma software virtualizada donde se ejecutan los sistemas software. Además el nivel de plataforma, permite que la ejecución de los servicios se haga de manera transparente sin que los usuarios se percaten. Algunos ejemplos de proveedores de PaaS son Google App Engine⁶, Microsoft Windows Azure⁷ y Force.com⁸.
- *Software como un Servicio (SaaS)*: Por último, esta es el nivel del software como un servicio. Este nivel es el encargado de desplegar los servicios web y de ofertarlos a los usuarios finales. A través de los servicios desplegados en este nivel, se pueden

³<http://aws.amazon.com/>

⁴<http://www.gogrid.com/>

⁵<http://www.flexiscale.com/>

⁶<http://code.google.com/appengine>

⁷<http://www.salesforce.com/platform/>

⁸<http://www.windowsazure.com>

ejecutar aplicaciones *online* ofreciendo así una alternativa a la ejecución local de aplicaciones. Como ejemplos de proveedores de SaaS tenemos Salesforce.com⁹, Rackspace¹⁰ y SAP Business ByDesign¹¹.

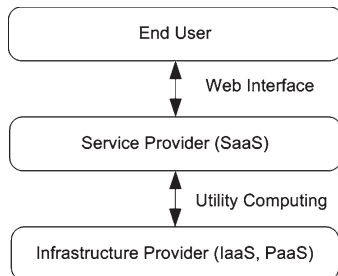


FIGURA 2. Modelo de negocio de la computación en la nube [Zhang et al., 2010].

El modelo de negocio de la computación en la nube se puede ver representado en la Figura 2. Según el modelo de negocio de la computación en la nube, es completamente posible que un proveedor de PaaS ejecute su plataforma en un proveedor de IaaS. Sin embargo, los proveedores de IaaS y PaaS suelen ser parte de la misma organización (e.g., Google y Salesforce). Esto es por lo que PaaS y IaaS se llaman a menudo *proveedores de infraestructura* y *proveedores de nube* [Fox et al., 2009].

3.1.3. Tipos de nubes

En función del tipo de acceso a una nube se puede realizar una clasificación del modelo de computación. Esta clasificación se puede ver, detallada en [Zhang et al., 2010]. Ellos comentan como algunos proveedores de servicios están mayoritariamente interesados en operaciones de bajo coste, mientras que otros pueden estar interesados en alta rentabilidad y seguridad. Para potenciar una cualidad u otra el tipo de acceso a la nube debe de ser diferente. A continuación se va a ver esta clasificación en función del tipo de acceso:

- *Nubes públicas:* Es una nube en la cual los proveedores de servicios ofrecen recursos al público en general a través de servicios. Las nubes públicas ofrecen varios beneficios clave para los proveedores de servicios, incluyendo no necesitar invertir inicialmente capital. Sin embargo, las nubes públicas carecen de control sobre los datos, no llevan a cabo un control de las redes ni de la configuración de seguridad, lo que las hace poco eficientes en muchos escenarios de negocio.
- *Nubes privadas:* También conocidas como nubes internas, se diseñan para ser usadas a través de una organización simple. Una nube privada puede

ser construida y gestionada por la organización o por el proveedor externo. Ofrecen un alto grado de control sobre el desarrollo, confiabilidad y seguridad. Son a menudo criticadas por ser similares a los tradicionales propietarios de cluster de servidores y no proporcionar beneficios por adelantado.

- *Nubes híbridas:* Son una combinación de modelos de nubes públicas y privadas que intentan resolver las limitaciones de cada propuesta. En una nube híbrida, parte de la infraestructura de servicios se ejecuta en la nube privada mientras la parte restante se ejecuta en la parte pública. Las nubes híbridas ofrecen más flexibilidad que las nubes públicas y privadas. Especialmente, proporcionan un estricto control de seguridad si las comparamos con las nubes públicas, además de facilitar su crecimiento y decrecimiento. El inconveniente, se encuentra a la hora de diseñar una nube híbrida ya que requiere tener mucho cuidado cuando se van a dividir los componentes que se van a localizar en la parte pública y privada.
- *Nubes privadas virtuales:* es esencialmente una plataforma virtual que se ejecuta por encima de las nubes públicas. La principal diferencia que presenta es que la tecnología de cada una de las capas permite a los proveedores de red diseñar su propia topología y configuración de seguridad como pueden ser las reglas del *fireware*.

Dependiendo del escenario de negocio que se quiere desplegar, se debe de seleccionar un modelo de nube u otro. Por ejemplo, las aplicaciones científicas que hacen uso de computación intensiva están mejor desplegadas en nubes públicas para obtener costes computacionales más bajos. Actualmente, podemos conocer qué tipos de nubes están más extendidas que otras. Además, se predijo que las nubes híbridas serán el tipo de nube que dominará las organizaciones¹². Sin embargo, las nubes privadas han comenzado a ganar más popularidad desde su nacimiento en 2009.

3.2. Computación Nube: Características

Es interesante saber por qué puede ser útil hacer uso del modelo de computación en la nube y qué ventajas aporta con respecto a otros modelos de computación. Para ello, habría que conocer aquellos elementos que hacen el modelo de computación en la nube especial con respecto a otros modelos de computación. En [Zhang et al., 2010] hacen un desglose de las características que definen la computación en la nube. Veamos esas características a continuación:

- *Multi-tendencia:* Las cuestiones de desarrollo y gestión de los servicios que oferta la nube se comparten entre los proveedores de servicios y los

⁹<http://www.salesforce.com/>

¹⁰<http://www.rackspace.com/>

¹¹<http://www.sap.com>

¹²<http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud-computing>

proveedores de infraestructura. La arquitectura de capas de la computación en la nube proporciona una división de responsabilidades: los propietarios de cada capa sólo necesitan centrarse en cumplir los objetivos de esa capa. Sin embargo, la multi-tendencia también introduce dificultades a la hora de comprender y gestionar la interacción entre varias de las partes interesadas.

- **Conjunto de recursos compartido:** Los proveedores de infraestructura ofrecen un conjunto de recursos computacionales que puede ser dinámicamente asignados a múltiples consumidores de recursos. La capacidad de asignar recursos dinámicamente proporciona mucha flexibilidad a los proveedores de infraestructura para gestionar su propio uso de recursos y costes de operación. Un proveedor de IaaS también puede migrar hacia Máquinas Virtuales para alcanzar un alto grado de solidez en el servidor, consiguiendo así maximizar la utilización de los recursos y reducir al mínimo el gasto de energía y refrigeración.
- **Geo-distribución y acceso a redes ubicuas:** La nube está generalmente accesible a través de Internet como un servicio liberado en la red. Por tanto, cualquier dispositivo con conexión a Internet, pudiendo ser un teléfono móvil, una PDA o un portátil, puede acceder a servicios de la nube. Además, para lograr un alto desarrollo de red, muchas de las nubes de hoy en día están formadas por centros de procesamiento de datos localizados alrededor del mundo entero. Un proveedor de servicio puede fácilmente potenciar la geo-diversidad para lograr maximizar la utilidad de los servicios.
- **Orientado a servicios:** La computación en la nube adopta un modelo de operación orientado a servicios. En la nube, cada proveedor de IaaS, PaaS y SaaS ofrece sus servicios acorde al acuerdo negociado con los consumidores.
- **Aprovisionamiento dinámico de recursos:** Una de las características claves de la computación en la nube es que los recursos computacionales pueden ser obtenidos y liberados en el momento. La provisión dinámica de recursos permite a los proveedores de recursos adquirir recursos en función de la cantidad demandada, lo cual disminuye considerablemente los costes de operación.
- **Auto-organización:** Desde que los recursos pueden ser asignados y desasignados, los proveedores de servicios toman el control de la gestión del consumo de recursos en función de sus propias necesidades. Además, la gestión automática de recursos aporta gran agilidad, lo que hace posible que los proveedores de servicios respondan rápidamente a cambios en la demanda de servicios como pueden ser los picos computacionales.
- **Uso basado en precio:** La computación en la nube despliega un modelo de pago por uso. La

programación del precio exacto puede variar de un servicio a otro. Por ejemplo, un proveedor de SaaS puede alquilar una máquina virtual a un proveedor de IaaS por un precio determinado. El uso basado en precio hace más asequible el acceso a los recursos computacionales para los clientes con pocas oportunidades económicas. Sin embargo, esto también introduce complejidades a la hora de controlar los costes de operación. Pero para ello, existen empresas como VKernel¹³ que proporcionan software que ayuda a comprender a los consumidores de la nube, permiten analizarlos y así establecer los costes en el consumo de los recursos.

3.3. Tecnologías de Nube

A continuación, vamos a realizar una enumeración de las diferentes tecnologías que hemos identificado para la elaboración de este estudio. Durante la búsqueda nos hemos centrado en identificar tecnologías que permitan desplegar computación en la nube. Estas tecnologías hacen posible que se cumplan ciertas cualidades de la computación en la nube cuando son desplegadas. Con el objetivo de realizar una mejor clasificación de la arquitectura que abarca cada una de ellas se ha construido la Tabla 2 donde se clasifica cada tecnología por nombre, organización que la desarrolla, modelo de negocio/capa de arquitectura que cubre y el tipo de nube que permite desplegar.

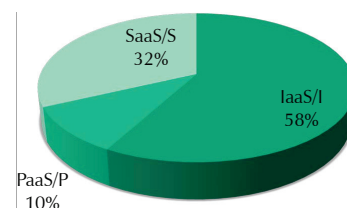


FIGURA 3. Porcentaje de tecnologías ubicadas en cada Modelo de Negocio.

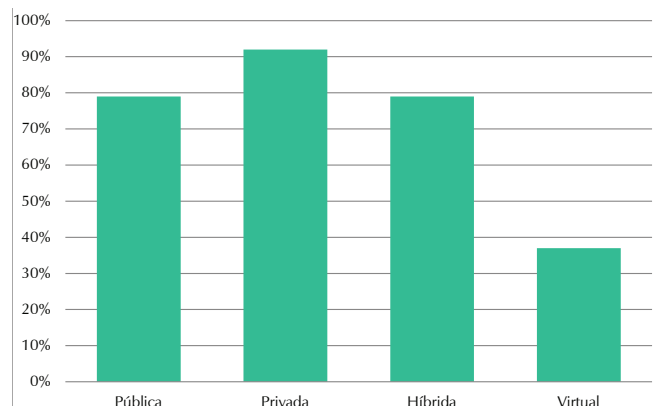


FIGURA 4. Porcentaje de tecnologías que despliegan cada tipo de Nube.

¹³www.vkernel.com/products/EnterpriseChargebackVirtualAppliance

N.º	Nombre	Organización	Modelo/Capa			Tipos de nube			
			IaaS/I	PaaS/P	SaaS/S	Pública	Privada	Híbrida	Virtual
1	Abiquo	www.abiquo.com	✓	×	×	✓	✓	✓	×
2	Aneka	www.manjrasoft.com	×	×	✓	×	✓	✓	✓
3	Basecamp	cloudtaxonomy.opencrowd.com	×	×	✓	×	✓	×	×
4	Bitnami	bitnami.org	×	×	✓	✓	✓	✓	✓
5	CA 3Tera AppLogic	www.ca.com	×	✓	×	✓	✓	✓	×
6	CloudStack	www.cloudstack.com	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
7	Collectd	collectd.org	✓	×	×	×	✓	×	×
8	ControlTier	www.controltier.org	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
9	Dropbox	www.dropbox.com	×	×	✓	×	✓	×	×
10	Convirture ConVirt	www.convirture.com	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
11	Enomaly Elastic Computing	src.enomaly.com	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
12	Eucalyptus	www.eucalyptus.com	✓	×	×	×	×	✓	×
13	Extility Flexiant	www.flexiant.com	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
14	EyeOS	www.eyeos.com	×	×	✓	✓	×	×	×
15	Google App Business	www.google.es	×	×	×	✓	✓	✓	×
16	Google App Engine	appengine.google.com	×	✓	×	✓	✓	✓	×
17	Google BigQuery	developers.google.com	×	×	✓	×	✓	×	×
18	Google Docs	www.google.com	×	×	✓	✓	×	×	×
19	Hadoop	hadoop.apache.org	×	×	✓	✓	✓	✓	✓
20	HP CloudSystem	www8.hp.com	✓	×	×	✓	✓	✓	×
21	IBM CloudBurst	www-01.ibm.com	✓	×	×	✓	✓	✓	×
22	IBM Cognos	www-03.ibm.com	×	×	×	✓	✓	✓	✓
23	iCloud	www.icloud.com	×	×	×	×	✓	×	×
24	Incontinuum CloudController	www.incontinuum.com	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
25	Microsoft Business Productivity	www.microsoft.com	×	×	✓	✓	✓	✓	×
26	Microsoft Windows Azure	www.windowsazure.com	×	✓	×	✓	✓	✓	×
27	Nimbula Director	nimbula.com	✓	×	×	×	✓	✓	×
28	OnApp	onapp.com	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
29	OpenNebula	opennebula.org	×	✓	×	✓	✓	✓	✓
30	OpenQRM	www.openqrm.com	✓	×	×	✓	✓	✓	×
31	OpenStack	www.openstack.org	✓	×	×	✓	✓	✓	×
32	Opscode Chef	www.getchef.com	✓	×	×	✓	✓	✓	×
33	Parallels Automation Cloud Inf.	www.parallels.com	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
34	Puppet	reductivelabs.com	✓	×	×	✓	✓	✓	×
35	StackOps	www.stackops.com	✓	×	×	✓	✓	✓	×
36	VMware vCloud	www.vmware.com	✓	×	×	×	✓	×	×
37	Xen	www.xen.org	✓	×	×	✓	✓	✓	×
38	Zenoss	community.zenoss.org	✓	×	×	✓	✓	✓	✓
			22	4	12	30	35	30	14

CUADRO 2. Tecnologías de la NUBE.

Según los datos que se pueden observar en la Figura 3, el 58% de las tecnologías localizadas para este estudio se centran en la posibilidad de desplegar una Infraestructura para ofrecerla como un servicio a los usuarios finales. El 32% ofrecen Software como servicios, como por ejemplo es el caso de *Dropbox* que despliegan un software para crear tu propia nube en la cual puedes tener localizados y accesibles tus ficheros desde cualquier dispositivo. El 10% restante, permite ofrecer la Plataforma como un servicio en el caso de querer desplegar por encima alguna aplicación bajo este modelo de computación. De estos resultados podemos concluir que la mayoría de la tecnología ofrecida se centra en el despliegue de Infraestructura, para posteriormente poder ser ofrecida. Con respecto al tipo de nube que podemos crear con las tecnologías tratadas tal y como se ve en la Figura 4, el 79% permiten crear nubes públicas e híbridas. De lo que podemos concluir que siempre y cuando una tecnología ofrezca la creación de una nube pública probablemente lo hará también a una privada, pudiendo así desplegar una nube híbrida. El 92% de las tecnologías despliegan nubes privadas para un uso personal o empresarial. Por último, el 37% permiten desplegar nubes privadas virtuales, cifra que se puede interpretar como resultado de que es más complejo localizar tecnologías dedicadas al despliegue de nubes privadas virtuales.

4. DOMINIOS DE APLICACIÓN

Se pretenden identificar dominios de aplicación que hacen uso de la computación en la nube porque se quiere observar en qué ámbitos se hace uso de este modelo de computación. El propósito de esta búsqueda es ver si se ha aplicado el modelo de computación en la nube para resolver problemas relacionados con las interfaces de usuario. En [Buyya et al., 2013] se hace un estudio acerca de los dominios de aplicación que hacen uso de la computación en la nube. Para algunos casos estudio de ese trabajo también tratan su arquitectura y cómo dichos casos estudio han impulsado este modelo de computación. Son aplicaciones que se mueven en un rango de dominio, que van desde la ciencia y la ingeniería, a juegos y redes sociales. Este conjunto de aplicaciones las hemos agrupado de la siguiente manera, se han creado dos grandes bloques llamados *Aplicaciones científicas* y *Negocio y aplicaciones consumidor*. Dentro de las aplicaciones científicas hemos creado otros grupos que son la *Salud*, la *Biología*, la *Geociencia*, la *Educación* y la *Interacción hombre máquina*. En el apartado del negocio y las aplicaciones consumidor tenemos el *CRM* y *ERP*, aplicaciones relacionadas con la *productividad*, las *Redes sociales*, las *aplicaciones multimedia*, los *juegos online multijugador* y la *Inteligencia de negocio*. Al final del documento, la Tabla 3 muestra un resumen de los dominios de aplicación que se describen a continuación.

4.1. Aplicaciones científicas

Las aplicaciones científicas es un sector en el cuál se está incrementando el uso de sistemas y tecnologías de la nube. Algunos de los beneficios que aporta la computación en la nube se ve reflejado en la ayuda que aporta a los proyectos de investigación. Hacen posible que los proyectos tengan acceso a recursos de computación y almacenamiento a precios asequibles. Los sistemas de computación en la nube encuentran diferentes necesidades que cubrir dependiendo del dominio científico. Dentro de estas necesidades se encuentra la computación de alto rendimiento y las aplicaciones de gestión masiva de datos. La oportunidad para usar recursos desplegados en la nube está actualmente al alcance de casi todos ya que tan solo hay que realizar cambios mínimos para que aplicaciones ya existentes se pueden relanzar a través de recursos de la nube.

En base a la descripción de la arquitectura de la computación en la nube desde el punto de vista del modelo de capas, para las aplicaciones científicas la más interesante la IaaS. Esta capa ofrece un entorno óptimo para ejecutar aplicaciones bajo demanda y flujos de trabajo (*workflows*). En esta capa, las máquinas virtuales se personalizan para dar soporte al software que van a ejecutar estas aplicaciones y para que la comunicación entre las máquinas distribuidas se pueda llevar a cabo dentro de la infraestructura. Las soluciones PaaS también han sido muy valoradas en este dominio. Ellas permiten a los científicos explorar nuevos modelos de programación para abordar grandes problemas computacionales. A este nivel, el *framework* MapReduce ha proporcionado a los científicos una forma simple y efectiva de construir aplicaciones que necesitan procesar grandes cantidades de datos. Para aquellos problemas que necesitan resolverse con un mayor grado de flexibilidad, se puede hacer uso de plataformas tales como Aneka, que soporta MapReduce y además de otros modelos de computación. A continuación, vamos a ver con detalle los dominios de aplicación que podemos localizar dentro de las aplicaciones científicas en las que se ha usado la computación en la nube.

4.1.1. Científicas: Salud

En [Buyya et al., 2013] reflexionan a cerca de cómo de importante es la tecnología de la nube para permitir a los médicos realizar diagnósticos más efectivos. Concretamente, discuten sobre los electrocardiogramas (electrocardiogram, ECG) y análisis de datos en el nube [Pandey et al., 2012]. La capacidad de tener acceso desde cualquier lugar a Internet y a través de cualquier dispositivo hace a la nube una opción atractiva para desarrollar sistemas de seguimiento de salud.

El análisis de ECG es un caso estudio que encaja en la naturaleza de este escenario. El ECG es una prueba electrónica que permite representar las contracciones

del corazón. Esta prueba genera una forma de onda representada a lo largo del tiempo que muestra el latido del corazón. El análisis de la forma de onda del ECG se usa para identificar arritmias y es la forma más común de detectar enfermedades de corazón. Las tecnologías de la nube permiten la monitorización remota de datos relacionados con latidos del corazón de pacientes, análisis de datos en un tiempo mínimo, y las notificaciones al personal de primeros auxilios y doctores, los cuales deberían actuar de inmediato ante condiciones peligrosas. De esta forma un paciente en estado de riesgo puede ser constantemente monitorizado sin ir a un hospital para realizarse un análisis de ECG. A la misma vez, los doctores y el personal de primeros auxilios puede ser avisado de manera instantánea de los casos que requieren atención.

En la Figura 5 se muestra una ilustración de la infraestructura y del modelo para soportar monitorización remota de ECG. En dicha figura se observa cómo los dispositivos informáticos portátiles equipados con sensores de ECG están constantemente enviando las pulsaciones de los pacientes. Tal información se transmite a través de los dispositivos móviles de los pacientes, los cuales de manera eventual transmiten datos al Servicio web alojado en la nube. Los Servicios web forman el primer módulo de conexión de la plataforma que esta completamente localizada en la nube, permitiendo aprovechar las tres capas de computación: SaaS, PaaS y IaaS. El Servicio web forma parte de la aplicación SaaS que almacenará datos del ECG en el servicio S3 Amazon y se encarga de emitir una solicitud de procesamiento a la nube. La plataforma en tiempo real ejecuta un número considerable de instancias haciendo uso del *framework* Aneka.

Aunque la monitorización remota ECG no requiere necesariamente tecnologías de la nube, la computación en la nube introduce oportunidades que sin ella serían difícilmente posibles de conseguir. La primera ventaja es la elasticidad de la infraestructura de la nube que produce la posibilidad de crecer y encoger en función de las peticiones atendidas. Como resultado, doctores y hospitales no tienen que investigar en infraestructuras de computación, consiguiendo de esta forma presupuestos más eficientes. La segunda ventaja es la ubicuidad. Las tecnologías de la computación en la nube están ahora más accesibles que nunca ya que desde cualquier dispositivo con conexión a Internet a través de interfaces simples (tales como SOAP y Servicios web basados en REST) se puede acceder a dichas tecnologías. Esto hace a estos sistemas no sólo ubicuos, sino que además estos pueden ser fácilmente integrados con otros sistemas de mantenimiento en las instalaciones del hospital. Finalmente, el ahorro de coste constituye otra razón base para el uso de la tecnología de la nube en la salud. Los Servicios de la nube se basan en el pago en función del uso.

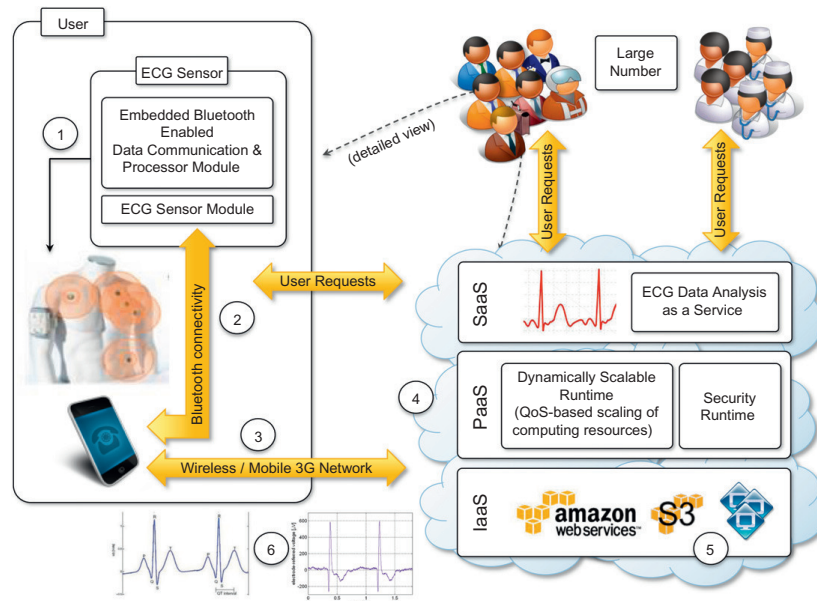


FIGURA 5. Un sistema de monitorización online almacenado en la nube [Buyya et al., 2013].

4.1.2. Científicas: Biología

La biología es otro campo que está haciendo uso de la computación en la nube. Como comentan en [Buyya et al., 2013] las aplicaciones en biología a menudo requieren de grandes recursos computacionales para procesar grandes conjuntos de datos, que producen inmensas operaciones de entrada/salida. La computación en la nube es capaz de ofrecer estos recursos para procesar esa información de una forma más dinámica. Veamos a continuación a qué aplicaciones en biología se ha dado solución.

Predicción de estructuras de proteínas: La predicción de estructuras de proteínas es una tarea computacionalmente intensa que se lleva a cabo en diferentes tipos de investigaciones, además de ser usada también para el diseño de nuevos medicamentos. Las estructuras geométricas de proteínas no pueden ser directamente inferidas desde la secuencia de genes que componen su estructura, pero se puede calcular como resultado de complejas ejecuciones. La potencia computacional tiene como objetivo realizar predicciones sobre la estructura de proteínas, por lo que haciendo uso de los recursos que se ofrecen a través de la computación en la nube se pueden resolver problemas como estos.

Un proyecto que investiga haciendo uso de tecnología en la nube para predecir la estructura de proteínas es [Jin et al., 2009], el cual contiene un portal integrado que permite a los científicos descargar la predicción de estructura de proteínas mediante computación en la nube y Aneka (Figura 6).

Análisis de datos de expresión genética para diagnóstico de cáncer: El perfil de expresión genética es una medición que se calcula a partir de los niveles de

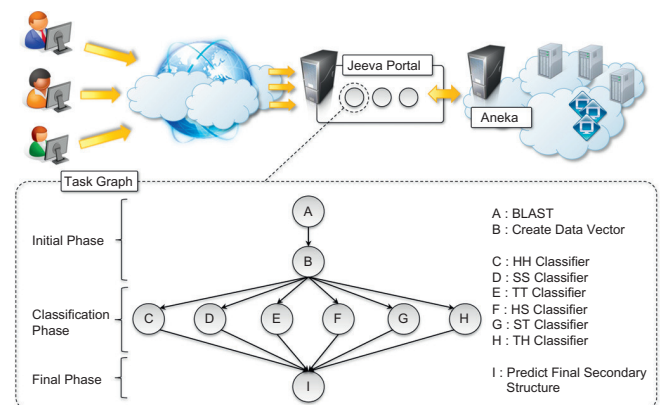


FIGURA 6. Arquitectura y vista global del portal Jeeva [Buyya et al., 2013].

expresión genética de miles de genes. Se usa para entender los procesos genéticos que son generados a través del tratamiento médico a un nivel celular. La predicción de estructura de proteínas, es una actividad fundamental del diseño de medicinas, permite a los científicos identificar los efectos de un tratamiento específico. Otra aplicación importante de los perfiles de expresión genética es el diagnóstico de cáncer y su tratamiento. El cáncer es una enfermedad caracterizada por un gran crecimiento y proliferación celular. Este comportamiento ocurre porque la regulación genética muta el crecimiento celular. En este contexto, los perfiles de expresión genética se usan para clasificar una colección de tumores. La clasificación de muestras a partir de los datos de expresión genética en distintas clases es una tarea muy compleja.

XCS es un algoritmo genético que permite realizar clasificaciones, utilizado para resolver estos problemas

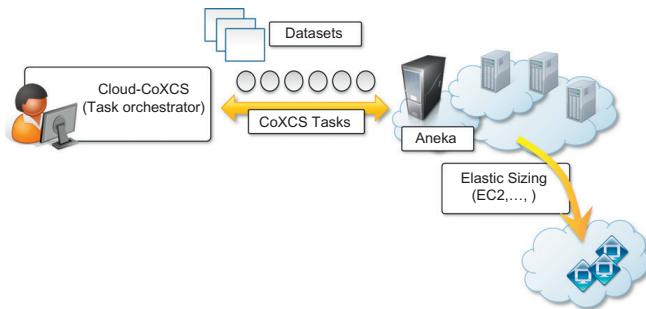


FIGURA 7. Cloud-CoXCS: Un entorno para procesar el algoritmo XCS en la nube [Buyya et al., 2013].

de clasificación. Por la naturaleza dinámica de XCS, el número de recursos computacionales requeridos para ejecutar dicho algoritmo puede variar a lo largo del tiempo. Eso hace que, el uso de la computación en la nube sea interesante para dar soporte a la ejecución de este algoritmo. Se observa en la Figura 7 cómo se ha desplegado una nube para desplegar este procesamiento.

4.1.3. Científicas: Geociencia

La Geociencia es otro campo que se está sirviendo de la computación en la nube. En [Buyya et al., 2013] hablan sobre cómo las aplicaciones de geociencia coleccionan, producen, y analizan cantidades masivas de datos geospaciales y no espaciales. Y cómo debido al progreso de la tecnología y a que nuestro planeta está cada vez más documentado (i.e., debido al despliegue de sensores y satélites para realizar mediciones), el volumen de datos que necesita ser procesado incrementa significativamente. La computación en la nube ayuda a resolver el procesamiento de esta gran cantidad de información. Los sistemas de información geográficos (Geographic information system, GIS) son un elemento fundamental dentro de las aplicaciones geográficas. Estas aplicaciones GIS capturan, almacenan, manipulan, analizan, gestionan y presentan todos los tipos de datos referenciados geográficamente. Además, este tipo de información localizada en los GIS se está utilizando en una amplia variedad de dominios que van desde la seguridad civil hasta la gestión de recursos naturales. Como conclusión, hay una gran cantidad de datos geo-referenciados y relacionados que necesita ser tratada. La computación en la nube es una opción que da soporte a estas tareas y que permite extraer información relevante para tomar decisiones. Veamos a continuación algunos problemas GIS que resuelve la computación.

Procesado de imágenes de satélite: Los satélites remotos generan cientos de gigabytes de imágenes que necesitan ser procesadas para llegar a ser la base de diferentes productos GIS. Este proceso requiere tareas tanto de entrada como de salida de información además de computación intensiva. Los proveedores de computación en la nube proporcionan la infraestructura apropiada para soportar tales escenarios

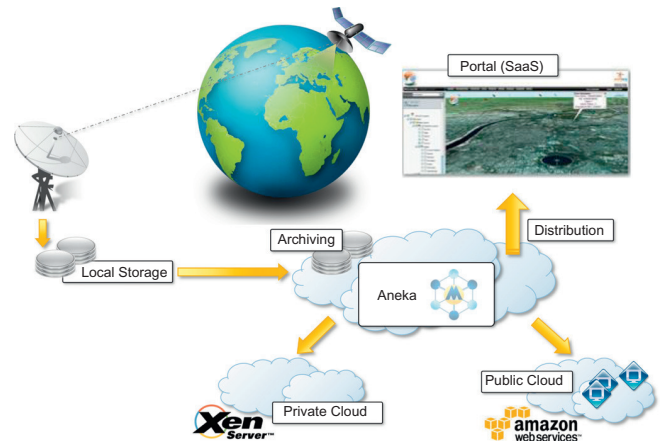


FIGURA 8. Un entorno de nube para procesamiento de datos de satélite [Buyya et al., 2013].

de computación. Una implementación basada en la nube que lleva a cabo estas cargas de trabajo ha sido desplegada por el departamento espacial de la India [Raghavendra et al., 2010]. Este sistema mostrado en la Figura 8 integra varias tecnologías. Por un lado, una aplicación SaaS que proporciona un conjunto de servicios para tales tareas como la generación de codificación geográfica y la visualización de datos. En el nivel PaaS, se integra Aneka que se encarga de controlar los datos en la infraestructura virtualizada y el procesamiento de imágenes procedentes del satélite. Esta plataforma se despliega en una nube privada utilizando la tecnología Xen y Aneka. Con este ejemplo de aplicación, se vuelve a demostrar cómo las tecnologías de la nube son interesantes para resolver problemas relacionados con tareas computacionalmente intensivas.

Swisstopo: La computación en la nube en la administración pública: En [Brian et al., 2008] se habla acerca del *framework* del Gobierno de Suiza, swisstopo, desplegado en el centro de Geo-Información. Este *framework* se encarga de ejecutar la Infraestructura de Datos Espaciales Federales (Federal Spatial Data Infrastructure, FSDI) basándose en la computación en la nube. Esto habilita a FSDI para ser fácilmente y rápidamente escalable en respuesta a grandes cargas de trabajo. Las soluciones de la nube usadas para acceder primero a datos geo-espaciales es una forma de aportar flexibilidad, ofertando servicios orientados a las Tecnologías de la Información.

4.1.4. Educación: Nube comunitaria para ejecutar aplicaciones

La Educación tampoco ha querido olvidarse de este modelo de computación. En [Brian et al., 2008] se detalla cómo la universidad de Bari no es sólo una institución educativa puntera del sur de Italia, sino también un miembro del DAISY-net, un consorcio de universidades públicas y compañías ICT en la región de Puglia. DAISY-net lleva investigando, desarrollando y propor-

cionando tecnología y oportunidades para fomentar el crecimiento económico industrial en la región. Además DAISY-net quiere crear arquitecturas de alta seguridad, escalables y flexibles para aplicaciones desarrolladas y desplegadas con el objetivo de aportar Tecnologías de la Información que den soporte a la comunidad local. La Universidad de Bari decidió ofrecer una nube comunitaria que ofreciera la posibilidad de albergar la infraestructura de las Tecnologías de la Información suficientes como para ejecutar aplicaciones de los usuarios de la zona [Brian et al., 2008].

4.1.5. *Interaction hombre máquina (Human Computer Interaction, HCI)*

Cuando se trabaja con grandes cantidades de información procedentes de diferentes fuentes, que además pueden ser visualizadas en diferentes dispositivos, nos enfrentamos a la tesitura de cómo llevar a cabo la visualización de la información. Para ello existen diversos trabajos y proyectos que se han centrado en trabajar dicha cuestión.

Proyecto Smarcos: El proyecto Smarcos¹⁴ comenzado en 2010 bajo el marco de trabajo de la European Union Artemis, fue designado para encontrar soluciones a problemas de usabilidad. Smarcos estudia la computación en la nube tanto desde el punto de vista de la industria como de los consumidores. En este proyecto se pretende mejorar la inter-usabilidad, por mediación de técnicas de interfaces hombre-máquina para interconectar dispositivos. Concretamente, están interesados en la combinación de dispositivos y de sistemas que albergan aplicaciones que cumplen lo siguiente: (a) Estar embebidas dentro de un dispositivo y que no tienen una IU estándar; (b) Ser ejecutadas en múltiples dispositivos; (c) Ser parte de un servicio; Ser personalizables para los usuarios; (d) Ser adaptativas a su entorno. Para ello se basan en aspectos del diseño de sistemas digitales innovadores.

Cloud3View: Como se comenta en [Yin et al., 2013], la popularidad de la computación en la nube ha hecho que se desplieguen grandes centros de datos de diferentes tamaños. Las operaciones en dichos centros de datos no es sencilla. Ellos proponen y desarrollan un sistema de gestión de centro de datos interactivo, en el cual tratan de reducir la complejidad de la monitorización y control del centro de datos para los sistemas de administración. Concretamente, ellos adoptan el concepto de gamificación¹⁵. Con este trabajo los autores pretenden centralizar la computación a los usuarios partiendo de la gestión de sistemas basados en TI. Para ello, llevan a cabo el desarrollo de interfaces de juegos en 3D, que se basan en réplicas de interfaces tradicionales, para gestionar los

centros de datos. Ellos dividen la integración en tres niveles: Estado de monitorización; en el juego, el administrador puede monitorizar el estado de los tres sub-sistemas en el centro de datos. Los datos pueden ser visualizados mediante un panel. Evaluación del desarrollo; en este juego, el administrador puede evaluar el desarrollo del centro de datos. Sistemas de control; en el juego el administrador puede controlar dinámicamente las operaciones del centro de datos, a través de interacciones HCI y dispositivos móviles.

Adaptación de IU: Es necesario llevar a cabo una adaptación de la información localizada en la nube, a las interfaces de usuario de los dispositivos que la muestran. En [Grønli et al., 2011] trabajan sobre las pantallas de los dispositivos Android para ir un paso más allá y conseguir más flexibilidad en las interfaces de usuario para hacerlas más conscientes de las situaciones e integrarlas con la nube. Los autores obtienen información del entorno, a través de los sensores disponibles por el dispositivo que controlan la luminosidad del ambiente o el estado de la batería y la interacción del usuario, para llevar a cabo procesos de adaptación. Todos estos procesos de recepción de información por parte del entorno e interacción del usuario junto a la adaptación son recopilados en una cuenta asociada al usuario y desplegada en la nube a la cual se accede desde cualquier dispositivo Android para poder realizar las mismas operaciones.

Hacia la inter-usabilidad: En [Le Voi et al., 2011] profundizan en las interacciones de usuario y el diseño de las interfaces de usuario, metáforas y principios actualmente aplicados a dispositivos y servicios que usan la nube. En este estudio pretenden responder a cómo embeber combinaciones de servicios y dispositivos con conceptos de adaptación e inter-conexión de interacción diseñados para ganar usabilidad y mejorar la experiencia de los usuarios. Para ello investigan en *benchmarking* con el objetivo de testear productos existentes y servicios para obtener patrones que puedan ser usados como una base para los desarrolladores de métodos de diseño y herramientas.

4.2. Negocio y aplicaciones consumidor

El otro gran bloque identificado para clasificar los dominios de aplicación donde se ha hecho uso de la computación en la nube es el negocio y las aplicaciones consumidor. Tal y como se comenta en [Buyya et al., 2013] los negocios y el sector consumidor es uno de los campos con más beneficios para la mayoría de las tecnologías de la computación en la nube. Además, en este entorno existe la posibilidad de ofrecer computación a cambio de pago, lo que supone una opción atractiva para todas las empresas que están centradas en las Tecnologías de la Información. También, la nube ofrece la posibilidad de acceder a

¹⁴<http://www.smarcos-project.eu/>

¹⁵<http://en.wikipedia.org/wiki/Gamification>

datos por mediación de servicios web que han sido desplegados para ser accesibles por los usuarios finales. Por otro lado, la naturaleza elástica de las tecnologías de la nube hace que no se requiera de una enorme inversión para comenzar a hacer uso de sus servicios, así como permitir trasladar rápidamente productos y servicios que pueden crecer por demanda. La combinación de todos estos elementos ha hecho que la computación en la nube sea la tecnología preferida para el amplio rango de aplicaciones, que van desde CRM y sistemas ERP hasta aplicaciones relacionadas con la producción y redes sociales. A continuación, vamos a tratar con detalle estos dominios de aplicación.

4.2.1. CRM y ERP

Las aplicaciones de “gestión de relaciones entre clientes” (Customer relationship management, CRM) y las aplicaciones de “planificación de recursos empresariales” (Enterprise resource planning, ERP) es una parte del mercado en el cuál la nube esta obteniendo frutos. Las aplicaciones CRM de la nube constituyen una gran oportunidad para pequeñas empresas y *start-ups* ya que les permite tener software CRM funcionando sin grandes costes de inversión y de pago de licencias. Por otra parte, CRM no es una actividad que requiera necesidades específicas, y puede ser fácilmente migrado a la nube. Tales características, junto con la posibilidad de tener acceso desde el negocio a los centros de datos de clientes desde cualquier lugar y desde cualquier dispositivo, han producido la propagación de las aplicaciones CRM en la nube. Las soluciones ERP en la nube son más novedosas y deben competir con soluciones locales muy instauradas. Las soluciones ERP integran varios aspectos de una empresa: finanzas y contabilidad, recursos humanos, facturación, gestión de proyectos, y CRM. Su objetivo es proporcionar una visión uniforme para el acceso a las operaciones que necesitan ser realizadas con el propósito de mantener una organización compleja. Actualmente las soluciones ERP son menos populares que las soluciones CRM. A continuación se van a tratar aplicaciones CRM y ERP que han hecho uso de la computación en la nube.

Salesforce.com: Es probablemente la solución más popular¹⁶. Se basa en la plataforma de desarrollo de la nube *Force.com*. *Force.com* aporta escalabilidad y ejecuciones de alto rendimiento para todas las operaciones de las aplicaciones *Salesforce.com*. El funcionamiento y la arquitectura de *Force.com* puede ser observada en [Buyya et al., 2013]. Un ejemplo del potencial de *Salesforce.com*, se puede ver en la confianza que depositan en él importantes empresas multinacionales como Cisco [Brian et al., 2008]. Cisco es especialista en operaciones de redes que operan globalmente, la cual tiene como objetivo construir redes con inteligencia incorporada, servicios más

rápidos, seguros y tratados de forma global. Por esta razón, sus redes aportan el rendimiento necesario para transacciones rápidas, y forman la base de una infraestructura en constante evolución. El crecimiento de Cisco como empresa hace que cada vez más sea necesario el acceso a los sistemas que lo integran. Anteriormente Cisco estaba muy limitado, pues su escalabilidad estaba muy limitada, y no podía competir con las necesidades del negocio.

Microsoft dynamics CRM: Es una solución implementada por Microsoft¹⁷ para la gestión de relaciones entre clientes. Dynamics CRM está disponible para cualquier instalación local de la empresa, o como una solución on-line previo pago de una mensualidad por usuarios descritos [Buyya et al., 2013].

NetSuite: NetSuite¹⁸ proporciona una colección de aplicaciones que ayudan a los clientes a gestionar cada aspecto del negocio empresarial. Esta oferta se divide en tres productos principales: *NetSuite Global ERP*, *NetSuite Global CRM+*, y *NetSuite Global Ecommerce*. Por lo tanto, una solución en una es *NetSuite One World*, la cual integra los tres productos juntos.

4.2.2. Productividad

Las aplicaciones relacionadas con la productividad en la nube reemplazan algunas de las tareas comunes que se hacen desde el escritorio: que van desde el almacenamiento de documentos, o la automatización de ofimática a entornos de escritorio completos almacenados en la nube. Véase a continuación ejemplos de aplicación relacionados con la productividad que han hecho uso de la computación en la nube.

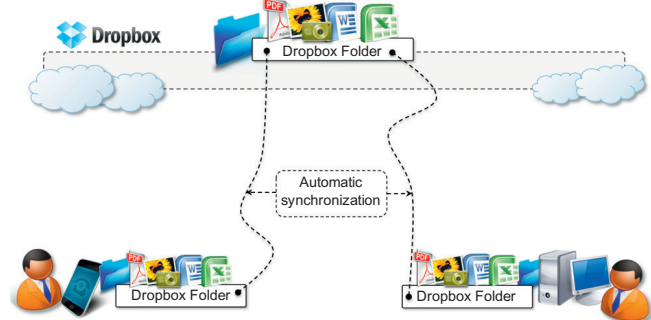


FIGURA 9. Dropbox escenario de uso [Buyya et al., 2013].

Dropbox e iCloud: Según en [Buyya et al., 2013], uno de los núcleos de la computación en la nube es la disponibilidad en cualquier lugar, en cualquier momento, y desde cualquier dispositivo conectado a Internet de los recursos que alberga. Por lo tanto, el almacenamiento de documentos es algo natural

¹⁶<http://www.salesforce.com/>

¹⁷<http://www.microsoft.com/es-es/dynamics/default.aspx>

¹⁸<http://www.netsuite.com/>

para esta tecnología. Anteriormente las aplicaciones de almacenamiento online no tuvieron mucho éxito pero con el desarrollo de las tecnologías de la computación en la nube han cambiado a aplicaciones SaaS y han llegado a mejorar su usabilidad mejorando la disponibilidad y la accesibilidad. Quizás la solución más conocida para almacenar documentos online sea *Dropbox*, una aplicación online que permite a los usuarios sincronizar algunos ficheros a través de una plataforma y sobre diferentes dispositivos (ver Figura 9). Dropbox proporciona a los usuarios una cantidad de almacenamiento gratuito y accesible a través de una abstracción de un directorio.

Google docs: se basa en una aplicación SaaS que ofrece la funcionalidad de aplicaciones de ofimática básicas con soporte para edición colaborativa en la Web. La aplicación se ejecuta en la cima de la infraestructura computacional distribuida de Google, lo que hace que el sistema dinámicamente pueda escalar acorde al número de usuarios que usan el servicio.

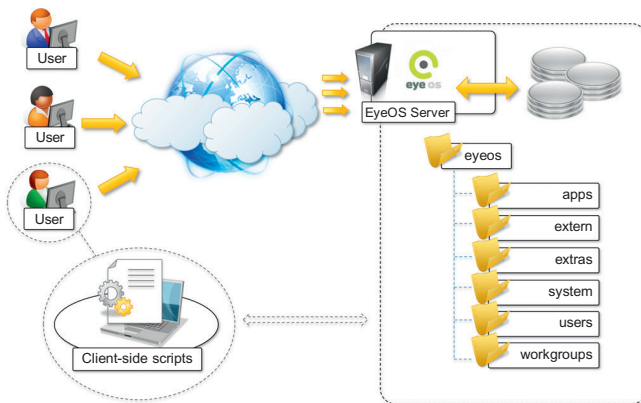


FIGURA 10. Arquitectura EyeOS [Buyya et al., 2013].

Escritorios de nube. EyeOS y XIOS/3: La tecnología AJAX ha aumentado la potencia de las aplicaciones implementadas en la Web. Esta tecnología es un pilar fundamental para la computación en la nube, ya que hace posible delegar una gran cantidad de sus servicios a través de los navegadores Web. Esta tecnología ha hecho posible que entornos de escritorio complejos, por medio de la nube, estén disponibles a través de los navegadores Web. *EyeOs* es una de las soluciones de escritorio Web más populares basada en tecnologías de la nube. *EyeOs* ha conseguido imitar la funcionalidad de un entorno de escritorio incorporando además aplicaciones pre-instaladas para poder trabajar sobre documentos y ficheros (ver Figura 10). Un simple usuario puede acceder al entorno de escritorio *EyeOS* desde cualquier lugar y a través de cualquier dispositivo móvil. Cualquier organización puede crear una *EyeOS Cloud* privada para virtualizar el entorno de escritorio de sus empleados y centralizar su gestión. La arquitectura *EyeOS* es bastante simple: en el lado

servidor, la aplicación *EyeOS* gestiona la información de los perfiles de los usuarios y sus datos, y el lado del cliente contiene el punto de acceso para usuarios y administradores que interactúan con el sistema. *EyeOS* almacena los datos de los usuarios y los ficheros en el sistema de ficheros del servidor. Una vez que el usuario se ha registrado en el sistema, el entorno de escritorio se carga en el navegador del cliente para descargar todas las librerías JavaScript requeridas para construir las interfaces de usuario e implementar la funcionalidad. Cada aplicación cargada en el entorno del usuario se comunica con el servidor a través de AJAX; este modelo de comunicación se utiliza para acceder a los datos además de realizar operaciones de aplicación: editar documentos, visualizar imágenes, copiar y guardar ficheros, enviar emails y chatear.

Fleurop-Interflora: Fleurop-Interflora EBC AG [Brian et al., 2008] es una empresa comercial con 17 unidades comerciales operando en 40 países asociados como miembros. Fleurop-Interflora distribuye más de 1.000.000 de peticiones de flores en el mundo cada año a través de su página de ventas. Por tanto, para ellos la disponibilidad flexible y eficiente de los servicios es crucial para el desarrollo del negocio. Para la entidad, la facturación externa se genera exclusivamente a través de la plataforma web, por lo que la disponibilidad de la infraestructura es un elemento crítico: la plataforma web debe de estar disponible veinticuatro horas al día, los siete días de la semana, los trescientos sesenta y cinco días del año. Sin embargo, la disponibilidad no es sólo un criterio que debe de cumplir la plataforma: rendimiento, flexibilidad, escalabilidad y soporte también juegan un rol importante, para que la plataforma pueda responder grandes cantidades de demandas. Para el despliegue de este sistema Fleurop hizo uso de una sub-contrata pero tuvieron problemas con ellos además de tener que pagar un coste muy alto por los servicios. Por estas razones, Fleurop optó por la solución de la nube privada para desplegar su sistema.

4.2.3. Redes sociales

Algunas aplicaciones de redes sociales (como Facebook o Twitter) también hacen uso de la computación en la nube para desplegarse [Buyya et al., 2013]. Para sostener el tráfico y las millones de peticiones de forma perfecta, servicios tales como Twitter¹⁹ y Facebook²⁰ han hecho uso de tecnologías de la computación en la nube. La posibilidad de añadir actualizaciones mientras los sistemas están funcionando es una cualidad muy atractiva para las redes sociales, que constantemente incrementan su número de usuarios. Véase brevemente el caso de Facebook.

¹⁹<http://www.twitter.com/>

²⁰<http://www.facebook.com/>

Facebook: Es probablemente el entorno más interesante en las redes sociales. Con más de 800 millones de usuarios, ha llegado a ser uno de los más grandes sitios web del mundo. Para sostener este increíble crecimiento, ha sido fundamental que Facebook sea capaz de añadir capacidad y desplegar nuevas tecnologías escalables y sistemas software a la vez que ofrece alto rendimiento para asegurar una buena experiencia a los usuarios.

4.2.4. Aplicaciones multimedia

Las aplicaciones multimedia son un nicho de mercado que ha tomado una considerable ventaja desde el lanzamiento de las tecnologías de la nube. Particularmente, las operaciones de procesado de vídeo, tales como codificación, transcodificación (es la conversión directa de un códec a otro), y rendimiento, son buenos candidatos para un entorno basado en la nube. Hay tareas computacionalmente intensivas que pueden ser fácilmente migradas a infraestructuras de la nube. Véase a continuación ejemplos de aplicaciones multimedia que hacen uso de la computación en la nube.

Animoto: Como se comenta en [Buyya et al., 2013], Animoto es quizás el ejemplo más popular de aplicación multimedia en la nube. Este sitio Web, proporciona a los usuarios a través de una interfaz amigable, la posibilidad de crear vídeos a partir de imágenes, música, y fragmentos de vídeos subministrados por los usuarios. El objetivo de Animoto es poder crear rápidamente vídeos con efectos interesantes sin la intervención de los usuarios. Otra propiedad más es el motor de Inteligencia Artificial (IA), que selecciona los efectos de transacción de las animaciones acordes a dibujos y música, para posteriormente realizar renderizado.

Representación Maya con Aneka: Para los diseñadores, las tareas de renderizado de modelos forman gran parte del trabajo que deben realizar. Ellos realizan de forma iterativa visualizaciones de los modelos que están diseñando con el objetivo de observar los resultados del diseño final. Estas tareas desencadenan grandes cargas computacionales que conviene ser resueltas lo más rápido posible. La computación en la nube proporciona la cantidad suficiente de recursos para realizar esta tarea [Buyya et al., 2013].

Codificación de vídeo en la nube, Encoding.com: En [Buyya et al., 2013] comentan que la codificación y transcodificación de vídeo son operaciones que pueden beneficiarse del uso de tecnologías de la nube ya que estas tareas son computacionalmente intensas y requieren de grandes capacidades de almacenamiento. Por otro lado, con la continua mejora de los dispositivos móviles además de la difusión de Internet, han provocado que las solicitudes para el contenido de vídeo se haya incrementado de forma significativa. El software y el hardware para codificación y transcodificación de

vídeo han conseguido que actualmente sea fácil llevar a cabo conversiones de unos formatos a otros. La computación en la nube presenta una oportunidad de resolver estas tareas a través de servicios. *Encoding.com* es una solución software que ofrece servicios de transcodificación de vídeo y lanzamiento de tecnologías en la nube para proporcionar ambas posibilidades a la hora de realizar conversiones de vídeo y renderizado posterior.

4.2.5. Juegos online multijugador

En [Buyya et al., 2013] también comentan la importante relación que existe entre los juegos multi-jugador online y la nube. Los juegos multi-jugador atraen millones de jugadores de todo el mundo que comparten una experiencia común a través de jugar juntos en un entorno virtual. Estos entornos se expanden más allá de los límites de una LAN normal. Los juegos online soportan cientos de jugadores en la misma sesión, haciendo esto posible por mediación de arquitecturas específicas usadas para interactuar, que se basan en el procesamiento de registros de juego. Los jugadores actualizan la sesión del juego, y los servidores integran todas las actualizaciones en un *log* que está disponible a todos los jugadores a través de un puerto TCP. El uso de las tecnologías de la nube proporcionan la elasticidad necesaria para estas cargas de trabajo que se necesitan cuando el número de usuarios crece.

Titan Inc.: Una implementación de procesamiento de *log* para juegos basado en la nube es por ejemplo el implementado por Titan Inc. (ahora Xfire). Se trata de una compañía situada en California que desarrolló su propio portal de juegos. Ellos trabajan con el *log* de juegos, el cual, tiene como objetivo actualizar las sesiones de los jugadores. Este *log* se despliega en Aneka, que es un *framework* para ejecutar aplicaciones en la nube de forma distribuida. Este *framework* se despliega en una nube privada con el objetivo de procesar de forma concurrente múltiples *logs* y mantener actualizados de esta manera a un gran número de usuarios.

4.2.6. Inteligencia de negocio

La Inteligencia de negocio puede ser definida como el conjunto de metodologías, herramientas y cualidades enfocadas a la creación y administración de conocimiento a partir del análisis de datos, dando soporte a la toma de decisiones en el negocio. Actualmente las organizaciones necesitan realizar constantemente estudios de mercado con el objetivo de realizar tomas de decisiones a nivel de ventas, para ello realizan recopilaciones masivas de datos a partir de los cuales obtienen información. En este proceso las empresas necesitan hacer uso de tecnologías que les permitan realizar dichas tareas. Anteriormente la tecnología que daba soporte a estas

operaciones era el Data Warehousing pero con las aportaciones de la computación en la nube, actualmente ha habido una migración a lo que se conoce como Big Data. Según [Wu et al., 2014], [Agrawal et al., 2011] y [Chandrasekhar et al., 2013] nos dicen que Big Data parte de una cantidad masiva de colecciones de datos, heterogéneos, de fuentes dispersas que son recopiladas a lo largo del tiempo, los cuales son difíciles de analizar con las herramientas de base de datos tradicionales, por lo que extendiendo de los servicios de la nube tradicionales (IaaS, PaaS y SaaS) crea un nuevo servicio llamado *Database as a Service* (DaaS) que permita aportar flexibilidad, pago por uso, bajo coste de inversión, bajo coste de mantenimiento y transferencias de gran velocidad. En [Chandrasekhar et al., 2013] hacen una recopilación de herramientas en la nube (algunas de las cuales trataremos continuación) para análisis y obtención de información sobre Big Data. Véase a continuación ejemplos de aplicaciones Big Data.

IBM Cognos: En [Chandrasekhar et al., 2013] comentan que Cognos²¹ esta orientado a la Inteligencia de Negocio (Business Intelligence), desarrollo financiero y gestión de estrategias. El software Cognos de IBM se conoce por proporcionar soporte a cualquier organización que necesite mejorar sus rendimientos ya que ha sido desarrollada para que las compañías hagan mejor sus elecciones a la hora de enfocar desarrollos futuros.

Google BigQuery: Permite ejecutar consultas SQL-like contra grandes conjuntos de datos, con millones de filas. Además según se expone en [Chandrasekhar et al., 2013] Google BigQuery²² te permite realizar estas consultas sobre tus propios datos o sobre datos que alguien ha compartido contigo. Es una herramienta altamente rápida que puede analizar millones de filas en segundos. Es además muy potente para compartir datos, para lo cual hace uso de las cuentas de Google. También tiene múltiples métodos de acceso a través de navegadores BigQuery, la API REST o la aplicación localizada en Google Apps.

Apache Hadoop: En [Chandrasekhar et al., 2013] hacen referencia a Hadoop²³ que es un *framework open source* que permite ejecutar grandes cantidades de datos usando una plataforma distribuida. Como uso básico, permite ejecutar grandes *clusters*. Soporta movilidad de datos, además de seguridad para el procesado de datos. Tiene su propio paradigma de computación Hadoop llamado MapReduce, donde el trabajo se divide en varias unidades que se procesan en sistemas clusters o grid. Tiene la capacidad de manejar petabytes de datos en millones de ficheros en tan solo segundos, proporcionando un alto ancho de banda. Hadoop se escribió en

el lenguaje de programación Java y está en el nivel más alto del proyecto Apache siendo construido y usado por una comunidad global de contribuidores Hadoop.

Por tanto, como se ha podido comprobar con esta sección, se ha cumplido el propósito de localizar algunos trabajos relacionados con las interfaces de usuario y la nube además de hacer un recorrido por otros dominios de aplicación. De todos los trabajos relacionados con las interfaces de usuario, el más interesante para nosotros ha sido la aplicación que se encarga de llevar a cabo adaptaciones de la interfaz de usuario haciendo uso de la nube [Grønli et al., 2011].

5. CONSIDERACIONES FINALES

La Computación en la Nube es un concepto relativamente reciente en la literatura, nacido para definir un paradigma puntero que se encarga gestionar y entregar servicios a través de Internet. Este concepto se ha ido consolidando cada vez más en cualquier ámbito y dominio de aplicación de la ingeniería informática, y es actualmente considerado como un nuevo paradigma tecnológico para gestionar y ofrecer servicios de terceras partes a través de Internet. Aunque hoy día son muchos los trabajos existentes, este paradigma sigue en constante evolución, apareciendo continuamente en el tiempo nuevas metodologías, herramientas, y modelos de computación en la Nube. Este trabajo surge como consecuencia de pretender desarrollar una metodología para el despliegue de interfaces de usuario basadas en Arquitecturas. Para ello y con el propósito de observar qué puede aportar la computación en la nube a los Sistemas basados en Arquitecturas, en este trabajo, se ha realizado un estudio de las ventajas que dispone el modelo de computación en nube, pasando previamente por una sección que define este modelo. También se ha hecho un estudio sobre qué tipo de computación en la nube se puede desplegar según la tecnología identificada. Además, se ha llevado a cabo una selección de los dominios de aplicación localizados que hacen uso de la Computación en la Nube como mecanismo para su despliegue. En esa selección se pretendía cumplir el propósito de localizar trabajos relacionados con las interfaces de usuario y la nube, además de hacer un recorrido por otros dominios de aplicación.

A modo resumen, la Tabla 3 muestra de manera estructurada los dominios de aplicación de la computación en la nube que han sido estudiados en el presente trabajo. En la tabla se recopila además el impacto que tiene cada una de las características, que hacen especial a la computación en la nube, sobre cada uno de los dominios de aplicación. Dichas características están recogidas en la Tabla 4. En la Tabla 3 la explotación de cada una de estas características viene dado por los siguientes niveles: aporte bajo (B), medio (M), alto (A), o muy alto (E). Para concluir en la Figura 11, se puede apreciar en qué medida los dominios de aplicación explotan las características de la computación en la nube.

²¹<http://www-03.ibm.com/software/products/es/business-intelligence/>

²²<https://developers.google.com/bigquery/>

²³<http://hadoop.apache.org/>

Dominio	Aplicaciones	C#1	C#2	C#3	C#4	C#5	C#6	C#7
Salud	ECG	M	M	E	M	A	M	E
Biología	Predicción de estructura de proteínas	M	A	B	M	E	M	E
	Análisis de datos expresión genética en cáncer	M	A	B	M	E	M	E
Geociencia	Procesado de imágenes de satélite	M	A	M	M	E	A	M
	Swisstopo	M	A	A	M	E	M	E
Educación	Nube comunitaria para ejecutar aplicaciones	M	A	M	A	A	M	E
Interacción hombre máquina	Proyecto Smarcos	M	A	A	A	M	M	M
	Cloud3View	M	M	A	M	M	A	M
	Adaptación de IU	M	A	E	M	M	M	M
	Hacia la inter-usabilidad	M	M	A	A	M	M	M
CRM y ERP	Salesforce.com	M	M	M	A	A	M	E
	Microsoft dynamics CRM	M	M	M	A	A	M	E
	Netsuite	M	M	M	A	A	M	E
Productividad	Dropbox e iCloud	M	A	E	A	A	M	A
	Google Docs	M	A	E	A	M	M	A
	Escritorio en la nube	M	A	E	A	M	M	A
	Fleurop-Interflora	M	M	A	E	M	M	A
Redes sociales	Facebook	M	A	A	M	E	M	M
	Twitter	M	A	A	M	E	M	M
Aplicaciones multimedia	Animoto.	M	A	M	A	A	M	M
	Representación Maya con Aneka	M	A	M	A	A	M	M
	Encoding.com	M	A	M	A	A	M	M
Juegos online multijugador	Titan Inc.	M	A	M	A	M	E	M
Inteligencia de negocio	IBM Cognos	M	A	B	M	E	M	M
	Google BigQuery	M	A	B	M	E	M	M
	Apache Hadoop	M	A	B	M	E	M	M

CUADRO 3. Dominios de aplicación de la NUBE.

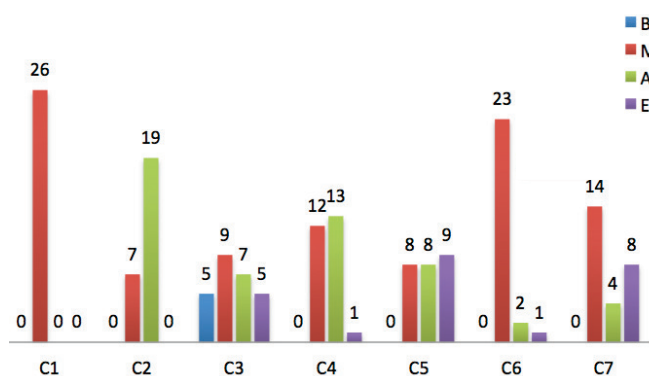


FIGURA 11. Explotación de las características de la nube.

Num.	Característica
C#1	Multi-tendencia
C#2	Conjunto de recursos compartidos
C#3	Geo-distribución y acceso a redes ubicuas
C#4	Orientado a servicios
C#5	Aprovisionamiento dinámico de recursos
C#6	Auto-organización
C#7	Uso basado en precio

CUADRO 4. Características de los dominios de aplicación de la Computación en la Nube

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido realizado como línea de interés abierta en el marco del proyecto P10-TIC-6114 de la Junta de Andalucía y dentro del Grupo de Investigación de Informática Aplicada (TIC-211) de la Universidad de Almería. <http://acg.ual.es/enia>

REFERENCES

- [Agrawal et al., 2011] Agrawal, D., Das, S., and El Abbadi, A. (2011). Big data and cloud computing: current state and future opportunities. In *Proceedings of the 14th International Conference on Extending Database Technology*, pages 530–533.
- [Baliga et al., 2011] Baliga, J., Ayre, R. W., Hinton, K., and Tucker, R. S. (2011). Green cloud computing: Balancing energy in processing, storage, and transport. *Proceedings of the IEEE*, 99(1):149–167.
- [Bégin et al., 2008] Bégin, M.-E., Jones, B., Casey, J., Laure, E., Grey, F., Loomis, C., and Kubli, R. (2008). An egee comparative study: Grids and clouds-evolution or revolution. *EGEE III project Report*, 30.
- [Brian et al., 2008] Brian, H., Brunschwiler, T., Dill, H., Christ, H., Falsafi, B., Fischer, M., Grivas, S. G., Giovanoli, C., Gisi, R. E., Gutmann, R., et al. (2008). Cloud computing. *Communications of the ACM*, 51(7):9–11.
- [Buyya et al., 2013] Buyya, R., Vecchiola, C., and Selvi, S. T. (2013). *Mastering Cloud Computing: Foundations and Applications Programming*. Elsevier.
- [Buyya et al., 2008] Buyya, R., Yeo, C. S., and Venugopal, S. (2008). Market-oriented cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering it services as computing utilities. In *10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications, 2008. HPCC'08*, pages 5–13.
- [Chandrasekhar et al., 2013] Chandrasekhar, U., Reddy, A., and Rath, R. (2013). A comparative study of enterprise and open source big data analytical tools. In *IEEE Conference on Information & Communication Technologies, ICT'13*, pages 372–377.
- [Fox et al., 2009] Fox, A., Griffith, R., Joseph, A., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., and Stoica, I. (2009). Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing. *University of California, Berkeley, Technical Report*.

- [Geelan, 2008] Geelan, J. (2008). Twenty one experts define cloud computing.
- [Greenberg et al., 2008] Greenberg, A., Lahiri, P., Maltz, D. A., Patel, P., and Sengupta, S. (2008). Towards a next generation data center architecture: scalability and commoditization. In *Proceedings of the ACM workshop on Programmable routers for extensible services of tomorrow*, pages 57–62.
- [Grønli et al., 2011] Grønli, T.-M., Hansen, J., and Ghinea, G. (2011). Integrated context-aware and cloud-based adaptive home screens for android phones. In *Human-Computer Interaction. Interaction Techniques and Environments*, pages 427–435. Springer.
- [Hand, 2007] Hand, E. (2007). Head in the clouds. *Nature*, 449:963–963.
- [Hayes, 2008] Hayes, B. (2008). Cloud computing. *Commun. ACM*, 51(7):9–11.
- [Hwang, 2008] Hwang, K. (2008). Massively distributed systems: From grids and p2p to clouds. In *Advances in Grid and Pervasive Computing*, pages 1–1. Springer.
- [Jin et al., 2009] Jin, C., Gubbi, J., Buyya, R., and Palaniswami, M. (2009). Jeeva: Enterprise grid-enabled web portal for protein secondary structure prediction. *16TH International conference on advanced computing and communications*, pages 141–147.
- [Kondo et al., 2009] Kondo, D., Javadi, B., Malecot, P., Cappello, F., and Anderson, D. P. (2009). Cost-benefit analysis of cloud computing versus desktop grids. In *IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing, 2009. IPDPS 2009*, pages 1–12.
- [Le Voi et al., 2011] Le Voi, H., Light, A., and Rowland, C. (2011). Towards interusability; hci for cloud computing and embedded devices. In *proceedings of Designing Interaction for the Cloud workshop in CHI*.
- [McFredries, 2008] McFredries, P. (2008). Technically speaking: The cloud is the computer. *Spectrum, IEEE*, 45(8):20–20.
- [Mell and Grance, 2011] Mell, P. and Grance, T. (2011). The nist definition of cloud computing (draft). *NIST special publication*, 800(145):1–7.
- [Pandey et al., 2012] Pandey, S., Voorsluys, W., Niu, S., Khandoker, A., and Buyya, R. (2012). An autonomic cloud environment for hosting ecg data analysis services. *Future Generation Computer Systems*, 28(1):147–154.
- [Parkhill, 1966] Parkhill, D. F. (1966). *The challenge of the computer utility*, volume 2. Addison-Wesley Publishing Company Reading.
- [Raghavendra et al., 2010] Raghavendra, K., Akilan, A., Ravi, N., Pramod, K., and Varadan, G. (2010). Satellite data product generation using aneka cloud. Research Demo at the 10th IEEE International Symposium on Cluster, Cloud, and Grid Computing (CCGrid 2010), Melbourne, Australia.
- [Vaquero et al., 2008] Vaquero, L. M., Rodero-Merino, L., Caceres, J., and Lindner, M. (2008). A break in the clouds: towards a cloud definition. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 39(1):50–55.
- [Vecchiola et al., 2010] Vecchiola, C., Abedini, M., Kirley, M., Chu, X., and Buyya, R. (2010). Gene expression classification with a novel coevolutionary based learning classifier system on public clouds. In *Sixth IEEE International Conference on e-Science Workshops*, pages 92–97.
- [Wu et al., 2014] Wu, X., Zhu, X., Wu, G.-Q., and Ding, W. (2014). Data mining with big data. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 26(1):97–107.
- [Yin et al., 2013] Yin, J., Sun, P., Wen, Y., Gong, H., Liu, M., Li, X., You, H., Gao, J., and Lin, C. (2013). Cloud3dview: an interactive tool for cloud data center operations. In *Proceedings of the ACM SIGCOMM 2013 conference on SIGCOMM*, pages 499–500.
- [Zhang et al., 2010] Zhang, Q., Cheng, L., and Boutaba, R. (2010). Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. *Journal of Internet Services and Applications*, 1(1):7–18.