



Unidad Temática: Tecnologías Cloud Computacionales

T2. Cómo se construye un Cloud Máster Universitario en Computación en la Nube y de Altas Prestaciones



- Definir los diferentes **modelos de despliegue y de servicio** en un Cloud.
- Definir el concepto de **virtualización** como la tecnología clave para la construcción de un Cloud.
- Enumerar los **componentes** necesarios para la construcción de un Cloud.
- Enumerar los **gestores** Cloud más populares del estado del arte.



- **Modelos de Cloud Computing**
 - Modelos de Despliegue
 - Modelos de Servicio
- **¿Cómo se construye un cloud?**
 - La virtualización
 - Gestores Cloud
 - Centros de Datos
- **Conclusiones**



Modelos de Cloud Computing

Modelos de Despliegue

● Cloud Privado (Private cloud o *on-premises* cloud).

- Infraestructura de uso exclusivo por una institución.
- Ejemplo. Despliegue Cloud Privado del GRyCAP (ramses)
 - Uso de imágenes de máquina virtual preconfiguradas para satisfacer las necesidades de investigación y docencia.

● Cloud Público (Public cloud).

- Infraestructura abierta a todo el mundo bajo un modelo de “pago por uso”.
- Ejemplos:

▪ Amazon Web Services (AWS)

- Amazon alquila sus recursos de cómputo, almacenamiento y red mediante pago por uso. <http://aws.amazon.com>



▪ Microsoft Azure

- <https://azure.microsoft.com>



Modelos de Cloud Computing

Modelos de Despliegue

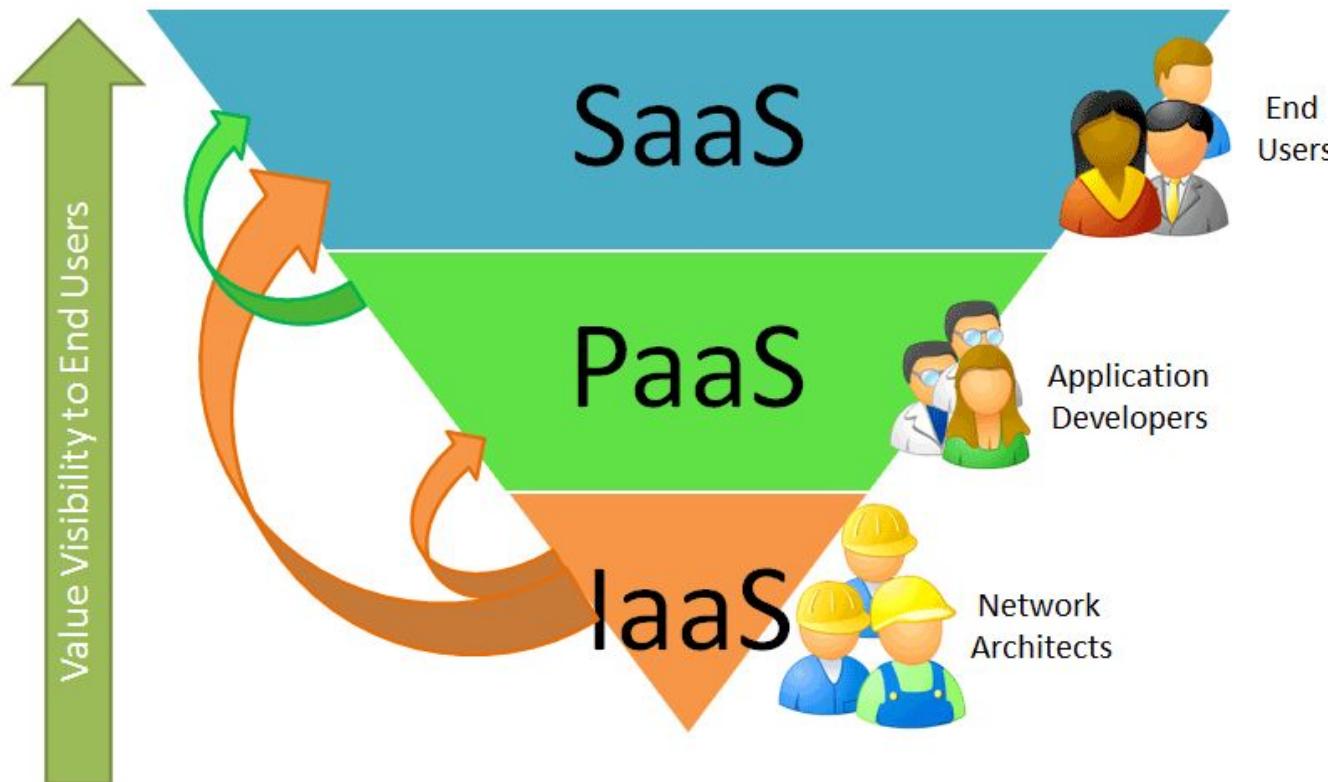
- Cloud de Comunidad (*Community* o *Federated cloud*).
 - EGI Federated Cloud: infraestructura científica europea que feda recursos de diferentes clouds privados de centros de investigación.
<https://www.egi.eu/federation/egi-federated-cloud/>
- Cloud Híbrido (*Hybrid cloud*).
 - Composición de varios modelos, federando los recursos. Típicamente es una combinación de Cloud privado (recursos on-premise) con extensión a Cloud público.
 - Zynga (*social gaming*)
 - Mover cargas de trabajo entre su Cloud privado y AWS, ante picos excesivos de carga (*cloud bursting*)
<http://fortune.com/2012/04/09/why-zynga-loves-the-hybrid-cloud/>



Modelos de Cloud Computing

Modelos de Servicio

- Diferente público objetivo dependiendo del nivel.



No es una
clasificación
exclusiva,
pero sí
aceptada por
la comunidad.

Modelos del Cloud Computing

Modelos de Servicios - IaaS

- Infrastructure as a Service (IaaS) □ Sysadmin
 - El proveedor ofrece el acceso inmediato a recursos de cómputo (máquinas virtuales) y de almacenamiento bajo demanda y, típicamente, mediante un modelo de pago por uso (clouds públicos)
 - El usuario puede y debe configurar las máquinas virtuales para disponer de la infraestructura
 - Ejemplo: Amazon EC2 etc, Microsoft Azure MV ...
 - Acceso de administrador (root) a los recursos.



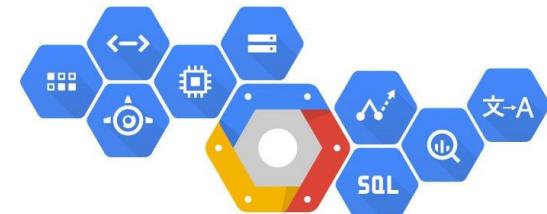
Google Cloud

Modelos del Cloud Computing

Modelos de Servicios - PaaS

● Platform as a Service (PaaS) □ Desarrollador

- El proveedor proporciona al desarrollador un conjunto de herramientas de plataforma para el desarrollo de aplicaciones que se ejecutan sobre la plataforma del proveedor.
- El usuario no gestiona el hardware ni el SO subyacente.
- Ejemplos:



Google Cloud Platform



Modelos del Cloud Computing

Modelos de Servicios - SaaS

- Software as a Service (SaaS) □ Usuario
 - El usuario accede a las aplicaciones, típicamente con un navegador web, que se ejecutan en la infraestructura (Cloud) de un proveedor externo.
 - Ejemplos: Google Docs, Office 365, etc.
 - Para el usuario, las aplicaciones y sus datos son ubicuas y siempre disponibles.

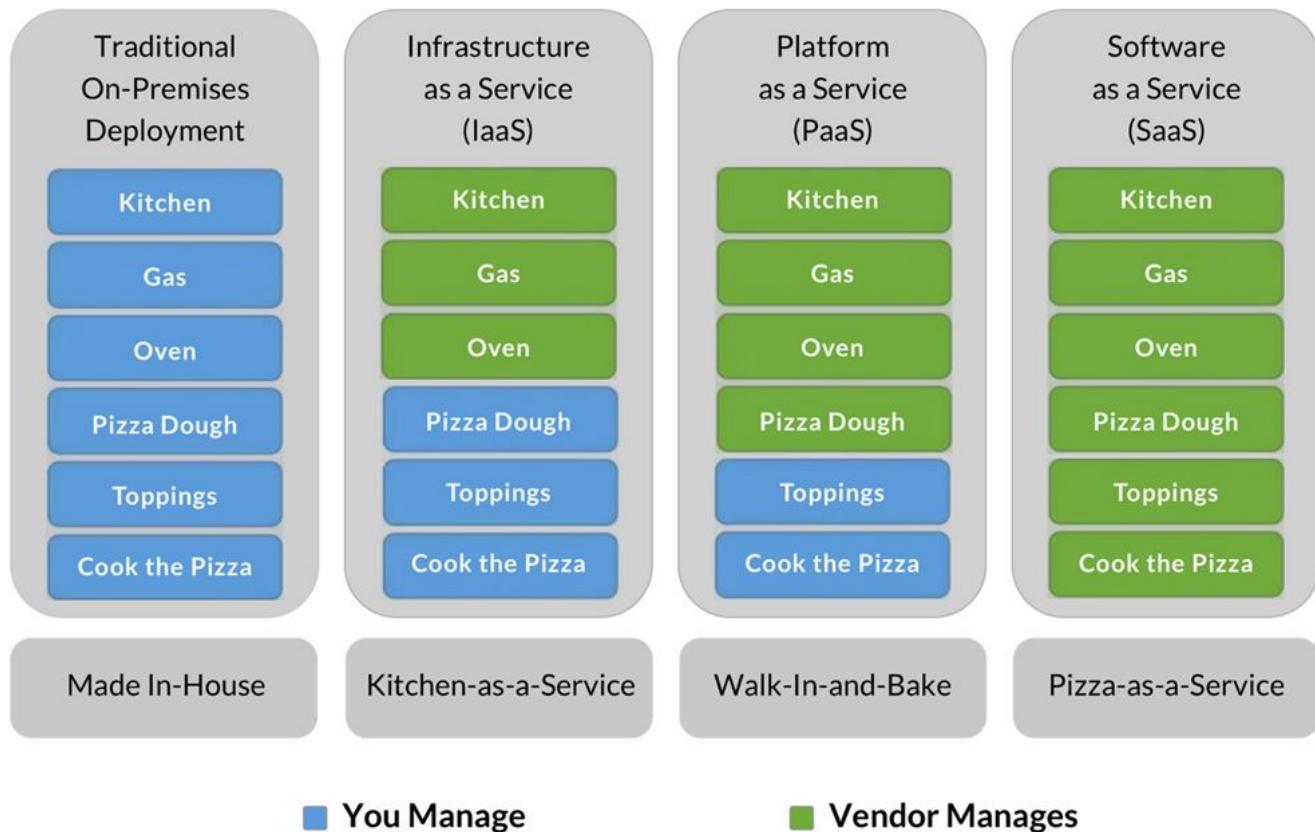


Modelos del Cloud Computing

De *on-premises* a SaaS

New Pizza as a Service

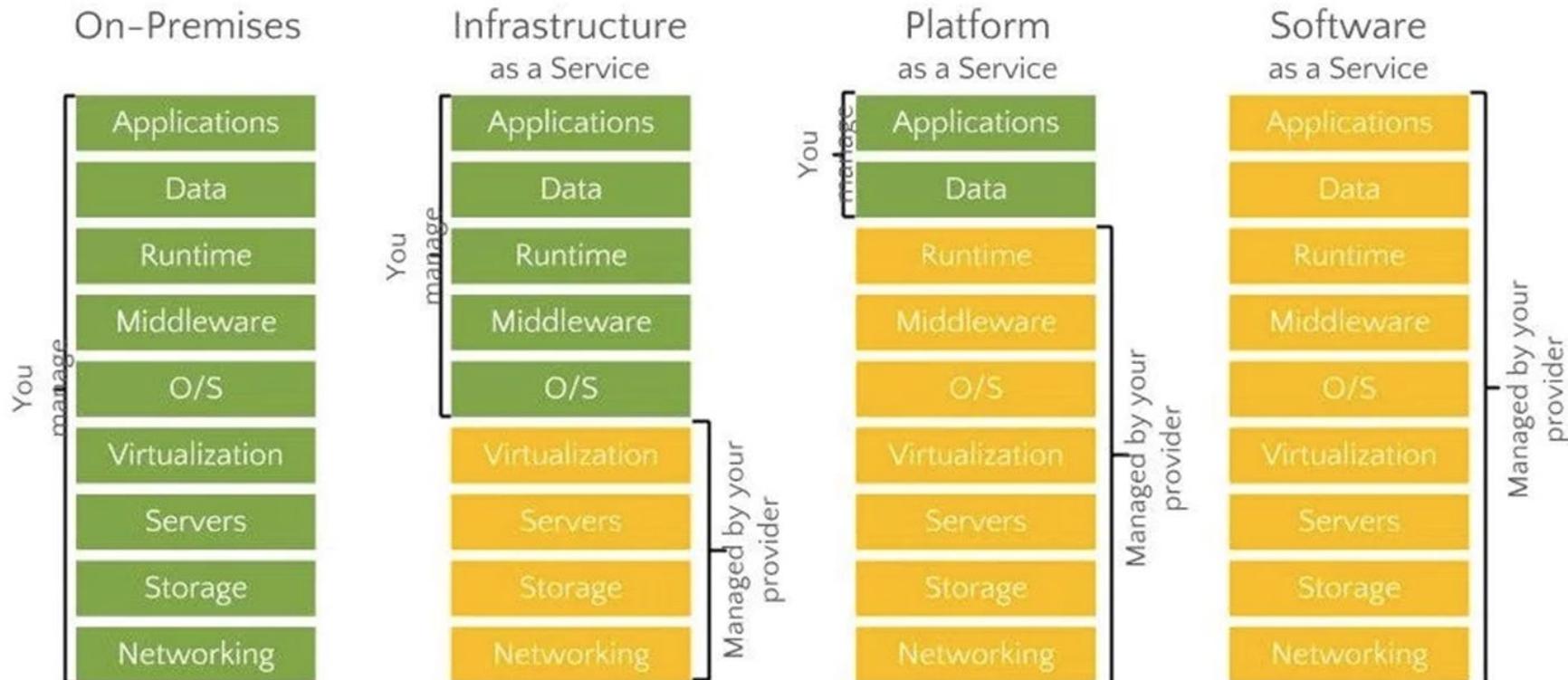
- Abstracción VS Flexibilidad
- Responsabilidad del proveedor VS Responsabilidad del cliente.
- Dinero VS Problemas de Ingeniería.



<https://m.oursky.com/saas-paas-and-iaas-explained-in-one-graphic-d56c3e6f4606>

Modelos del Cloud Computing

De *on-premises* a SaaS

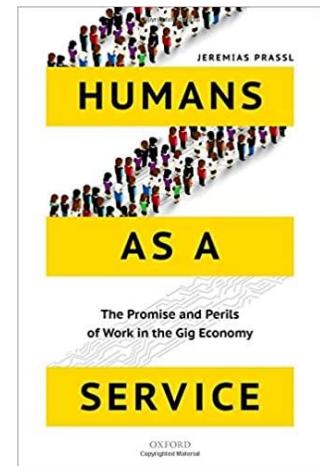


<https://www.jamesserra.com/archive/2014/09/iaas-paas-and-saas-explained/>

Modelos del Cloud Computing

Otras modelos de servicio

- XaaS (*aaS): Anything as a Service
 - Storage as a Service (SaaS), Communications as a Service (CaaS), Network as a Service (NaaS), Monitoring as a Service (MaaS), etc.
 - HaaS: Human as a Service
 - Amazon Mechanical Turk, donde los humanos realizan tareas poco apropiadas para máquinas.
 - Human intelligence Tasks (HITs)
 - » Encontrar códigos en imágenes, decidir si dos productos son iguales, elegir categoría de productos, traducción, etc.
 - DaaS: Data Storage as a Service
 - Provisión como servicio de almacenamiento bajo demanda y sus servicios de datos asociados sobre una red virtualizada de recursos.



- Modelos de Cloud Computing
 - Modelos de Despliegue
 - Modelos de Servicio
- **¿Cómo se construye un cloud?**
 - La virtualización
 - Gestores Cloud
 - Centros de Datos
- Conclusiones



¿Cómo se construye un cloud?

Introducción

- Ya sabemos muchas cosas del Cloud Computing.
 - Sabemos qué es el SaaS
 - Básicamente son aplicaciones que podemos usar.
 - Tenemos idea de qué es el PaaS
 - Una plataforma de servicios y utilidades para crear SaaS.
 - Sabemos qué es el IaaS
 - Máquinas virtuales que lanzamos en algún sitio, acceso a red, disco, etc.



¿Cómo se construye un cloud?

Introducción

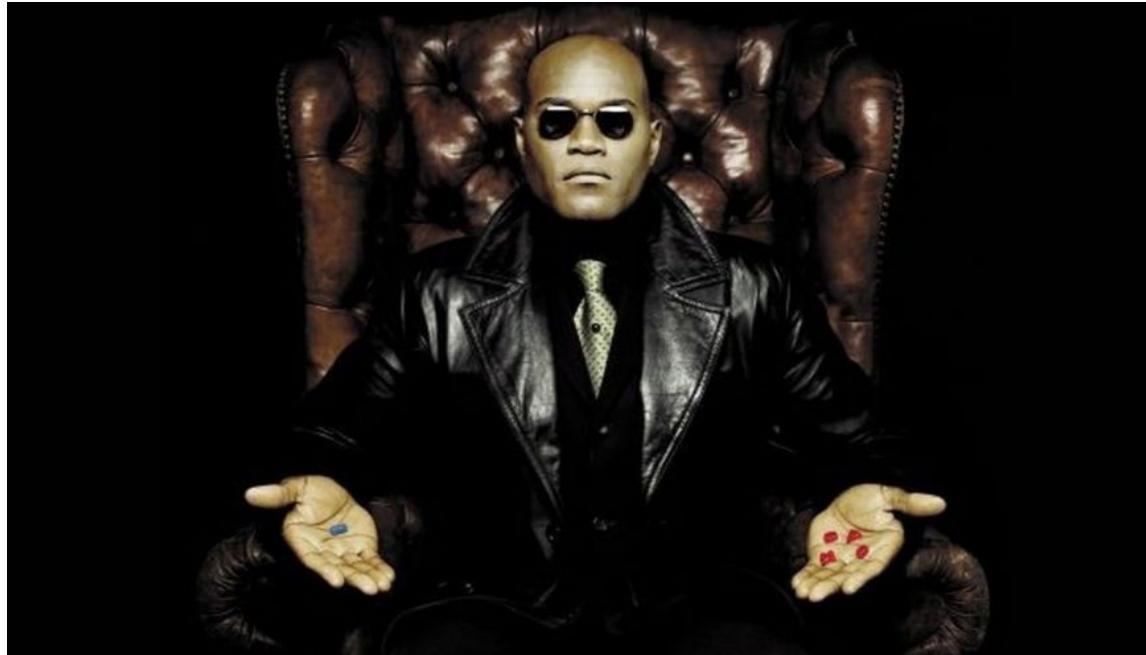
- Pero... ¿Cómo se "construye un Cloud"?
 - El usuario quiere poder lanzar a ejecución su máquina virtual o su aplicación y no preocuparse de nada más.



¿Cómo se construye un cloud?

La virtualización

- La tecnología clave para la construcción de un Cloud es la virtualización.



¿Cómo se construye un cloud?

La virtualización

- La Virtualización es un término acuñado en los 60 que en la actualidad se ha reeditado con la aparición de las tecnologías de virtualización de plataformas Hardware (Hw).
- Dada una plataforma Hw, se crea mediante un software específico (**host**) un entorno simulado (**Máquina Virtual - MV**), sobre el que se ejecuta un Sw de propósito general (**guest**).
 - El sw guest puede ser incluso un sistema operativo que se comporta como si se ejecutara directamente en el Hw físico simulado.

¿Cómo se construye un cloud?

La virtualización Tipos de virtualización

- Dependiendo de las restricciones que imponemos tanto a la plataforma host como a la guest, existen diversos tipos de virtualización, entre las que destacan:

- Virtualización Completa**

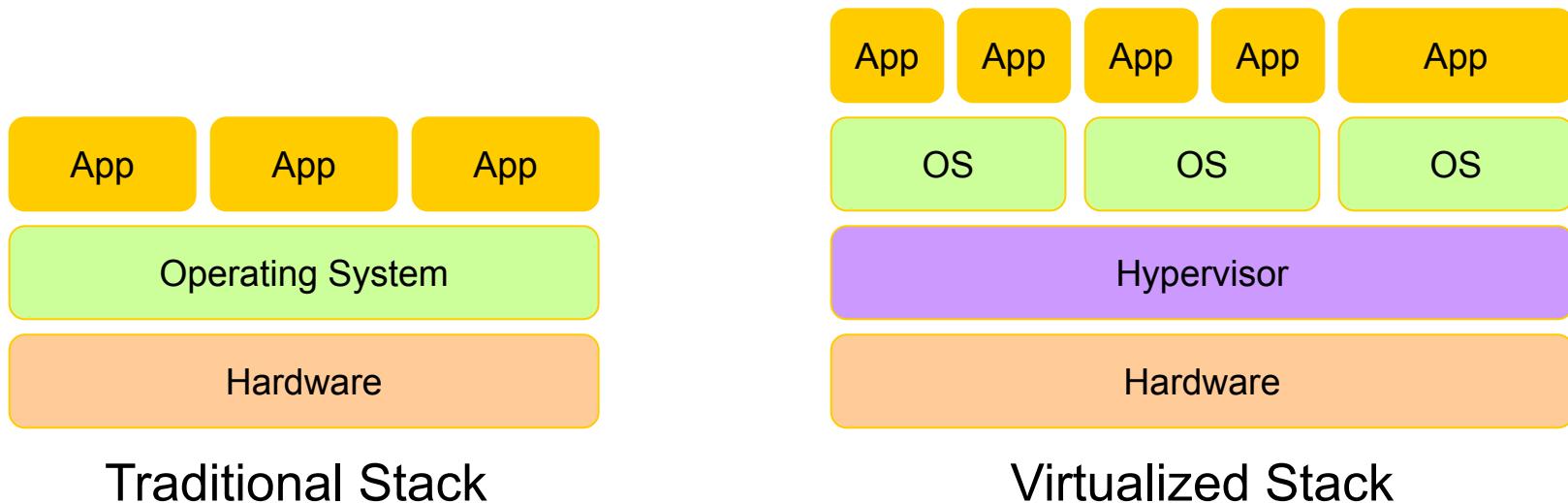
- El sw permite simular suficiente HW como para permitir que un sistema operativo sin modificar se ejecute en la plataforma guest completamente.

- Paravirtualización**

- El Sw de virtualización permite a un Sw guest especialmente modificado, ejecutarse de forma independiente sobre la máquina virtual, permitiendo la ejecución directa de determinadas operaciones sobre el Hw específico.

¿Cómo se construye un cloud?

La virtualización en MV



¿Cómo se construye un cloud?

La virtualización

Beneficios

- Aislamiento en términos de seguridad y fiabilidad.
- Escalabilidad de las configuraciones.
- Reubicación dinámica en caliente.
- Simulación de plataformas no disponibles.
- Ejecución de Sw incompatible con el Hw/Sw instalado en la plataforma Host.



¿Cómo se construye un cloud?

La virtualización

Plataformas de Virtualización (Hipervisor)

- VMWARE (<https://www.vmware.com/es.html>)

- Plataforma comercial de virtualización que dispone de numerosas versiones.
- Constituye un software de **virtualización completa** disponible para diferentes arquitecturas software y hardware.
- Permite la migración de máquinas, el restart, la reconfiguración dinámica, etc.
 - VMware Server / ESX.
 - VMware workstation.
 - VMware Player.

¿Cómo se construye un cloud?

La virtualización

Plataformas de Virtualización (Hipervisor)

- Hyper-V
 - Producto de Microsoft, libre a partir de la versión 7 de Microsoft Windows.
 - Soporta **virtualización completa**, sobre plataformas Intel e incluso Power PC.
- Virtual Box
 - Producto GNU de **SUN Microsystems**.
 - **Virtualización completa**.
- KVM (Kernel Virtual Machine)
 - Producto libre de Qumranet que soporta tanto **virtualización como paravirtualización** modificando el funcionamiento del kernel del host.
- Otras (Virtual PC, XEN....)

¿Cómo se construye un cloud?

La virtualización

Estándares de virtualización

**VMWARE, Hyper-V, Virtual Box
KVM, Virtual PC, XEN ...**

¿Y yo qué sistema elijo?



Solución: Que soporten estándares para el empaquetamiento y distribución de MV (Ej. OVF).

¿Cómo se construye un cloud?

La virtualización

Open Virtualization Format (OVF)

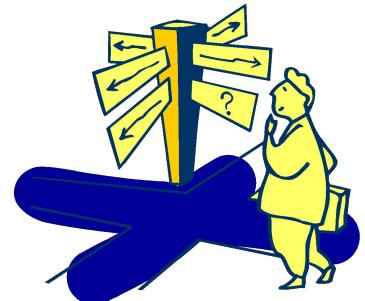
- Un formato abierto, extensible, independiente de la plataforma y eficiente para el empaquetamiento y distribución de máquinas virtuales.
 - Propuesto por algunos de los más importantes desarrolladores de software para máquinas virtuales (VMware entre ellos).
- Una máquina virtual formateada de acuerdo con OVF puede ser desplegada en cualquier plataforma que lo soporte.
- OVF resuelve algunos de los miedos de los usuarios sobre la portabilidad, dependencia de las plataformas, licencia y privacidad.

Estándares de Virtualización

Open Virtualization Format (OVF)

- Permite la distribución optimizada
 - OVF contempla compresión, verificación de integridad y de contenidos y un esquema básico para la gestión de las licencias de software.
- Facilita la automatización en el despliegue
 - OVF proporciona un proceso de instalación robusto y amigable.
 - Durante la instalación, los metadatos del fichero OVF se utilizan para verificar la corrección y compatibilidad de la máquina virtual y el host.
- Soporta características específicas
 - Aunque OVF es independiente de la plataforma, también permite especificar características específicas de las plataformas para poder ajustar su funcionamiento. Soporta un gran rango de formatos de disco utilizados en las máquinas virtuales actuales.

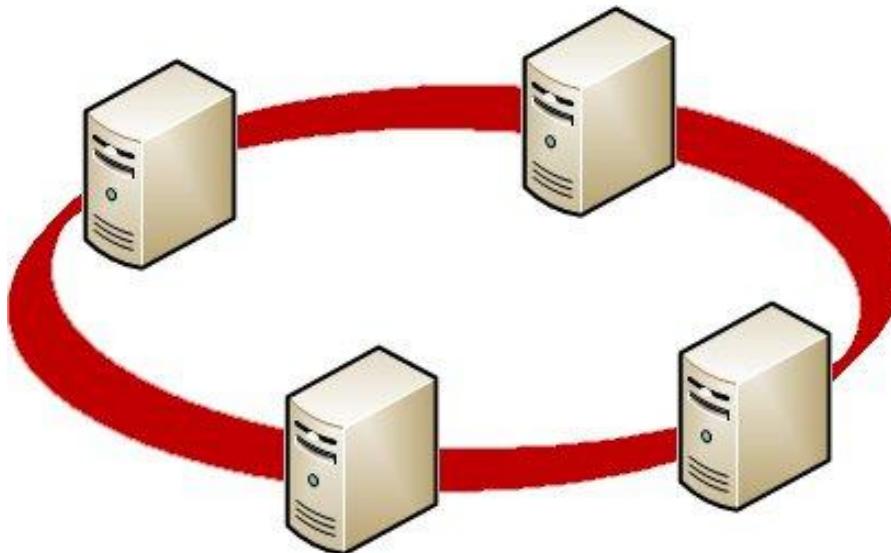
- Modelos de Cloud Computing
 - Modelos de Despliegue
 - Modelos de Servicio
- **¿Cómo se construye un cloud?**
 - La virtualización
 - **Gestores Cloud**
 - Centros de Datos
- Conclusiones



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

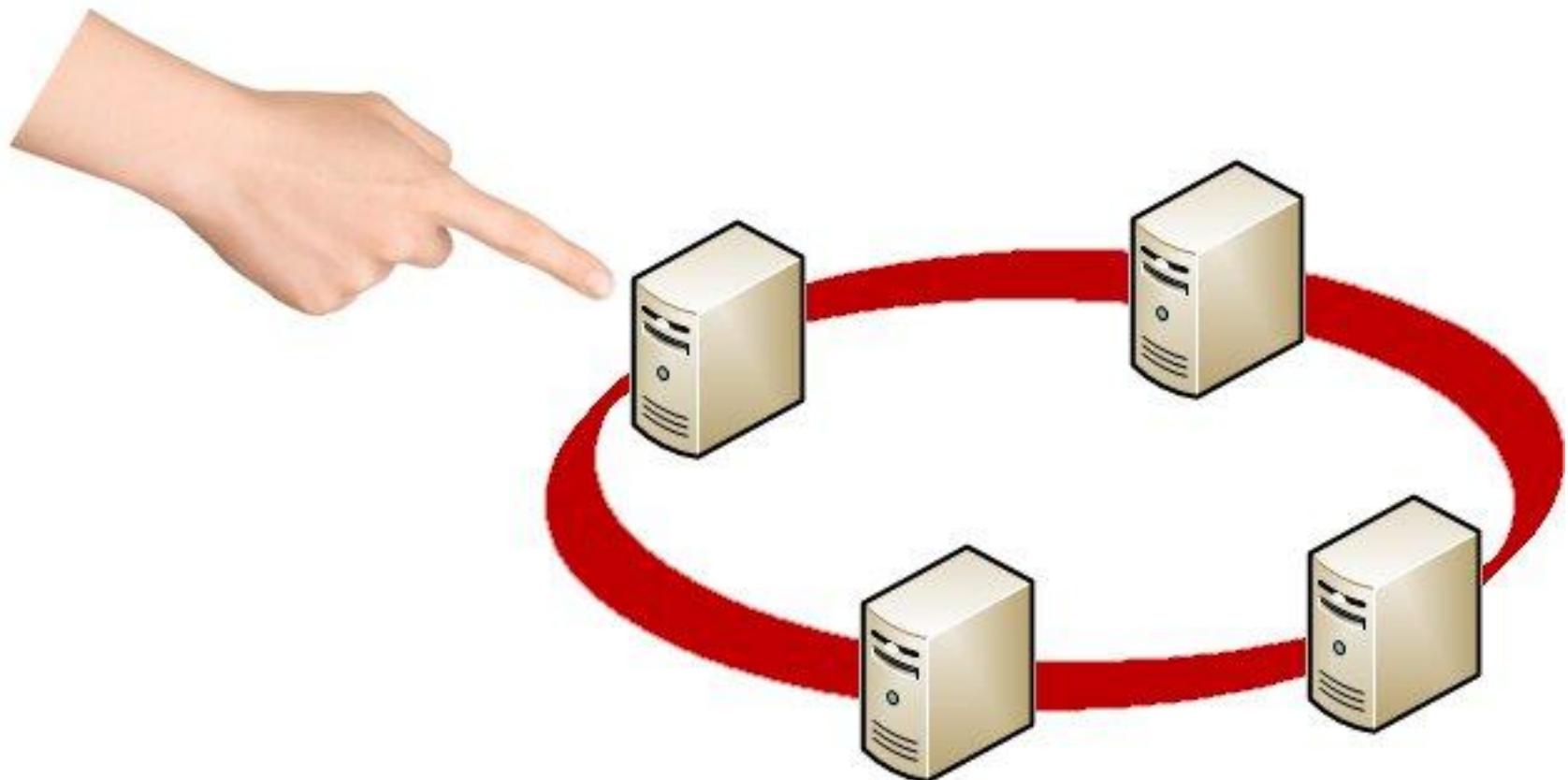
- Tenemos una serie de **servidores** de virtualización y queremos lanzar una máquina virtual
 - En ellos está instalado algún **hipervisor** como VMWare, KVM, Xen, etc.



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

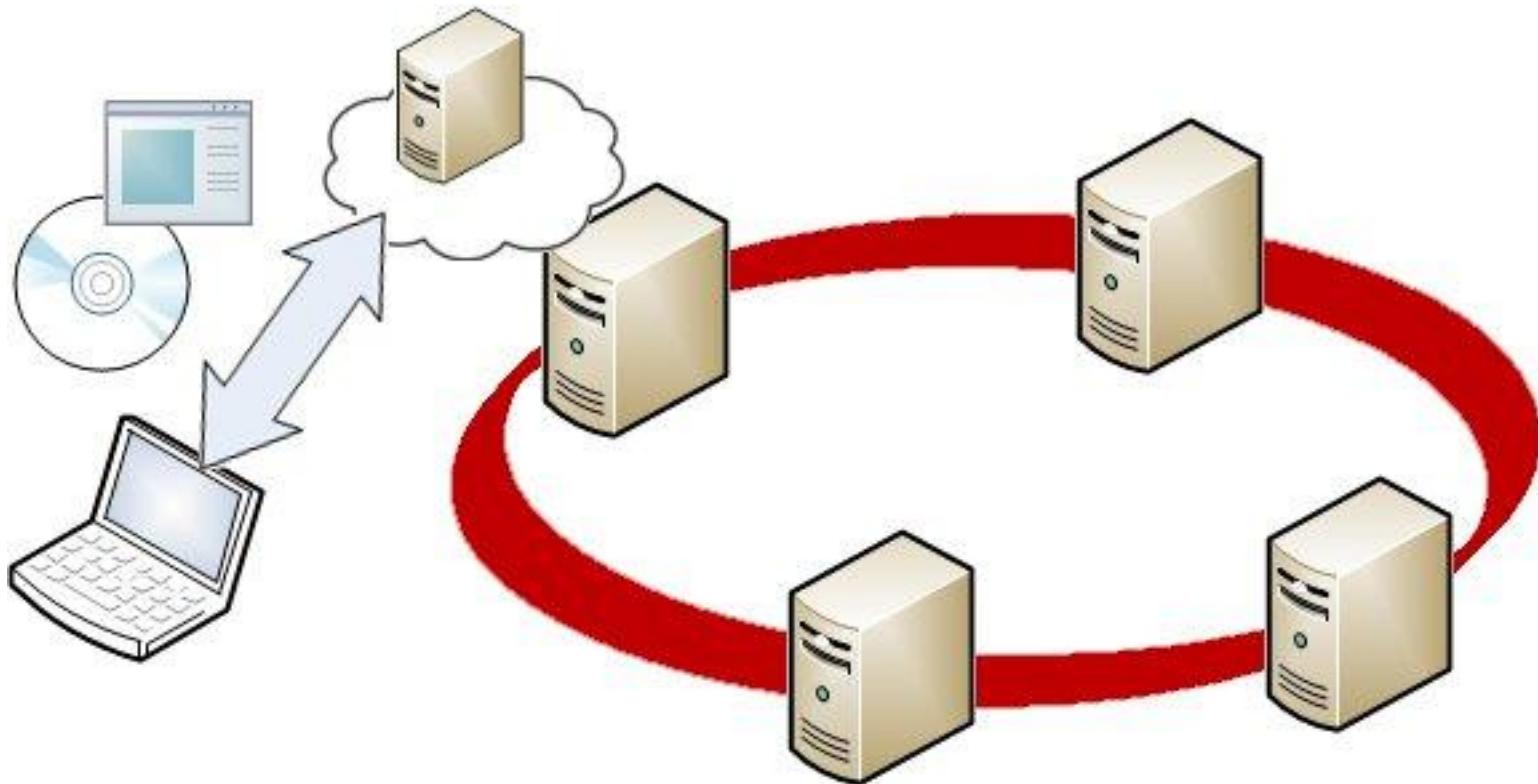
- Decidimos en qué servidor vamos a alojar la máquina virtual.



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

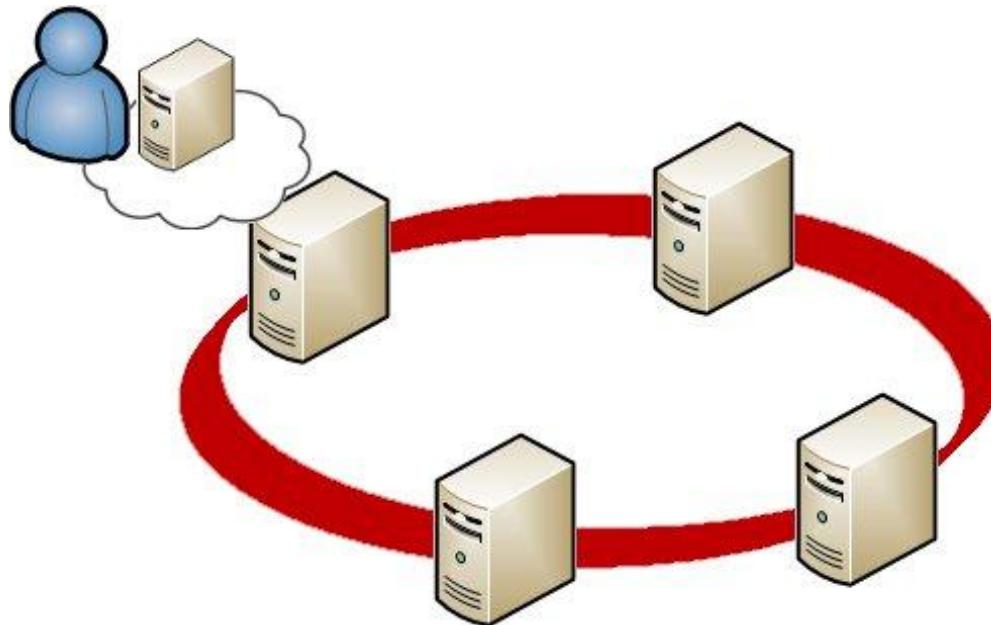
- Se despliega la máquina virtual
 - Con el sistema operativo, las aplicaciones, red, etc.



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

- Se proporciona la IP de la máquina al usuario para que pueda trabajar con ella.



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

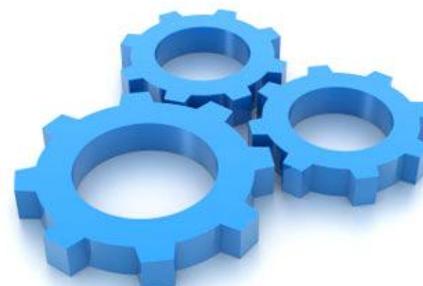
- Y así ya tendríamos al usuario en el Cloud (... y además, ha usado un IaaS)



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

- Esto parece muy sencillo de automatizar
 1. Nos piden una máquina virtual (con unas características).
 2. Averiguamos donde es mejor ponerla en funcionamiento.
 3. La ponemos en funcionamiento (y le proporcionamos las características solicitadas).
 4. Le entregamos al usuario su máquina virtual.



¿Cómo se construye un cloud?

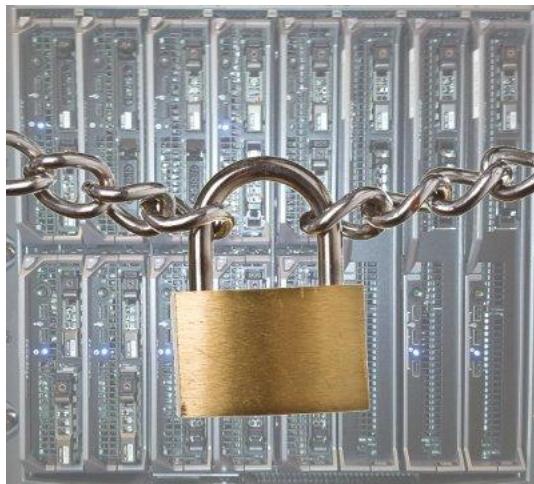
Gestores Cloud

- Una vez sabemos que podemos hacer esto, se plantean otras problemáticas
 - Establecer las políticas de selección de los servidores que alojan cada máquina virtual.
 - Gestionar el ciclo de vida de una máquina.
 - apagado, pausa, parado, salvar el estado, etc.
 - Conectar distintas máquinas entre ellas.
 - Establecer la conectividad de red y las posibilidades de acceso
 - IPs públicas/privadas, firewalls, aislamiento, etc.
 - Migrar las máquinas virtuales de un host a otro.
 - para poner en mantenimiento un equipo, ahorrar energía, etc.

¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

- Una vez resueltas todas estas tareas, tendremos un gestor de nuestra plataforma Cloud que nos permitirá proporcionar IaaS.
- El uso posterior que hagamos, los mecanismos de acceso que proporcionemos, etc. determinará si es un Cloud público o privado.



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

Clouds privados & públicos

- Unas de las **diferencias** principales entre los Clouds públicos y los Clouds privados son:
 - A qué usuarios se permite el **acceso**:
 - En un Cloud privado se permitirá el acceso a usuarios “cercanos” a quien ofrece el servicio (empleados, colaboradores, etc.).
 - En un Cloud público se permitirá el acceso, generalmente, a quien pague por los servicios ofertados.
 - La **calidad de servicio** que se ofrece hacia estos usuarios (es proporcional a la tipología de usuarios).
 - En un Cloud público los usuarios no estarán dispuestos a aceptar caídas de servicio, falta de prestaciones, pérdidas de ficheros, interferencias entre máquinas de distintos usuarios, etc.
 - En un Cloud privado se puede informar a los usuarios para que se planifiquen porque va a ocurrir una **interrupción de servicio**, las máquinas pueden estar en la misma subred, etc.

¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud
OpenNebula & OpenStack

- OpenNebula, OpenStack, etc., son herramientas para el despliegue de Clouds sobre una infraestructura física existente.
 - No se utilizan exclusivamente para el despliegue de Clouds privados.
- Una empresa puede utilizar OpenNebula u OpenStack (entre otros) para desplegar un Cloud en sus instalaciones (on-premise) y luego ofrecer acceso a su Cloud al público mediante un modelo de pago por uso.
 - Sería un Cloud público desplegado con ayuda de una herramienta que típicamente se utiliza para desplegar Clouds privados.



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

OpenNebula

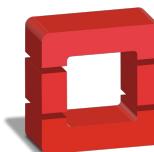
● OpenNebula

- “OpenNebula is the open-source industry standard for data center virtualization, offering the most feature-rich, flexible solution for the comprehensive, complete management of virtualized data centers to enable on-premise IaaS clouds in existing infrastructures.”
- Es uno de los sistemas más conocidos por la **comunidad científica**.
- Es un sistema “de referencia” para la construcción de centros de datos virtuales.
- Ha sido financiado por la Comisión Europea en distintos proyectos y convocatorias.
- Desarrollado en la Univ. Complutense de Madrid, hay una empresa detrás (C12G Labs) que da soporte y contribuye de forma activa al proyecto.
- Se centra en ofrecer una solución para la virtualización del centro de cálculo, permitiendo a los usuarios construir Clouds privados e híbridos.
- Consta de un software integrado, mientras que OpenStack consta de una serie de servicios que, juntos, permiten la creación de Clouds.
 - Aunque las distribuciones de Linux (como Ubuntu) facilitan su instalación.



● OpenStack

- “OpenStack is a global collaboration of developers and cloud computing technologists producing the ubiquitous open source cloud computing platform for public and private clouds”
- Es otro de los sistemas más conocidos por la comunidad científica.
- Hay un gran número de empresas muy relevantes apoyándolo (RackSpace, HP, Dell, Microsoft, Intel, Cisco, Citrix, etc.).
- Se ha creado una fundación que de soporte a largo plazo.
- Proviene de un desarrollo propio de la NASA y de RackSpace y ha ido ganando protagonismo en muy poco tiempo.
- se basa en el API de AWS e incluye un grupo de trabajo de estandarización, mientras que OpenNebula se centra en implementar los estándares de facto y las especificaciones de OGF, DMTF y SNIA.
- Ofrece almacenamiento de objetos (a la S3), mientras que OpenNebula no.



openstack
CLOUD SOFTWARE

¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

Otros Gestores

- Nimbus (<https://www.nimbusproject.org/>)
 - **Nimbus Platform** is an integrated set of tools that deliver the power and versatility of infrastructure clouds to scientific users. Nimbus Platform allows you to combine Nimbus, OpenStack, Amazon, and other clouds
 - **Nimbus Infrastructure** is an open source EC2/S3-compatible Infrastructure-as-a-Service implementation specifically targeting features of interest to the scientific community such as support for proxy credentials, batch schedulers, best-effort allocations and others.
- Eucalyptus (<https://www.eucalyptus.cloud/>)
 - "Eucalyptus enables the creation of on-premise Infrastructure as a Service clouds, with no requirements for retooling the organization's existing IT infrastructure or for introducing any specialized hardware"
 - Eucalyptus enables the creation of on-premise Infrastructure as a Service clouds, with no requirements for retooling the organization's existing IT infrastructure or for introducing any specialized hardware. The Eucalyptus IaaS platform maintains high fidelity with the Amazon Web Services (AWS) API, allowing support for both on-premise and hybrid IaaS clouds.
 - This compatibility allows any Eucalyptus cloud to be turned into a hybrid IaaS deployment, capable of moving workloads between AWS and on-premise data centers. Eucalyptus is compatible with a wealth of tools and applications that also adhere to the de facto AWS API standards.



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

Otros Gestores

- **Abiquo** (<https://www.abiquo.com/>)

- Abiquo is the most complete and advanced solution available on the market today. Abiquo provides class-leading features like virtual to virtual conversion through a platform that is easy to implement and operate, liberating your IT organization from the drudgery of managing thousands of virtual machines, without relinquishing control of the physical infrastructure.



- **Enomaly** (<https://www.crunchbase.com/organization/enomaly>)

- Enomaly ECP Service Provider Edition is a complete "cloud in a box" solution, enabling telcos and hosting providers to deliver revenue-generating Infrastructure-on-demand (IaaS) cloud computing services to their customers, quickly and easily, with a compelling and highly differentiated feature set.
- Comprado por Virtustream, una sub-compañía de Dell.

¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud
Otros Gestores



- CloudStack (<https://cloudstack.apache.org/>)

- “CloudStack is open source software written in java that is designed to deploy and manage large networks of virtual machines, as a highly available, scalable cloud computing platform.”



Y muchos otros:

- Entropy, nimbula, AeolusProject, Okeanos, etc.

¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

**OpenNebula, OpenStack,
Nimbus, ... Ya estamos otra
vez...**

¿Y yo qué gestor elijo?



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud

- ¿Qué **factores** considerar para decidir qué herramienta de despliegue de IaaS Clouds utilizar en nuestra infraestructura?
 - Código Abierto vs Soporte Empresarial
 - Casos de Éxito (Empresariales, Educativos, Científicos)
 - Comunidad Activa de Usuarios y Desarrolladores
 - Foros, Lista de Distribución, etc.
 - Integración con Distribuciones de GNU/Linux para Facilitar el Despliegue
 - ...

¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud Estándares

- Uso de estándares en la medida de lo posible.
 - **OCCI**, **CDMI**, OGF (BES, JSDL), OASIS (WS-*, SAML, RUS, UR).
- Mínimo esfuerzo para la migración de una plataforma a otra.
 - p.e. los datos deberían ser transportables de forma sencilla y programática como un bloque.
- Soporte de diferentes lenguajes y entornos de trabajo.

¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud IaaS

Estándares

• OCCI (Open Cloud Computing Interface)

- proporciona un interfaz, normalmente sobre HTTP para interaccionar con gestores de infraestructuras virtualizadas
 - Como OpenNebula, Euclayptus, OpenStack, etc.
 - Se combina con OVF (Open Virtualization Format) para permitir la interoperabilidad entre diferentes gestores de máquinas virtuales.
- se creó originalmente como un API para gestionar remotamente IaaS
 - Permitiendo un modelo interoperable para el despliegue, elasticidad autónoma y monitorización.
 - Interoperabilidad y extensibilidad.
- La última versión es [OCCI 1.2](#).



¿Cómo se construye un cloud?

Gestores Cloud Estándares - CDMI

- CDMI (Cloud Data Management Interface)

- Estándar promocionado por SNIA (Storage Networking Industry Association).
- Define un modelo de interfaz para diferentes tipos de objetos de almacenamiento.
- Permite la definición de metadatos asociados.
- Propone un interfaz basado en REST.
- Los objetos soportados son
 - Objects: Equivalente a Ficheros binarios.
 - Queues: Colas de mensajes para comunicar instancias en el cloud.
 - Documents: Equivalente a Tablas.

- Modelos de Cloud Computing
 - Modelos de Despliegue
 - Modelos de Servicio
- **¿Cómo se construye un cloud?**
 - La virtualización
 - Gestores Cloud
 - **Centros de Datos**
- Conclusiones



¿Cómo se construye un cloud?

Data Centers

- Representan la infraestructura física de recursos de los proveedores Cloud públicos que son utilizados por los diferentes clientes mediante el uso de técnicas de **virtualización** gestionados por gestores cloud.



¿Cómo se construye un cloud?

Data Centers

- Google, Amazon, Microsoft, etc ... tienen grandes centros de datos por todo el mundo.
 - Ejemplo. Centros de datos de google

<https://www.google.com/about/datacenters/locations/>



¿Cómo se construye un cloud?

Data Centers

- Diferentes localizaciones geográficas para protegerse frente a fallos.
- Uso de técnicas de eficiencia energética para reducir el consumo energético derivado de su operación.
 - Apagado/encendido de nodos de forma dinámica.
 - Gestión apropiada de la climatización.
 - Circulación apropiada del aire para reducir A/C.

¿Cómo se construye un cloud?

Data Centers Economía de escala

- La gestión de los datacenters debe ser lo más eficiente posible [Gannon]
 - Máxima concentración, ubicación geográfica estratégica.
 - Caso: Microsoft Azure.

Recurso	Coste en data center pequeño (1K servers)	Coste en Datacenter grande	Ratio
Red	\$95 por Mbps y Mes	\$13 por Mbps y Mes	7.1
Almacenam.	\$2.20 por GB y Mes	\$0.40 por GB y Mes	5.7
Admin.	~140 servidores por admin.	>1000 servidores por admin	7.1



Microsoft data center de Dublin, con más de 60.000 m² construidos.

¿Cómo se construye un cloud?

Data Centers
Economía de escala

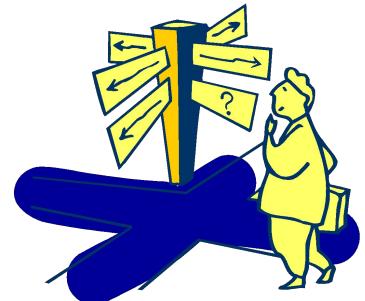


● Economía de Escala

- Diversidad geográfica: Selección de la mejor ubicación
 - Precio de la electricidad variable (p.e. en Idaho es 1/5 el precio de Hawaii).
 - Menor necesidad de refrigeración.
- Infraestructura y experiencia existente
 - Google, Amazon, Microsoft.

Contenidos

- Modelos de Cloud Computing
 - Modelos de Despliegue
 - Modelos de Servicio
- ¿Cómo se construye un cloud?
 - La virtualización
 - Gestores Cloud
 - Centros de Datos
- Conclusiones



Conclusiones

- Existen diferentes modelos de despliegue en base al público objetivo.
- Los clouds pueden proveer diversos tipos de servicios.
- La virtualización es la tecnología clave para construir los cloud.
- Los gestores son la base sobre la que se construye cualquier proveedor cloud.

Bibliografía

• Libros

- Bill Wilder. [Cloud Architecture Patterns. Develop cloud-native applications.](#) O'Reilly, 2012.
- Thomas Erl, Ricardo Puttini, Zaigham Mahmood. [Cloud Computing: Concepts, Technology & Architecture.](#) Prentice Hall, 2013.
- R. Buyya, J. Broberg, and A. M. Goscinski, [Cloud computing: Principles and Paradigms.](#) Wiley, 2011.
- K. Hwang, J. Dongarra, and G. Fox, [Distributed and Cloud Computing: From Parallel Processing to the Internet of Things.](#) Morgan Kaufmann, 2011.
- A. T. Velte, T. J. Velte, R. Elsenpeter, [Cloud Computing. A Practical Approach,](#) Mc Graw Hill, 2010

• Artículos

- Buyya, Rajkumar et al. 2017. "A Manifesto for Future Generation Cloud Computing: Research Directions for the Next Decade." : 1–51. <http://arxiv.org/abs/1711.09123>.
- I. Foster, Y. Zhao, I. Raicu, and S. Lu, [Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared](#) in 2008 Grid Comput. Environ. Work., pp. 1–10, Nov. 2008.
- M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith, and A. Joseph, [Above the clouds: A berkeley view of cloud computing,](#) 2009.
- Prith Banerjee et al, [Everything as a Service: Powering the New Information Economy,](#) IEEE Computer, March 2011.