

Un Modelo para Contratos de Cloud Computing

Ana Sofía Zalazar, Silvio Gonnet, Horacio Leone

INGAR (UTN-CONICET), Avellaneda 3657, 3000, Santa Fe, Argentina.
{azalazar,sgonnet,hleone}@santafe-conicet.gov.ar

Abstract. Cloud computing es un paradigma de negocio que se gestiona a través de internet, donde diferentes proveedores ofrecen sus recursos informáticos de manera de servicios, utilizando las ventajas de virtualización. Estos servicios son adquiridos por el consumidor bajo demanda y acordando previamente los acuerdos de nivel de servicio. Aunque este paradigma está ganado popularidad, todavía no existe una definición unificada de los servicios y estándares para la creación de estos acuerdos. Generalmente, los proveedores formulan sus contratos de forma estática, ambigua y predefinida, protegiendo sus propios intereses. En este trabajo se propone un modelo del entorno de cloud computing, con la finalidad de facilitar la captura de datos sobre los servicios y para que los consumidores cuenten con los criterios suficientes para evaluar y comparar diferentes contratos de servicios, utilizando métricas. Además, el modelo propuesto puede servir como base para los sistemas de monitoreo de nivel de servicio, considerando el análisis de parámetros funcionales, monetarios y de calidad.

Keywords: Cloud Computing, Acuerdo de Nivel de Servicio.

1 Introducción

Cloud computing (o computación en la nube) es un modelo de negocio a través de Internet, donde un proveedor ofrece un catálogo de recursos informáticos, también llamados servicios, que administra y controla en su infraestructura física [1][2]. Mediante la virtualización de recursos, un proveedor puede ofrecer como servicio a aplicaciones de software, plataformas de desarrollo, base de datos, memoria de almacenamiento, y servidores virtuales. Estos servicios pueden ser adquiridos por el consumidor bajo demanda, acordando previamente un acuerdo de nivel de servicio (SLA, Service Level Agreement) y pagando sólo lo que utiliza.

El SLA cumple un rol importante en las negociaciones entre el proveedor y consumidor de servicio, ya que en este documento queda plasmado los requerimientos funcionales y de calidad que un servicio debe cumplir. Sí el proveedor acepta una solicitud y no cumple con el nivel de servicio esperado, el consumidor deberá recibir una compensación acorde, que generalmente se refieren a créditos de servicio. Por lo tanto, el monitoreo continuo de los niveles de servicios es uno de los aspectos más importantes para asegurar que se cumple los contratos establecidos.

Cloud computing es una herramienta emergente de negocios y no existen estándares ni modelos que provean mejores prácticas bajo este paradigma de mercado. Para suplir esta necesidad, en los últimos años se crearon organizaciones y grupos de trabajo con este propósito. Por ejemplo, National Institute of Standard and Technology (NIST) creó un equipo para definir la arquitectura, los modelos de servicios, los modelos de despliegues, y los desafíos actuales que se presentan en la adopción de cloud computing [3]. La European Network and Information Security Agency (ENISA) define y analiza los beneficios y riesgos de seguridad en cloud, desde una perspectiva técnica y legal [4]. Cloud Security Alliance (CSA) promueve el uso de las mejores prácticas en cloud para ofrecer garantías de seguridad [5]. Cloud Standards Customer Council (CSCC)¹ propone una guía práctica para tomar decisiones en las actividades de SLA, además aborda las cuestiones de seguridad, interoperabilidad, y estándares para cloud computing. Sin embargo, estas organizaciones no tienen estándares con amplia aceptación en el mercado, y que ofrezcan soporte a la adquisición de servicios, creación de contratos y negociaciones.

Generalmente, los proveedores de computación en la nube ofrecen contratos estáticos y predefinidos para todos los consumidores de servicio. Como contrapartida, estos tipos de contratos protegen los intereses propios de la parte proveedora y pueden restringir severamente el monitoreo en los mecanismo de entrega del servicio. Al mismo tiempo, estos acuerdos son incompletos y presentan términos ambiguos que hacen difícil la evaluación, por parte del consumidor, de las diferentes ofertas de servicio y los riesgos asociados al optar por un determinado proveedor.

La necesidad de flexibilidad y escalabilidad que propone el paradigma de computación en la nube, pone de manifiesto que los parámetros del servicio pueden cambiar continuamente, como en el caso de la variabilidad de tamaño de memoria virtual, los porcentajes de disponibilidad, la duración de ventanas batchs para procesos de alta complejidad, etc. Por lo tanto, un SLA no debería ser estático sino que debería estar sujeto a las necesidades del consumidor, las variaciones del contexto del negocio y a las modificaciones durante el periodo del contrato.

Para la creación de SLA existen varios enfoques que analizan los términos del contrato [6][7][8], pero no abordan todas las facetas de un acuerdo de servicio, es decir no incluyen métricas de funcionalidad técnica, calidad de servicios (QoS), y medidas contractuales. En [9] y [10] se trata la creación de acuerdo de servicios utilizando estándares para arquitectura basada en servicio (SOA). Sin embargo, varios aspectos propios de computación en la nube quedan fuera del alcance de estos estándares de SOA, como los aspectos legales y las compensaciones ante violación de los términos.

En este trabajo se propone un modelo con los aspectos más importantes de cloud computing, para formalizar las bases de un contrato de servicio y el desarrollo de SLA. El objetivo es representar los conceptos y las relaciones claves para la adopción de los servicios en un marco de negocio. Además, reunir criterios para la evaluación de las diferentes oferta de servicios en el mercado y la creación de contratos (dinámicos o estáticos), que sean favorables a todas las partes interesadas (proveedor, consumidor, bróker, etc.).

¹ Cloud Standards Customer Council : <http://www.cloud-council.org/>

2 Conceptos Generales

2.1 Cloud Computing

Cloud computing no es una nueva tecnología, sino un paradigma fundado sobre las bases de tecnologías ya existentes, como la virtualización, arquitectura orientada a servicios, “*grid computing*”, “*utility computing*”, y “*broadband internet*” [11]. La virtualización es uno de los aspectos más importantes de cloud computing, ya que hace posible la abstracción y aislamiento de las funcionalidades de la infraestructura, permite optimizar recursos físicos y proveer funciones flexibles para los usuarios.

Debido a la diversidad de información y enfoques, no existe una definición de cloud computing que haya sido universalmente aceptada, y como contrapartida cada autor presenta su propia definición [12][13].

En este trabajo se considera la definición brindada por NIST [1], ya que es una definición ampliamente aceptada y abarca los aspectos más generales de este modelo de negocio [2]:

“Cloud computing es un modelo que permite acceso a redes bajo demanda, para compartir un conjunto de recursos de computación configurable (es decir, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser rápidamente provistos o liberados con un mínimo esfuerzo de administración o interacción con los proveedores de servicio.”

Bajo el marco de esta definición, Mell y Grance [1] puntualizan cinco características principales (*On-demand self-service*, *Broad network access*, *Resource pooling*, *Rapid elasticity*, y *Measured Service*), cuatro modelos de despliegue de servicio (*Private Cloud*, *Community Cloud*, *Public Cloud*, y *Hybrid Cloud*) y tres modelos de servicio (*Software as a Service*, *Plataform as a Service* y *Infraestructura as a Service*).

Los modelos o tipos de servicio se consideran parte del “Modelo SPI” (Software, Plataforma e Infraestructura) [14], y son una características importante a considerar cuando se forma un contrato de negocio, ya que especifican el nivel de abstracción de los recursos físicos, y los permisos necesarios que el proveedor deberá otorgar al consumidor del servicio. Muchos tipos de modelos han sido propuestos como una especificación de esta división, por ejemplo *Data-Storage as a Service* (Almacenamiento datos como servicio), *Communication as a Service* (Comunicación como servicio), entre otros [15].

La mecánica de los entornos de cloud computing consiste básicamente en un conjunto de recurso de hardware que son administrados para maximizar los servicios ofrecidos y minimizar los costos totales. Los componentes de hardware y la cantidad de peticiones de servicios varían continuamente. Por lo tanto, los proveedores pueden reemplazar los componentes con fallas crecientes, desconectar unidades de hardware que no son utilizadas cuando la demanda de servicios es baja, o bien conectar nuevas unidades para atender las nuevas demandas [3].

Software as a Service (SaaS). En este modelo el proveedor de servicio ofrece aplicaciones a los usuarios finales a través de interfaces web, y enmascara el hardware que soporta la capa lógica de las aplicaciones. Por lo tanto, el usuario simplemente

utiliza la aplicación y no tiene influencia en la infraestructura tecnológica (dispositivos de conectividad, servidores, sistemas operativos, aplicaciones de almacenamiento, bases de datos, etc.). Dependiendo de las especificaciones del contrato de servicio, el usuario puede tener permisos de configuración de las aplicaciones adquiridas como servicio.

Plataforma as a Service (PaaS). En este modelo el proveedor suministra al consumidor un entorno de desarrollo y un conjunto de software de programación, en forma de contenedor, que pueden hospedar aplicaciones y servicios desarrollados. El contenedor limita las interacciones del entorno de desarrollo con los otros sistemas que se encuentran en la misma infraestructura física. El hardware y su administración es controlada por el proveedor del servicio, y este es el encargado de instalar aplicaciones, librerías y herramientas que den soporte al desarrollo en la plataforma virtual ofrecida al consumidor.

Infraestructura as a Service (IaaS). Bajo este modelo el proveedor de servicio ofrece máquinas virtuales, capacidad de almacenamiento, servicios de base de datos y acceso a los recursos de redes. El consumidor tiene el control del sistema operativo, los aplicativos de software, la memoria de almacenamiento y algunos componentes de red, y fuera de su alcance quedan los detalles de administración y mantenimiento físico de los servidores y dispositivos de Internet. Un servidor físico puede contener varios servidores virtuales y el proveedor puede ofrecer estos servicios en fracciones y a diferentes consumidores.

2.2 Service Level Agreements

El SLA es un documento de negocio entre el proveedor y el consumidor de servicio, donde se define las condiciones en que un servicio será provisto y las compensaciones que serán efectivas cuando no se cumplan las condiciones detalladas. Este documento especifica los requerimientos funcionales, la calidad del servicio y las variables monetarias que se registrarán durante el periodo de validez del acuerdo.

Bianco y colaboradores [16] separaron los SLA de la tecnología de información en tres categorías: básica, mediana y avanzada. En los SLA básicos se establecen las métricas que son medidas y verificadas. En los intermedios se introducen la calidad de los servicios basados en los costos asociados. En los SLA avanzados se refiere a la locación dinámica de recursos para proveer la demanda que abarca un determinado negocio.

Sin embargo, un acuerdo de servicio creado por un proveedor tiene tres tipos de componentes básicos: promesas, limitaciones y obligaciones [3]. En las promesas, el proveedor indica el porcentaje de tiempo que el servicio estará disponible, las compensaciones que brindará ante fallas en el rendimiento del servicio, las políticas de preservación de datos ante eventos que conlleven a la terminación del servicio, y la responsabilidad de custodiar legalmente la información de los clientes. En las partes de las limitaciones, el proveedor restringe su responsabilidad ante las fallas ocasionadas

durante los cortes programados de servicios, los eventos de fuerza mayor fuera de su alcance, y las violaciones de seguridad que no son abarcadas en las políticas de protección brindadas por el proveedor, asimismo se reservan el derecho de cambiar el acuerdo de servicio y modificar los servicios, notificando al consumidor en un tiempo determinado. En la parte de obligaciones, se exige a los consumidores de abstenerse de almacenar contenidos ilegales en los componentes de hardware del proveedor, respetar las licencias del software y comprometerse a cumplir con los pagos de los servicios consumidos.

Puesto que no existe un estándar para la presentación de SLA para cloud computing, cada proveedor utiliza su propio criterio para la redacción de estos acuerdos y como consecuencia el proceso de evaluación de acuerdos de servicios es una tarea compleja para los consumidores de servicios. Habitualmente, el SLA es presentado como una plantilla informativa en la página web del proveedor del servicio.

En busca de estandarización, algunas investigaciones han centrado su atención en los protocolos existentes basado en SOA [8][9], siendo los más referenciados *Service Level Agreement (WSLA)*, *Web Services Agreement Specification (WS-Agreement)* y *SLAng* [16]. Como estos estándares fueron creados específicamente para SOA, no soportan los modelos de costos y no son aplicables a todos los modelos de servicios de computación en la nube.

Debido a la naturaleza compleja y estocástica de los entornos de cloud computing, no es una tarea sencilla crear un estándar para las operaciones y los contratos bajo este modelo de negocio. Además, los contratos deben permitir la posibilidad de escalar servicios rápidamente y aceptar las modificaciones de QoS que varían según las operaciones del negocio. En la parte de garantías y remediaciones del servicio, es complejo definir la responsabilidad ante la falla en el nivel de servicio, ya que existe muchas variables que influyen en los entornos de cloud (software, firewalls, servidores, redes, conectores, etc.) y hacen compleja la identificación de la causa raíz de la interrupción de servicios.

Por lo mencionado, Badger y colaboradores [3] aconsejan a los consumidores del servicio que evalúen detalladamente el SLA presentado por el proveedor y analicen la terminología empleada, ya que algunos términos pueden ser ambiguos y redefinidos a lo largo del contrato. También aconsejan analizar las compensaciones propuestas, ya que pueden no ser acordes al impacto que represente una violación a los objetivos del servicio. Igualmente, el consumidor debe estudiar los puntos de seguridad, los mecanismos de modificación de los términos de servicios, la modalidad de procesamiento crítico y resguardo de la información que ofrezca el proveedor del servicio.

3 Modelo para el Contrato de Servicios en Cloud Computing

Según las prácticas presentes en Information Technology Infrastructure Library (ITIL)², las operaciones relacionadas con SLA y los contratos de servicios son partes del proceso de gestión de nivel de servicio (SLM), que es un proceso responsable de

² Information Technology Infrastructure Library: <http://www.itiil-officialsite.com/>

negociar y asegurar el nivel de los servicios de tecnologías de información. Por lo tanto, SLM se dedica a los procesos de gestión del servicio, los acuerdos de nivel operacional y los contratos de soportes, también monitorea y reporta el nivel del servicio teniendo en cuenta los parámetros de calidad.

El desafío actual más importante de este proceso es establecer un marco de trabajo escalable y automático, donde los parámetros de QoS puedan adaptarse dinámicamente a través del tiempo, para dar continuidad a los cambios en el ambiente operativo del negocio [8].

Principalmente, SLM se encarga de determinar, documentar y acordar los requerimientos de los servicios, y sobre estas bases crear el SLA. Las partes comprometidas en el servicio deben conocer y comprender los conceptos principales y las relaciones claves para la adopción del servicio en el marco de cloud. Para realizar el acuerdo de servicio, es necesario definir el servicio principal y las responsabilidades de las partes que participan.

En esta sección se presenta el modelo conceptual cuyos objetivos son dar soporte a las actividades de SLM para computación en la nube y obtener un esquema de entorno que permita realizar suposiciones complejas analizando el dominio, los conceptos sobre los servicios y las relaciones. El modelo propuesto es especificado en UML y a partir del mismo es posible unificar términos, conceptos y métricas, que son importantes para la administración y evaluación de servicios en los entornos de cloud.

En este trabajo se omiten detalles de implementación, para que el consumidor y el proveedor puedan optar libremente por el formato de la captura y manipulación de los datos para los acuerdos y contratos de servicios (*XML Schema*, registros de bases de datos, plantillas, etc.).

Para facilitar la comprensión del modelo propuesto, el mismo fue estructurado en vistas centradas en cada una de las partes de los contratos de negocio.

3.1 Vista Contractual

La vista contractual especifica las características genéricas del contrato y los actores involucrados durante el periodo que dura el contrato de servicio. En la Fig. 1 se presenta el modelo propuesto para esta vista.

Una de las primeras tareas que se debe realizar para la creación del contrato de negocio es definir las partes involucradas (*Party* en Fig. 1) y los roles que cumplen en la gestión de los servicios. El NIST identifica cinco tipos de actores en los servicios de computación en la nube:

- *Consumidor*: entidad que mantiene una relación de negocio para poder utilizar un servicio (*Consumer* en Fig. 1).
- *Proveedor*: entidad que brinda un determinado servicio para algún consumidor (*Provider* en Fig. 1).
- *Transportador*: intermediario que se encarga de ofrecer conectividad y transporte de los servicios y los datos desde los entornos del proveedor a los del consumidor del servicio (*Carrier* en Fig. 1).

- *Bróker*: intermediario que se encarga de negociar la relación entre los proveedores y consumidores (*Broker* en Fig. 1).
- *Auditor*: entidad encargada de informar el estado de las operaciones, el rendimiento y la seguridad de las implementaciones cloud (*Auditor* en Fig. 1).

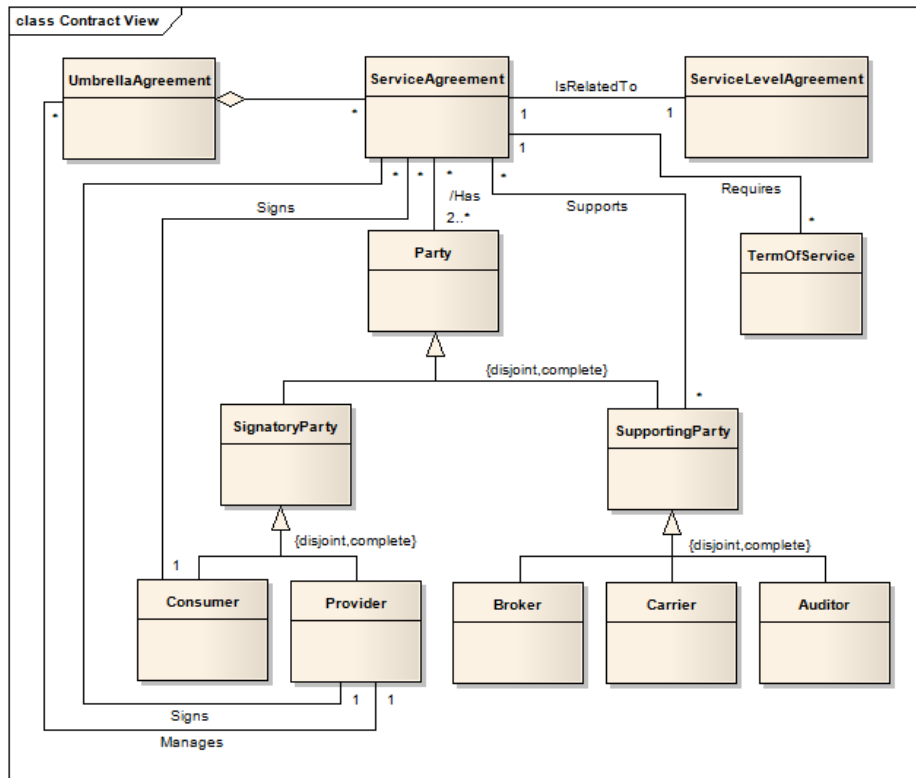


Fig. 1. Vista Contractual

Estos actores pueden clasificarse como responsables de firmar el contrato (*Signatory-Party* en Fig. 1) que son el consumidor y el proveedor del servicio, y todos los contratos tienen mínimamente estos actores. Y los demás tipos de actores ofrecen soporte al contrato establecido (*SupportingParty* en Fig. 1), son opcionales y también se los considera como “terceras partes”, ya que no se encuentra bajo la influencia de las partes firmantes.

Algunos proveedores poseen acuerdos globales (*UmbrellaAgreement* en Fig. 1), que es un acuerdo genérico que posee las características comunes de un grupo de acuerdo de servicios (*ServiceAgreement* en Fig. 1) y también sus términos de servicios (*TermOfServices* en Fig. 1). Los acuerdos globales son útiles para agrupar acuerdos cuyos servicios ofrecidos se ajustan a las mismas políticas de contratación especificadas por el proveedor, acuerdos cuyos clientes se encuentran en una misma jurisdicción, acuerdos que se rigen en un mismo periodo de tiempo o bien poseen caracte-

terísticas de gestión similares que requieren una acción específica. Algunos proveedores colocan los acuerdos servicios perteneciente a un mismo consumidor dentro del mismo acuerdo global, para una mejor administración de los servicios.

La diferencia principal entre un acuerdo de servicio y un acuerdo de nivel de servicio (*ServiceLevelAgreement* en Fig. 1) es que el primero posee una descripción general del servicio, el periodo de duración del acuerdo, los derechos, y responsabilidades de las partes, mientras que el segundo abarca los parámetros del servicio y el nivel esperado en estos parámetros.

3.2 Vista Financiera

Esta vista abarca los aspectos financieros del acuerdo de servicio, las penalizaciones que se llevaran a cabo cuando alguna de las partes falle en sus obligaciones, y las políticas que regirán durante y después del acuerdo de servicio. En la Fig. 2 se muestran los conceptos más relevantes de esta vista y sus relaciones.

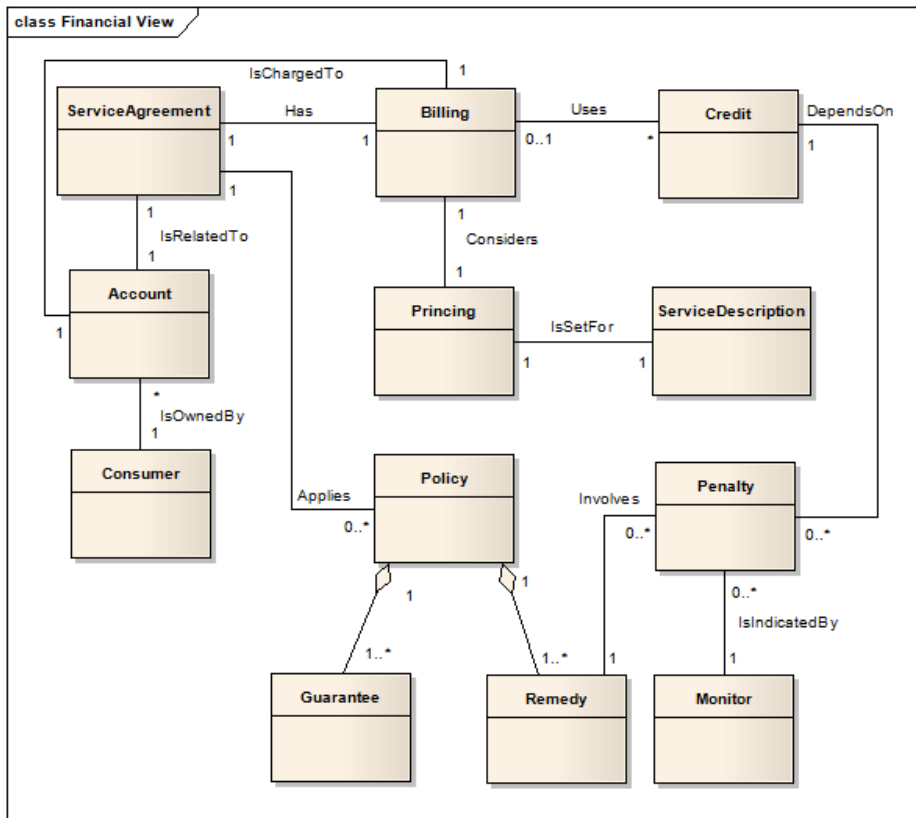


Fig. 2. Vista Financiera

Generalmente, cuando un consumidor (*Consumer* en Fig. 2) desea adquirir un servicio, asocia su cuenta (*Account* en Fig. 2) al acuerdo del servicio (*ServiceAgreement* en Fig. 2).

Durante la liquidación de la cuenta (*Billing* en Fig. 2) se computa los costos incurridos por el consumo de recursos, de acuerdo al modelo de precios (*Pricing* en Fig. 2) establecido para el servicio (*ServiceDescription* en Fig. 2), y los créditos (*Credit* en Fig. 2) que posee el consumidor.

Se puede considerar tres modelos de precios más comunes en la adquisición de contratos de servicios [15]:

- *Precio por nivel*: el precio es fijado según el nivel de abstracción de servicio y cada nivel posee sus propias especificaciones.
- *Precio por unidad*: generalmente se refiere al precio de la transferencia a través de la red, el procesamiento de datos y la utilización de la memoria disponible.
- *Precio por suscripción*: los usuarios pagan un importe periódicamente que les permite utilizar los servicios del proveedor, sin la necesidad de llevar la contabilidad de lo que realmente han utilizado.

Cuando el consumidor y el proveedor firman un contrato, aceptan la responsabilidad y la obligación de respetar las políticas (*Policy* en Fig. 2) presentes en el acuerdo, estas políticas también abarcan los aspectos generales de seguridad de acceso y protección de la información. Las políticas que el consumidor deberá respetar son: abstenerse de almacenar contenidos ilegales, utilizar software con la licencia adecuada, y realizar pagos puntuales. Por otra parte, el proveedor indica que el servicio estará disponible para el consumidor a los niveles establecidos en el contrato, las medidas que tomará ante fallas en los servicios, las políticas de preservación de los datos del consumidor y la custodia legal de la información almacenada en sus servidores. El proveedor deja también en claro los límites de su responsabilidad ante fallas de fuerza mayor y otros escenarios que no dependen del control directo del proveedor [3].

Los cambios en los términos de servicio por parte de un proveedor, generalmente sobre precios y nivel de servicio, debe ser notificado por avanzado a los consumidores del servicio y es necesario dejar explícito en el contrato las políticas de cambio de términos de servicio.

Cuando una política es violada, debido a una falla o incumplimiento del nivel de servicio establecido, se toman medidas de compensación (*Remedy* en Fig. 2), que puede ser un servicio adicional o involucrar alguna penalidad (*Penalty* en Fig. 2). Las cláusulas de penalización son las más importantes del contrato, ya que motivan a las partes a cumplir con lo estipulado en el contrato, además permite al proveedor conocer la importancia de su servicio en las actividades del consumidor. Usualmente, la penalidad es en forma de crédito de servicios (*Credit* en Fig. 2), que es un descuento en la liquidación de la cuenta del consumidor. El monitor del servicio (*Monitor* en Fig. 2) es el encargado de llevar las estadísticas de los parámetros de QoS y notificar cuando algún servicio no respeta los niveles acordados en el contrato, aplicando alguna penalidad.

Los términos de garantía (*Guarantee* en Fig. 2) son partes de las políticas del contrato, y están asociados a la calidad, seguridad y disponibilidad del servicio. Algunas

garantías indican las acciones a tomar cuando se termine el contrato de negocio (resguardar los datos durante un periodo después del contrato, y garantizar la confidencialidad de los datos), durante el mantenimiento del sistema (políticas de actualización y soporte del hardware implicado), el cumplimiento de regulaciones externas (garantiza que se respetan normas externas de seguridad y calidad de datos) y la privacidad de la información del cliente.

3.3 Vista de Servicio

En la vista de servicio se representan los aspectos generales de un servicio de computación en la nube. En la Fig. 3 se encuentra el modelo propuesto para esta vista.

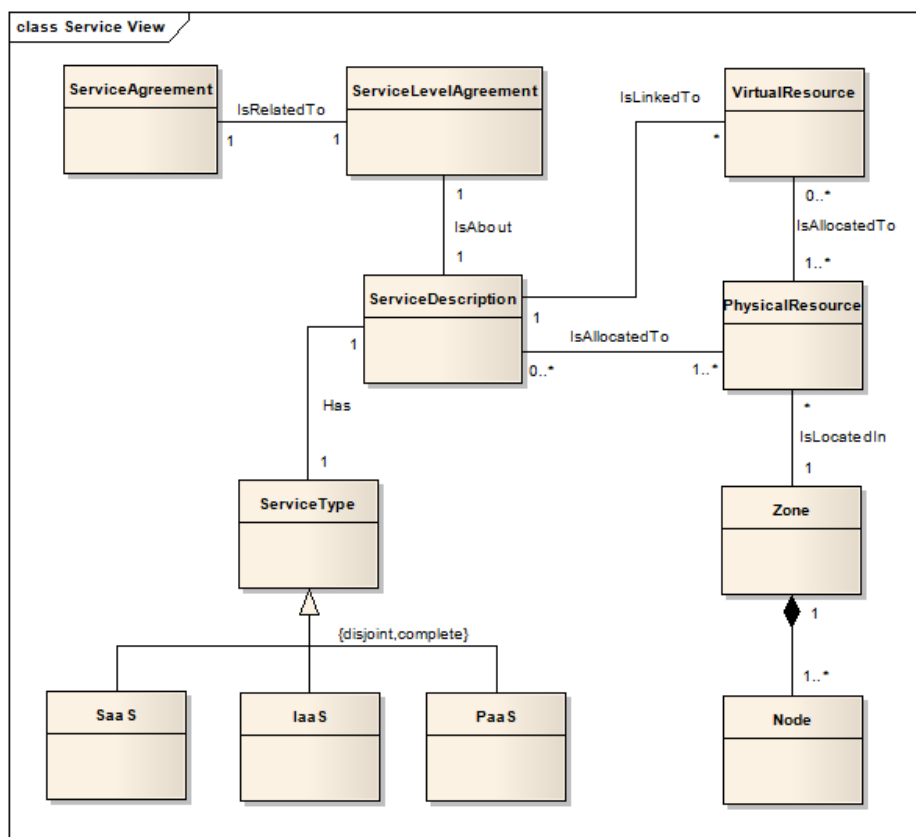


Fig. 3. Vista de Servicio

A través de los mecanismos de virtualización, es posible que el servicio sea independiente de las especificaciones de hardware, y esto permite la portabilidad de las funciones del servicio hacia diferentes recursos físicos.

Un acuerdo de servicio (*ServiceAgreement* en Fig. 3) está relacionado a un acuerdo de nivel de servicio (*ServiceLevelAgreement* en Fig. 3), que define las especificacio-

nes de un servicio en la nube (*ServiceDescription* en Fig. 3). La descripción del servicio indica los términos de funcionalidad que se entregarán bajo un acuerdo. Dependiendo del tipo de servicio (*ServiceType* en Fig. 3), el proveedor utilizará diferentes técnicas de virtualización para abstraer las componentes de hardware y software que se encuentran fuera del control de consumidor. Como se indicó en la Sección 2.1, todos los servicios pueden ser de alguno de los siguientes tipos: infraestructura como un servicio (*IaaS* en Fig. 3), plataforma como un servicio (*PaaS* en Fig. 3) y software como un servicio (*SaaS* en Fig. 3).

En algunos acuerdos de servicio el consumidor debe especificar las características necesarias para la configuración de los recursos virtuales (*VirtualResource* en Fig. 3) y los recursos físicos (*PhysicalResource* en Fig. 3).

Los proveedores de cloud poseen centro de datos y servidores distribuidos en varias locaciones geográficas, esto le permite ofrecer mecanismos de resguardo y recuperación ante fallas, asegurando la integridad de los datos del consumidor y la disponibilidad de los servicios brindados. Sin embargo, los consumidores son cautelosos ante la pérdida de control físico de sus datos, y esto genera la necesidad que los proveedores (generalmente de servicios de infraestructura) brinden información sobre la zona (*Zone* en Fig. 3) y el nodo físico (*Node* en Fig. 3) donde se encuentran los datos del consumidor, las copias de seguridad y el servicio brindado [17].

3.4 Vista de Control

Para asegurar que el nivel del servicio está dentro del rango aceptable y que el proveedor está actuando bajo los términos del acuerdo de servicio, es necesario el empleo de métricas y mediciones. Para esto el proveedor debe proporcionar los accesos necesarios para llevar a cabo las mediciones y el monitoreo del servicio dentro de sus entornos de cloud. En la Fig. 4 se muestra el modelo propuesto para control de servicio en cloud computing.

Los objetivos de nivel de servicio (*ServiceLevelObjective* en Fig. 4) indican las características medibles de un acuerdo de nivel de servicio (*ServiceLevelAgreement* en Fig. 4), tales como la disponibilidad, rendimiento, tiempo de respuesta y calidad. SLA especifica el servicio que se va a proporcionar y las responsabilidades entre las partes, mientras que los objetivos de nivel de servicio indican los parámetros del servicio (*Parameter* en Fig. 4).

Cada parámetro es detallado por una o más métricas (*Metric* en Fig. 4), que se asocian a una o más medidas (*Measure* en Fig. 4) con una unidad (*Unit* en Fig. 4). La descripción detallada de la medición puede ser una medición o un modelo de medición que combine funciones (*Fuction* en Fig. 4) y ambos devuelven un valor (*MeasuredValue* en Fig. 4).

El monitor (*Monitor* en Fig. 4) es el encargado de realizar el seguimiento de los objetivos y llevar la estadística de los valores obtenidos en las mediciones. También se encarga de medir las diferencias entre los valores del objetivo y los provistos del servicio real.

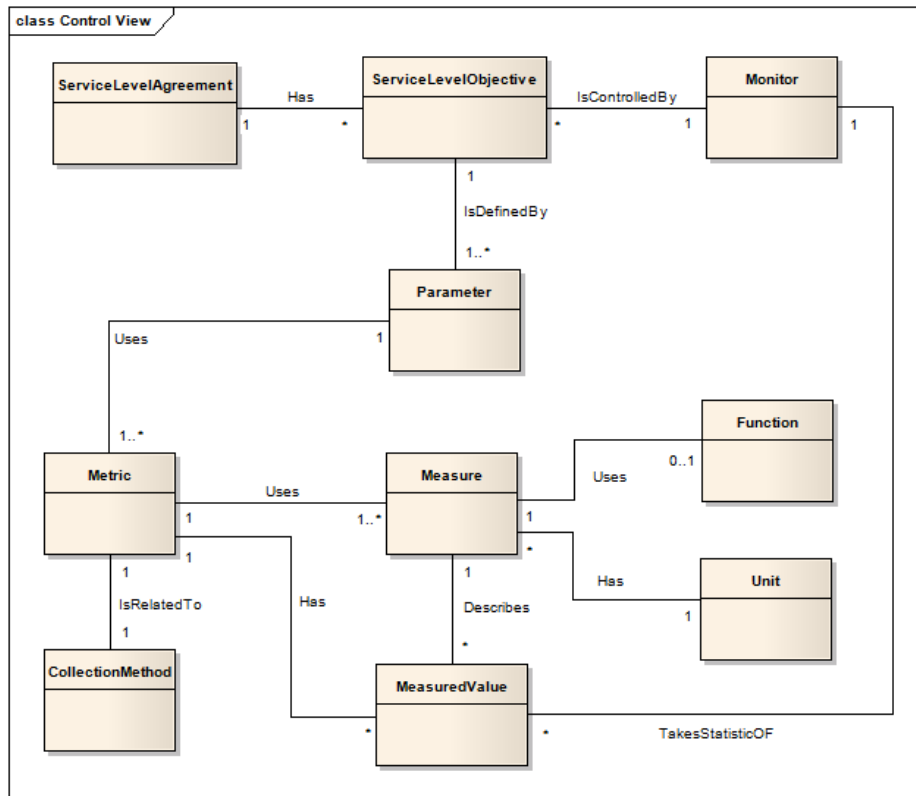


Fig. 4. Vista de Control

Los métodos de colección (*CollectionMethod* en Fig. 4) indican el periodo de medición de la métrica, la frecuencia y la manera en que se realiza la recolección de los datos de una métrica.

Las métricas dependen del tipo de servicio y las métricas se pueden dividir [18]:

- *Nivel sistema*: utilización de CPU, memoria disponible, tasa de la cache, esperas en el servidor, etc.
- *Nivel de aplicaciones*: tiempo de respuestas, volumen de trabajo, tasa de defectos, disponibilidad del servicio, las salidas, etc.
- *Nivel de negocio*: como la cantidad de beneficios, eficiencia, re-trabajo, etc.

Se debe asegurar que las métricas sean definidas a un nivel correcto de granularidad para que puedan ser monitoreadas efectivamente. Las métricas también poseen algunas restricciones, tales como: límites máximos, mínimos, valores por defectos, desviaciones esperadas.

4 Caso de Implementación: Capacitación a Distancia

En esta sección se presenta la aplicación de los conceptos propuestos a un programa de capacitación a distancia. Para simplificar el ejemplo, se considera sólo la parte del servicio de máquinas virtuales bajo el modelo IaaS.

Mediante una plataforma de aprendizaje electrónico (*e-learning*), los participantes del programa de capacitación a distancia tienen acceso a los videos de las clases, a los exámenes, al material bibliográfico, y al servicio de mensajes (foro del curso, correo electrónico y mensajería instantánea). También a través de la página del curso, cada participante tiene conexión a la máquina virtual que le fue asignada, donde se encuentra el software necesario para la capacitación y puede entrar desde cualquier navegador con acceso a Internet.

En la *vista del contrato* (Fig. 1) se almacenan la información referente a las partes firmantes, es decir la organización que realiza la capacitación como *consumidor* del servicio y la empresa *proveedora* de servicios de cloud computing. Los participantes de la capacitación son los usuarios del servicio. En el *acuerdo de servicio* se especifica el periodo de validez del acuerdo, proporcionando información de la fecha de inicio y fin del servicio. En los *términos del servicio* se indica que la propiedad de la información dentro de las máquinas virtuales es del consumidor del servicio, que sólo el proveedor del servicio llevará a cabo el monitoreo y que este último no es responsable del mantenimiento, actualización y cambio de versión de las aplicaciones en las máquinas virtuales. En los *términos del servicio* también se señala que el consumidor tiene prohibido subalquilar las licencias de uso otorgadas por el proveedor del servicio y que las máquinas virtuales deben eliminarse completamente de los entornos del proveedor luego de la extinción del acuerdo.

En la *vista financiera* (Fig. 2) se relaciona la *cuenta de la organización* que realiza las capacitaciones con el *acuerdo de servicio*. Como el número de participantes puede variar durante la capacitación, la organización decide utilizar el plan de pago sobre la marcha (*Pay-as-You-Go*) y el precio fijo por unidades de máquinas virtual utilizadas. En las *políticas del acuerdo* se especifica la frecuencia con que se cargará los montos a la cuenta de la organización, la fecha límite de acreditación de pagos, los recargos por moras, las medidas financieras ante incumplimiento de los puntos del acuerdo y las compensaciones por falla o no disponibilidad del servicio. El *monitor* indica cuando el nivel del servicio se encuentra por debajo de la calidad o nivel acordado. Otra *política* considerada en este ejemplo es la sustitución automática de las máquinas virtuales que presenten un bajo rendimiento, por otras que presenten mejoras en los niveles del servicio. En esta parte, el *proveedor* deja aclarado las situaciones en que su responsabilidad es limitada, ya sea por tratarse de eventos de fuerza mayor o situaciones fuera de su control.

En la *vista de servicio* (Fig. 3) se indica las especificaciones bajo el modelo *IaaS*. La cantidad de recursos virtuales que se necesitarán debe ser especificada en la *descripción del servicio*. Las máquinas virtuales deberán ser creadas utilizando la imagen del paquete de software que posee las herramientas necesarias para la capacitación. Los detalles de memoria, velocidad del procesador, y direcciones de IP, deben ser indicadas dentro del concepto de *recurso virtual*. Por la naturaleza del ejemplo, el

consumidor no precisa la información sobre la *ubicación geográfica* de los *recursos físicos*.

En la *vista de control* (Fig. 4) se indica el porcentaje de tiempo que los servicios de máquina virtual deben estar *disponibles* para los participantes del curso, y el *tiempo de reposición* de una máquina virtual cuando presente un rendimiento menor al esperado o tenga fallas. También en esta vista se debe especificar las *métricas* de rendimiento, velocidad de procesamientos de las máquinas virtuales, las estadísticas de la calidad de los servicios y el manejo de los mensajes de alertas, cuando los parámetros funcionales y de calidad se encuentren por debajo del rendimiento esperado. El *monitor* lleva las estadísticas de ejecución, error, solicitudes y tiempo de respuestas. El *método de colección* de datos será a nivel sistema y con una frecuencia regular establecida.

5 Conclusiones

En el presente trabajo se proponen un modelo conceptual para unificar términos, conceptos y manejo de métricas, que son importantes para elaboración y la administración de contratos de servicios. El modelo es extensible para poder ser aplicado a múltiples dominios considerados en todos los modelos de servicio de cloud computing.

La presentación del modelo conceptual fue estructurada en cuatro vistas según las relaciones y funcionalidades dentro del contrato de negocio. Primero, la vista contractual indica los actores involucrados en el contrato, sus roles y las características genéricas de un contrato de computación en la nube. Segundo, la vista financiera abarca las políticas que se rigen durante y después del contrato, las responsabilidades y obligaciones de las partes, así como también las clases que participan en la facturación del servicio. Luego, la vista de servicio especifica los aspectos más importantes de un servicio en la nube, los recursos configurados para este servicio y características genéricas de los tipos de servicios. Por último, la vista de control presenta las relaciones entre los parámetros, métricas y mediciones que se utilizan para controlar los niveles de servicio.

Como no existen estándares ni lineamientos que aborden la creación y monitoreo de los servicios en cloud computing, se propone como futuro trabajo refinar el modelo propuesto con el objetivo de considerar la definición de operaciones y actividades para estos procesos.

Agradecimientos. Este trabajo ha sido financiado en forma conjunta por CONICET, la Universidad Tecnológica Nacional y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PAE-PICT-2007-02315). Se agradece el apoyo brindado por estas instituciones.

Referencias

1. Mell, P., Grance, T.: The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology. NIST Special Publication 800-145 (2011)
2. Bass, L., Clements, P., Kazman, R.: Software architecture in practice. Addison-Wesley Professional (2012)
3. Badger, L., Grance, T., Patt-Corner, R., Voas, J.: Cloud computing synopsis and recommendations. NIST Special Publication 800-146 (2012)
4. Catteddu, D., Hogben, G.: Cloud computing: Benefits, risks and recommendations for information security. European Network and Information Security Agency: Heraklion, Crete, Greece (2009)
5. Brunette, G., Mogull, R.: Security guidance for critical areas of focus in cloud computing v2. 1. Cloud Security Alliance, pp. 1-76 (2009)
6. Alhamad, M., Dillon, T., Chang, E.: Conceptual SLA framework for cloud computing. In Digital Ecosystems and Technologies (DEST). 4th IEEE International Conference, pp. 606-610. IEEE (2010)
7. Zardari, S., Bahsoon, R.: Cloud adoption: a goal-oriented requirements engineering approach. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Software Engineering for Cloud Computing, pp. 29-35. ACM (2011)
8. Wu, L., Buyya, R.: Service Level Agreement (SLA) in utility computing systems. Performance and Dependability in Service Computing: Concepts, Techniques and Research Directions, pp. 1-25 (2011)
9. Patel, P., Ranabahu, A., Sheth, A.: Service level agreement in cloud computing. In Cloud Workshops at OOPSLA (2009)
10. Wei, Y., Blake, M.: Service-oriented computing and cloud computing: Challenges and opportunities. Internet Computing 14(6), pp. 72-75. IEEE (2010)
11. Zhang, Q., Cheng, L., Boutaba, R.: Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. Journal of Internet Services and Applications, 1(1), pp. 7-18 (2010)
12. Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., Lu, S.: Cloud computing and grid computing 360-degree compared. In Grid Computing Environments Workshop. GCE'08, pp. 1-10. IEEE (2008)
13. Vaquero, L. M., Rodero-Merino, L., Caceres, J., Lindner, M.: A break in the clouds: towards a cloud definition. SIGCOMM Computer Communication Review 39(1), pp. 50-55. ACM (2008)
14. Winkler, V. J.: Securing the cloud: Cloud computer security techniques and tactics. Syngress, Boston (2011)
15. Youseff, L., Butrico, M., Da Silva, D.: Toward a unified ontology of cloud computing. In Grid Computing Environments Workshop. GCE'08, pp. 1-10. IEEE (2008)
16. Bianco, P., Lewis, G. A., Merson, P.: Service level agreements in service-oriented architecture environments. Carnegie-Mellon University, Pittsburgh (2008)
17. Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., Ghalsasi, A.: Cloud computing-The business perspective. Decision Support Systems, 51(1), pp. 176-189 (2011)
18. Yfoulis, C. A., Gounaris, A.: Honoring SLAs on cloud computing services: a control perspective. In Proceedings of EUCA/IEEE European Control Conference. IEEE (2009)